

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA



8

ROČNÍK 14 (XLI)
PRAHA,
SRPEN 1968
CENA 10 Kčs

ÚSTŘEDÍ ZEMĚDĚLSKÉHO A POTRAVINÁRSKÉHO VÝZKUMU

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

Řídí redakční rada

Jan Květoň (předseda), ing. Miloslav Adam, ing. Karel Bernhard, ing. Jiří Fiala, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, ing. Karel Joza, doc. Karel Koskuba, CSc., ing. Ján Kuchár, ing. Alfonz Marko, CSc., ing. Vladimír Píša, ing. Vladimír Suchý, prof. ing. Zdeněk Šteffl, doc. ing. Miroslav Thér, CSc., prof. ing. Ján Tomovčík, CSc., ing. Alois Vávra, CSc., Josef Višínský, CSc.
Vedoucí redaktor Čeněk Rendl

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1968

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

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

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

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

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

■ Stanovení vlhkosti látek je jedním z častých požadavků v potravinářském průmyslu a zemědělství. Požadavky na měřicí metody jsou vzhledem k rostoucí kontrole a automatizaci výrobních procesů stále náročnější. Měření musí být okamžité, dostatečně přesné, nedestruktivní a s možností registrace. Tyto požadavky lze většinou splnit běžnými elektrickými vlhkoměry, založenými na měření elektrické vodivosti nebo dielektrických vlastností sledované látky. Uvedené vlhkoměry pracují buď se stejnosměrným, nebo se střídavým proudem, a to v kmitočtovém oboru maximálně do několika set MHz. Jejich podrobný přehled udává Berliner [1].

Stále se zvyšující nároky na rychlost a přesnost měření obsahu vody u velmi početných sérií kladou na měřicí metody požadavky, které nemohou být u současných zařízení dosti dobře splněny. Mezi tyto požadavky patří především bezkontaktní měření, co nejmenší závislost na chemickém složení sušiny vzorku a konečně také, pokud je to možné, nezávislost na velikosti vzorku. To znamená, aby měřený vzorek nebylo třeba přesně odvažovat nebo jinak odměřovat a aby měření nebylo příliš závislé na stlačení nebo střeptání vzorku.

Pod vlivem těchto požadavků se v posledních letech objevila řada nových elektrických vlhkoměrů pracujících v oblasti centimetrových vln, obvykle v pásmu 3 cm (10 000 MHz), které vyhovují uvedeným požadavkům lépe než dosavadní elektrické vlhkoměry. Tyto vlhkoměry jsou založeny na změně dielektrických vlastností látek v závislosti na obsahu vody a bývají označovány jako mikrovlnné vlhkoměry.

Dielektrické vlastnosti látek lze vyjádřit poměrnou komplexní permitivitou (dielektrickou konstantou) ϵ^* ve tvaru

$$\epsilon^* = \epsilon' - j \epsilon'' \quad (1)$$

kde: ϵ' = ϵ — reálná část relativní permitivity

ϵ'' — imaginární část relativní permitivity, která představuje ztráty dielektrika

Dielektrické vlastnosti pevných a kapalných látek závisí na jejich chemickém složení a na jejich struktuře. Vliv obsahu vody, chemického složení a makrofyzikální struktury látky na její dielektrické vlastnosti je teoreticky a experimentálně dostatečně objasněn a podrobně popsán v literatuře zabývající se měřením vlhkosti [1]. Zatímco relativní permitivita běžných látek obsažených v zemědělských hmotách nepřesahuje při nízkých kmitočtech hodnotu 10, je poměrná permitivita vody 78. Protože zemědělské hmoty

obsahují většinou značné množství vody, bude jejich permitivita závislá především na vlhkosti. Látky, jejichž měření vlhkosti přichází v úvahu v zemědělství a v potravinářském průmyslu, jsou ale také biologického charakteru. Jejich struktura, ale i jejich dielektrické vlastnosti jsou proto mnohdy zcela odlišné.

DIELEKTRICKÉ VLASTNOSTI BIOLOGICKÝCH A ZEMĚDĚLSKÝCH HMOT

Rozdílné vlastnosti biologických a zemědělských hmot se projevují zvláště při dielektrických měřeních obsahu vody čerstvých plodin a živých nebo jen částečně odumřelých rostlinných a živočišných tkání, zejména s vyšším obsahem vody. Tyto látky mají komplikovanou strukturu, složenou z buněk a tkání v různém fyziologickém stavu, který se více nebo méně projevuje v jejich fyzikálních vlastnostech. Buňky a jejich části jsou obklopeny membránami složenými pravděpodobně z lipidní vrstvy, oboustranně obklopené vrstvou bílkovinných molekul o celkové tloušťce 100–150 Å. Ačkoliv uvnitř buňky je značná koncentrace iontů, brání membrána pohybu iontů z buňky do vnějšího prostředí a buňky kladou průchodu elektrického proudu značný odpor ($10^6 - 10^{12} \Omega \text{ cm}$) [12]. Značně větší pozorovaná vodivost rostlinných a živočišných tkání je způsobena vedením proudu v mezibuněčných prostorech. Odumírající a poškozené buňky ztrácejí izolační vlastnosti a jejich odpor značně klesá ($10^2 \Omega \text{ cm}$). U živých nepoškozených buněk dosahuje proud v okamžiku připojení elektrického napětí maximální velikosti a během krátkého času klesá na hodnotu až o dva řády nižší. Tento jev souvisí s posuvem náboje v buňkách.

Posuv (hromadění náboje) vzniká v důsledku polarizace buněčných makrostruktur a je obklopujících membrán. Tato polarizace bývá nazývána makrostrukturní na rozdíl od polarizace molekulární, která souvisí s orientací elektrických dipólů molekul v elektrickém poli. Předpokládá se především, že polarizace v živých buňkách je vyvolávána ionty elektrolytů, které se hromadí na povrchu buněk v okolí membrán oddělujících buňky od vnějšího okolí (obr. 1). Vzhledem k uvedené polarizaci lze buňce přisoudit elektrickou kapacitu, podobnou jako u normálního elektrického kondenzátoru.

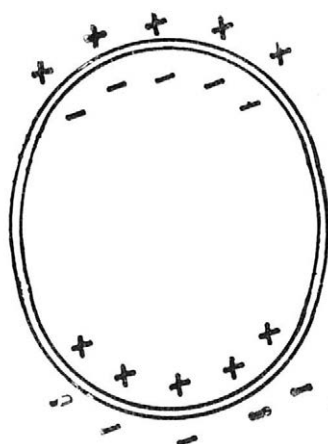
Permitivita buněčné suspenze nebo tkáně dosahuje při nízkých kmitočtech v důsledku makrostrukturní polarizace značně vysokých hodnot. Při zvyšování kmitočtu dochází k poklesu relativní permitivity z velmi vysokých hodnot $10^4 - 10^6$ při nízkých kmitočtech až na hodnoty relativně malé, a to $10 - 10^2$ při velmi vysokých kmitočtech. Tento pokles (disperze permitivity) bývá spojen s existencí tzv. relaxačních dob potřebných k tomu, aby nastala v elektrickém poli polarizace buněčných struktur. Podobná disperze permitivity se vyskytuje také u všech molekul. Jestliže je doba kmitu elektrického proudu shodná s relaxační dobou, nestačí se molekuly v elektrickém poli orientovat a dochází k prudkému poklesu permitivity. Kruhová frekvence ω_c , při které je pokles nejrychlejší, se označuje jako kritická

$$\omega_c = 2\pi f_c = \frac{1}{\tau} \quad (2)$$

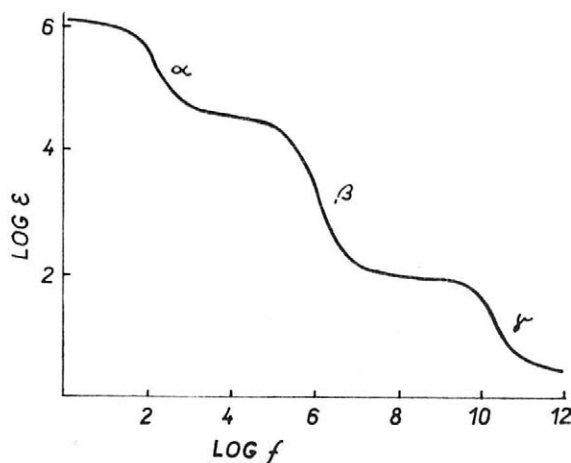
kde: f_c — kritická frekvence

τ — relaxační doba molekul

Relaxační doba závisí na velikosti molekuly a vlastnostech rozpouštědla [6]. Tak např. u molekul bílkovin [8] je kritická frekvence v pásmu 1 MHz, u volné vody asi 20 000 MHz a u vázané vody, tj. u vody adsorbované na povrchu makromolekul, 100 —



1. Polarizace buněčné membrány



2. Disperze relativní permittivity biologické tkáně

1000 MHz [9]. Dielektrická konstanta vázané vody klesá v oboru mikrovln na hodnotu asi 2 na rozdíl od volné vody, která má ještě při kmitočtu 9400 MHz relativní permittivitu přibližně 62 [5,2]. Tato skutečnost umožňuje stanovit množství vázané vody na povrchu bílkovinných makromolekul měřením permittivity při velmi vysokých kmitočtech. Lze tak studovat např. změny vyvolané nepříznivými podmínkami na stav bílkovin v rostlině [10].

Dielektrické vlastnosti v pásmu centimetrových vln mohou však být vhodné i pro charakteristiku jiných zemědělských hmot, např. půdy. Velmi nízká permittivita zjištěná u vzorků půdy ukazuje, že obsažená voda je ve vázaném stavu [4]. Při měření permittivity biologických vzorků lze zjistit tři oblasti disperze [2]: alfa, beta, gama (obr. 2).

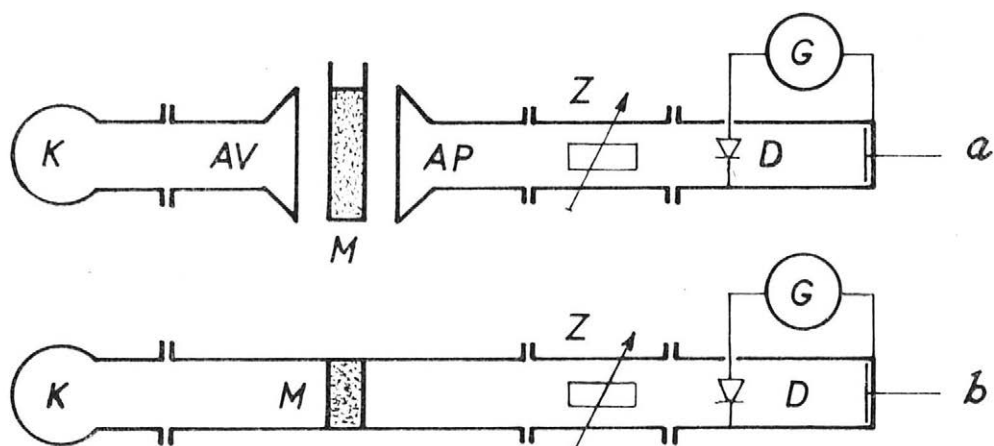
Podstata alfa disperze je nejméně známa a souvisí patrně s polarizací celých buněk; beta disperze v oboru 10^4 — 10^6 Hz souvisí s polarizací buněčných membrán; gama disperze v pásmu od 10^{10} Hz souvisí s disperzí permittivity volné vody.

Při těchto způsobech disperze se uplatňuje také disperze související s vlastnostmi jednotlivých makromolekul a molekul, včetně vázané vody. V oblasti mikrovln se většina látek nestačí v elektrickém poli orientovat a chová se jako nepolární molekuly. Permittivita závisí proto především na obsahu volné vody ve vzorku a je málo citlivá na změny v chemickém složení sušiny nebo na koncentraci iontů. Těchto vlastností je právě využito u mikrovlnných vlhkoměrů. U některých zemědělských hmot, např. u zrnin, může být způsobena chyba měření různým množstvím vázané vody. Tuto chybu lze zmenšit vhodnou kalibrací vlhkoměru.

MIKROVLNNÉ VHLKOMĚRY

Mikrovlnné vlhkoměry jsou v podstatě trojího typu:

1. Vlhkoměry založené na absorpci mikrovln v měřeném vzorku a na zjištění koeficientu útlumu.
2. Vlhkoměry založené na změně rezonanční frekvence a činitele jakosti dutinového rezonátoru.
3. Vlhkoměry založené na změně impedance vlnovodu se vzorkem.



3. Schéma absorpčního mikrovlnného detektoru

a – měření vzorku ve volném prostoru, *b* – měření vzorku ve vlnovodu
K – klystronový oscilátor, *AV* – anténa vysílače, *M* – měřený vzorek, *AP* – anténa přijímače, *Z* – cejchovaný zeslabovač, *D* – mikrovlnná dioda, *G* – galvanoměr

Vlhkoměry prvního typu pracují buď se vzorkem ve volném prostranství (obr. 3a), nebo ve vlnovodu (obr. 3b). Vzorek s pevným nebo kapalným materiálem se umístí mezi vysílačem a přijímačem mikrovlnné energie. V přijímači se citlivým detektorem měří úroveň prošlé energie, která je vzhledem k vysokým dielektrickým ztrátám vody značně závislá na vlhkosti vzorku. Po vložení vzorku se výchylka měřidla přijímače kompenzuje na původní hodnotu pomocí cejchovaného zeslabovače. Zeslabení výkonu ve vzorku (při zanedbání odrazu vln) lze vyjádřit vztahem

$$\frac{P_1}{P_0} = e^{-2\alpha d} \quad (3)$$

kde: P_0 a P_1 – velikost dopadajícího a prošlého výkonu
 α – koeficient útlumu
 d – tloušťka vzorku.

Logaritmováním rovnice (3) můžeme vyjádřit útlum v decibelech

$$A = 10 \log \frac{P_0}{P_1} \quad (4)$$

Množství vody ve vzorku, vyjádřené ve váhových procentech, je potom přímo úměrné veličině A [7]. Tímto způsobem je také kalibrován vlhkoměr.

Na výsledek měření ve volném prostoru má vliv difrakce vln na okrajích kvety a vznik stojatých vln. Pro optimální tloušťku kvety lze použít vztahu

$$d_{opt} = \frac{1}{2\alpha} \quad (5)$$

K tomuto prvnímu typu vlhkoměrů patří také u nás vyráběný mikrovlnný měřič vlhkosti MV-1 (Tesla Pardubice) [7]. Vlhkoměry prvního typu jsou vhodné především pro větší objem vzorku a pro nepřilíš veliký obsah vody.

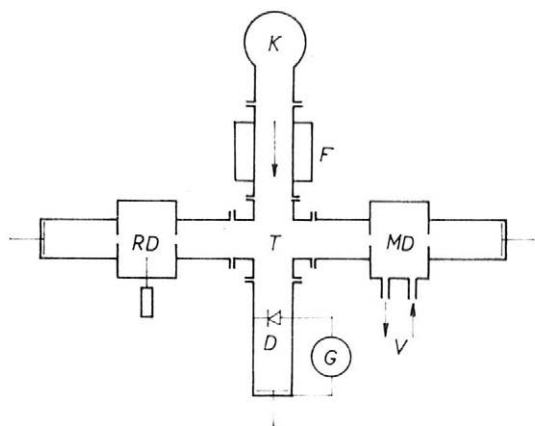
Pro velmi malé obsahy vody, např. při měření vlhkosti vzduchu, jsou vhodné mikrovlnné vlhkoměry druhého typu, založené na změně parametrů dutinového rezonátoru. Protože dutinové rezonátory pracující v centimetrovém pásmu mají vysoký činitel jakosti Q , jsou velmi citlivé na vlhkost ve vzduchu vzhledem k vysokým dielektrickým hodnotám vodních par. Se změnou tenze vodních par ve vzduchu mění se komplexní permitivita a tím i rezonanční kmitočet a činitel jakosti dutinového rezonátoru, a to podle vztahů

$$\frac{f_0 - f}{f} = \frac{\epsilon - 1}{2}$$

$$\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_0} = \operatorname{tg} \delta = \frac{\epsilon'}{\epsilon''} \quad (6)$$

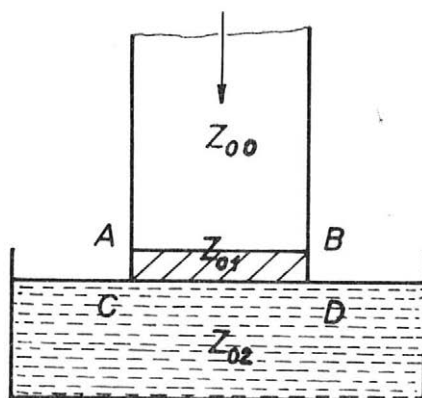
kde: f_0 — rezonanční frekvence prázdného rezonátoru
 Q_0 — jeho činitel jakosti

Změny parametrů dutinového rezonátoru se měří pomocí mikrovlnného můstku. V jedné větvi můstku je připojena měřicí dutina a v druhé větvi referenční dutina pro vyvážení můstku (obr. 4). Signál mikrovlnné diody v diagonále můstku je úměrný změně vlhkosti vzduchu v měřicí dutině. Takového vlhkoměru použil Falk [3] k měření transpirace listů rostlin. Pro toto použití je velmi výhodné, že vlhkoměr je prakticky necitlivý na změny koncentrace CO_2 ve vzduchu, vzhledem k velmi malé permitivitě CO_2 . Citlivost na změny napětí vodní páry ve vzduchu je lepší než 0,05 mm Hg. Závislost mezi signálem mikrovlnné diody a napětím vodní páry ve vzduchu je lineární. Připojením registračního milivoltmetru lze sledovat časové změny v transpiraci listů rostlin. Při sledování rychlých změn transpirace je vhodné, aby objem dutiny rezonátoru byl co nejmenší. Tento požadavek je splnitelný při vyšších frekvencích.



4. Schéma rezonátorového mikrovlnného vlhkoměru

K — klystronový oscilátor, F — feritový izolátor, T — magické T, RD — referenční dutina, MD — měřicí dutina, V — vstup a výstup měřeného vzduchu, D — mikrovlnná dioda, G — galvanoměr



5. Ukončení vlnovodu pro měření ztrátových kapalin

Pro látky s vysokým obsahem vody, jako jsou čerstvé plodiny, mléko, rašelina, rostlinné a živočišné tkáně a jejich homogenáty apod., byl na našem pracovišti sestaven nový typ vlhkoměru. Patří do třetí skupiny vlhkoměrů založených na měření impedance vlnovodu se vzorkem. Bylo použito metody k měření komplexní permitivity ztrátových kapalin, vypracované Ševčíkem [11]. Měřená kapalina se umístí vně vlnovodu; přesného určení hladiny kapaliny stýkající se s ústím vlnovodu se dosáhne pevnou bezztrátovou dielektrickou vložkou, vloženou na konci vlnovodu (obr. 5).

Šíří-li se vlnovodem o charakteristické impedanci Z_{00} vysokofrekvenční energie, odrazí se na rozhraní AB část energie zpět a z hodnoty poměru stojatých vln S a ze vzdálenosti prvního minima x lze určit impedanci Z_{AB} vztahem

$$\frac{Z_{AB}}{Z_{00}} = \frac{1}{S - j \operatorname{tg} \beta_0 x} \quad (7)$$

Jsou-li známy dielektrické vlastnosti vložky a její tloušťka, lze pomocí transformace impedancí získat hodnotu Z_{CD} . Impedance Z_{CD} na rozhraní ústí vlnovodu je rovna charakteristické impedanci měřeného materiálu Z_{02} ve volném prostoru jen tehdy, jestliže všechna energie, která prošla přes dielektrickou vložku do měřeného materiálu, se v něm úplně pohltí. Tento předpoklad lze snadno splnit u všech materiálů, které mají dosti veliké dielektrické ztráty, tj. např. takových, které obsahují dostatečné množství vody. Pro čistou vodu uvádí literatura tloušťku úplné absorpce 6 mm ($\lambda = 3,2$ cm) [2].

Z charakteristické impedance měřeného materiálu Z_{02} , normované charakteristickou impedancí volného prostoru Z_{03} , určí se jeho konstanta šíření vztahem

$$\gamma_2 = \alpha_2 + j\beta_2 = j \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{Z_{03}}{Z_{02}} \quad (8)$$

kde: α_2 — konstanta útlumu

β_2 — fázová konstanta měřeného materiálu

λ — vlnová délka ve vzduchu

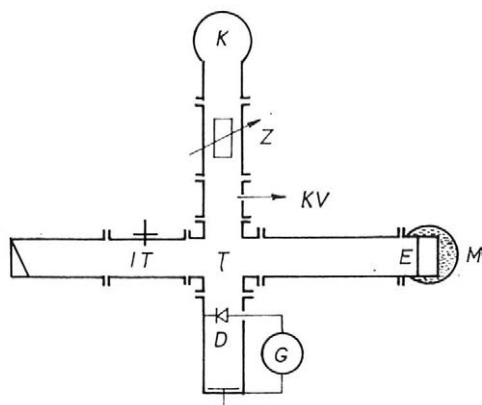
Pro reálnou a imaginární složku komplexní permitivity potom platí

$$\epsilon' = \frac{\beta_2'^2 - \alpha_2'^2}{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2} \quad \epsilon'' = \frac{2\alpha_2\beta_2}{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2} \quad (9)$$

Mění-li se obsah vody ve vzorku, mění se podle vztahů (8) a (9) komplexní permitivita, a tím i impedance vzorku Z_{02} .

Změny impedance byly při měření vlhkosti indikovány pomocí mikrovlnného můstku (obr. 6). Jedna větev můstku byla tvořena měřeným vlnovodem s kyvetou, v druhé větvi byl zapojen impedanční transformátor na vyrovnání můstku. Údaj impedančního

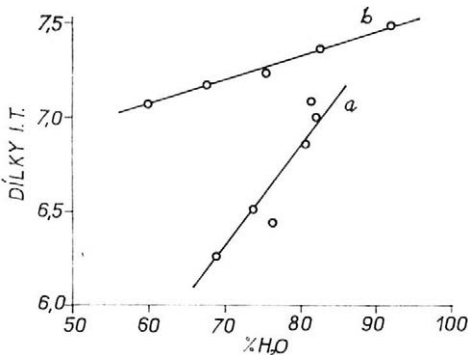
transformátoru (posuv kolíku) byl kalibrován s obsahem vody ve vzorku. Jako dielektrické vložky pro vymezení hladiny měřené kapaliny bylo použito tenké slídové destičky. Na obrázku 7 je závislost napětí mikrovlnné diody, zapojené v diagonále můstku, na vrstvě vody v měřící kyvetě. Do vrstvy 1 mm výchylna značně závisí na její tloušťce, od hodnoty 5,5 mm je výchylna na tloušťce vody prakticky nezávislá, což je zhruba v soulase s lite-



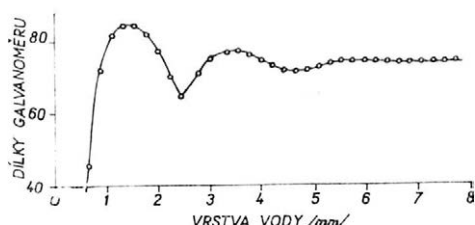
6. Schéma mikrovlnného vlhkoměru pro látku s vyšším obsahem vody na vrstvě vody

K — klystronový oscilátor, Z — cejchovaný zesilovač, KV — vývod pro koaxiální vlnoměr, T — magické T, E — vlnovodové koleno v rovině E, M — měřený vzorek, D — mikrovlnná dioda, G — galvanoměr, IT — impedanční transformátor

odebrat (např. při měření na živých organismech). K měření lze také použít řezů plodin nepravidelných rozměrů, avšak splňujících podmínku úplné absorpce. Takovým způsobem byl měřen obsah vody v seřiznutých hlízách brambor (výsledek je na obrázku 8a). Na obrázku 8b je závislost údaje impedančního transformátoru na obsahu vody ve směsi voda — ethanol. Poněkud menší strmost přímky je způsobena pravděpodobně



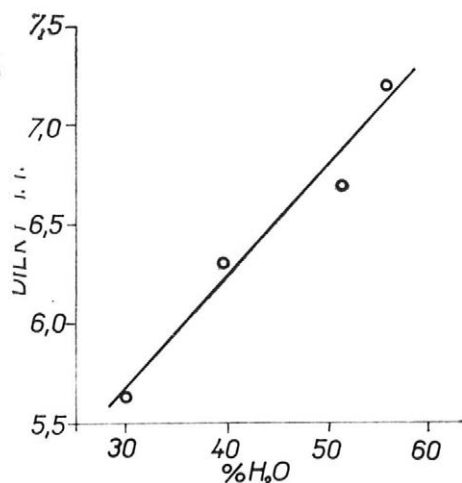
8. Závislost údaje impedančního transformátoru na obsahu vody ve vzorku
a — hlízy brambor, b — směs alkoholu a vody



7. Závislost signálu mikrovlnné diody na vrstvě vody

raturou [2]. Je-li minimální tloušťka vody pro praktické měření 6 mm a úhlopříčka vlnovodu asi 25 mm, je minimální potřebný průměr kyvety pro čistou vodu 37 mm. Pro látku s nižší koncentrací vody je nutno volit kyvety úměrně větší.

Nezávislost na tloušťce měřené vrstvy umožňuje nejen zrychlit a zpřesnit měření obsahu vody, ale je možné měřit vlhkost i v takových případech, kdy vzorek nelze



9. Závislost údaje impedančního transformátoru na obsahu vody v rašelině

dosti vysokou komplexní permitivitou ethanolu. Na obrázku 9 je kalibrační křivka pro měření obsahu vody v neupravené rašelině.

Vlhkoměru lze použít i ke sledování obsahu vody v listech rostlin. V tomto případě se využívá lineární části charakteristiky na obrázku 7, tj. části odpovídající tloušťce vody 0,1–0,8 mm. Tato vrstva vody představuje plošnou váhu 10–80 mg/cm². V uvedených mezích se také pohybují hodnoty plošné váhy listů většiny kulturních rostlin.

Z Á V Ě R

Vlastnosti biologických a zemědělských hmot v oblasti mikrovln mohou poskytnout řadu poznatků o jejich stavbě a složení. Zvláště vhodné je použít těchto vlastností k měření obsahu vody. Popisované mikrovlnné vlhkoměry umožňují rychlé a přesné měření vlhkosti různých zemědělských hmot. Pro měření hmot s vysokým obsahem vody je uvedeno nové uspořádání můstkového mikrovlnného vlhkoměru, kde měřená látka se umísťuje vně vlnovodu. Výsledky měření u různých vzorků ukazují vhodnost tohoto uspořádání pro praktické účely.

Došlo dne 20. 5. 1968

L i t e r a t u r a

1. BERLINER, M. A.: Električeskije izmerenija, avtomatičeskij kontrol i regulirovanije vlažnosti. Energia, Moskva 1965. — 2. BUCHANAN, T. J.: Balance methods for the measurement of permittivity in the microwave region. Proc. IRE, 1952, part III 99, 58, 61–66. — 3. FALK, S. O.: A microwave hygrometer for measuring plant transpiration. Z. Pflanzenphysiol., 1966, Bd 55 : 31–37. — 4. HANNA, E. F. — BISHAI, A. M.: Měření dielektrických vlastností vzorků egyptské půdy vlnovodovou metodou. Slaboproudý obzor, 1966, 27, č. 1 : 13–15. — 5. LIMARENKO, I. M.: Fiziko-chimičeskije svojstva protoplazmy. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, Moskva, 1966. — 6. MARTIN, R. B.: Introduction to biophysical chemistry. McGraw-Hill, New York, 1964, str. 179. — 7. Mikrovlnný měřič vlhkosti. Technické informace Tesla Pardubice. — 8. ONCLEY, J. L.: The investigation of proteins by dielectric measurements. Chemical Reviews 1942, 30 : 434–450. — 9. SCHWAN, H. P.: Alternating current spectroscopy of biological substances. Proc. IRE 1959, 47, 11, 1841–1855. — 10. SEDÝCH, N. V. — CHOCHLOVA, L. P.: Fiziologija rastenij. 1967, 14, 3 : 507–510. — Issledovanie vlijanija zasuchi na strukturu belkov citoplazmy listjev rastenij dielektričeskim metodom na SVC. — 11. ŠEVČÍK, F.: Měření komplexní permitivity ztrátových kapalin v pásmu centimetrových vln. Slaboproudý obzor 1963, 24, 8 : 449–451. — 12. TARUSOV, B. N.: Osnovy biofiziki i biofizičeskoj chimiji. Vyššaja škola. Moskva 1960.

Применение абсорбции микроволновой энергии при измерении влажности сельскохозяйственных материалов

В работе описываются диэлектрические свойства сельскохозяйственных материалов и принципы конструкции микроволновых влагомеров. Приводится описание нового влагомера, пригодного для вещества с более высоким содержанием воды. Испытываемый образец помещается в свободном пространстве в конце волновода. Изменение импеданса волновода измеряется при помощи импедансного трансформатора на второй ветви микроволнового мостика. Описываются условия, когда измерение не зависит от толщины и формы образца. Работа подтверждена результатами измерения у некоторых сельскохозяйственных материалов.

Application of Absorption of the Micro-Wave Energy to Gauge Humidity of Agricultural Materials

The author describes dielectrical properties of agricultural materials and states principles of the design of micro-wave hygrometers. A newly developed hygrometer is described, which is suitable for materials with higher water contents. The specimen to be measured is placed in a free space at the end of the wave guide. Change of the wave guide impedance is measured by an impedance transformer in the second branch of a micro-wave bridge. Conditions are described, when measuring is independent of the specimen's thickness and shape. The paper contains results of measuring with some agricultural materials.

Anwendung der Absorption der Mikrowellenenergie zur Messung der Feuchtigkeit von landwirtschaftlichen Gütern

In der Abhandlung werden dielektrische Eigenschaften von landwirtschaftlichen Gütern und Grundsätze für die Konstruktion von Mikrowellenfeuchtigkeitsmessern beschrieben. Es wird die Beschreibung eines neuen Feuchtigkeitsmessers angeführt, der für Massen mit höherem Wassergehalt geeignet ist. Die Meßprobe ist im Freiraum am Ende des Wellenleiters angeordnet. Die Änderung der Wellenleiterimpedanz wird mit einem Impedanzwandler im zweiten Zweig der Mikrowellenbrücke gemessen. Es werden Bedingungen beschrieben, wo die Messung unabhängig von der Dicke und Form der Probe erfolgt. Die Arbeit ist mit Meßergebnissen bei einigen landwirtschaftlichen Gütern belegt.

Adresa autora:

Ladislav Fojtík, prom. fyzik, Vysoká škola zemědělská, fakulta agronomická, katedra biofyziky a fyziologie rostlin, Praha-Suchbát

543.81 545.3 633.1 : 631.563.2

■ Problematika průběžného měření vlhkosti sypkého materiálu pomocí čidla zařazeného v dopravní lince je řešena v řadě států. Nejčastěji používaná metoda využívá jako čidla kapacitního snímače. U nás byly již před několika lety uvedeny příklady řešení této otázky [2].

Požadavky na podobné zařízení jsou asi tyto:

1. Plynulé měření bez přerušení technologického procesu sušení nebo skladování a bez narušení normálního provozu.

2. Rychlost odezvy snímače musí být dostatečná, aby nedošlo k nesprávné funkci sušicího agregátu nebo skladových zařízení.

3. Obsluha a provoz musí být jednoduché a zařízení nesmí být z ekonomického hlediska příliš drahé.

Kapacitní metoda měření vlhkosti se jeví jako nejvhodnější z těchto důvodů:

Dielektrická konstanta je u sypkých materiálů mnohem méně citlivá k změnám stlačení materiálu než jiné parametry, např. vodivost u konduktometrické metody [4]. Kapacitní metoda umožňuje použít různě tvarovaných snímačů, vhodných pro určitou dopravní linku. Proti metodě založené na absorpci elektromagnetického vlnění je kapacitní metoda jednodušší a méně nákladná.

Uvažovány jsou pouze metody nevyžadující odebrání vzorků, nebo měření statická.

Otázku kapacitní metody měření vlhkosti můžeme rozdělit na dvě části:

a) vlastní kapacitní snímač z hlediska konstrukce a jeho vlastnosti,

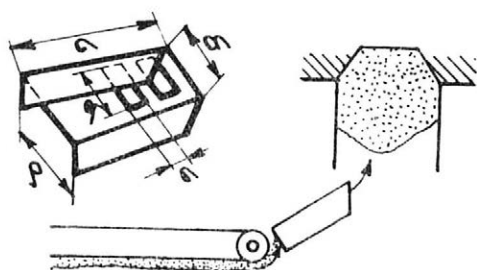
b) měřicí obvod pro vyhodnocení změn kapacity snímače a transformace těchto změn na úměrné jim napětí nebo proud.

Předkládaná práce se zabývá první částí, tj. otázkou vlastního tělesa kapacitního snímače.

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SNÍMAČŮ

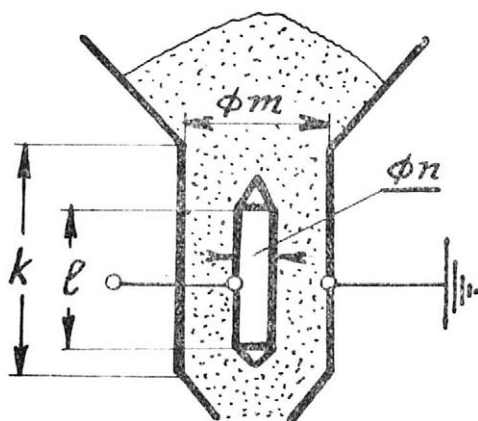
Konstrukčně může být snímač řešen třemi základními způsoby. První představuje žlabový typ (obr. 1, typ A). Pro jeho zařazení je nutné přerušení dopravní linky nebo její ukončení.

Druhý typ představuje násypkový tvar (obr. 2, typ B). Vyžaduje přerušení nebo ukončení dopravní linky. Výhodou tohoto snímače je, že vnější elektroda je uzemněna a působí jako stínění kondenzátoru. Vliv okolních polí a předmětů se projevuje jen nepatrně.



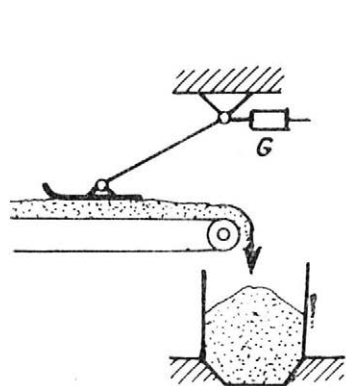
1. Kapacitní snímač žlabového typu (typ A)

2. Kapacitní snímač násypkového typu (typ B)

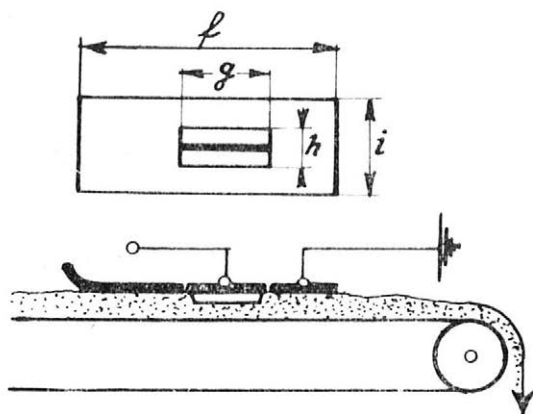


Třetí typ představuje lyžinový snímač (obr. 3, typ C). Jeho zařazení nevyžaduje přerušení nebo ukončení dopravní linky, tento typ je však převážně použitelný u páso- vých dopravníků. Lyžina klouže po povrchu měřeného materiálu. Tlak snímače na vrstvu je možno nastavit vyvažovacím závažím G .

Rozměry snímačů závisí hlavně na požadovaném průtoku materiálu a udávají v podstatě hodnotu základní kapacity C_0 měrného kondenzátoru (nezaplněného). Tvar snímače lze různě přizpůsobit dopravní lince, v podstatě však vždy půjde o některou modifikaci typu A, B nebo C. Specifické vlastnosti jednotlivých typů snímačů budou rozebrány dále.



3. Kapacitní snímač lyžinový (typ C)



OBILÍM ZAPLNĚNÝ KAPACITNÍ SNÍMAČ JAKO KONDENZÁTOR

Snímač s obilím je v podstatě kondenzátorem, jehož dielektrikem je obilí. Permitti- vita ϵ tohoto dielektrika závisí na jeho vlhkosti, teplotě, struktuře, druhu obilí, na stár- nutí. Poslední faktor můžeme zanedbat s ohledem na malé časové rozmezí, ve kterém měření probíhá.

a) Vliv struktury

Z tohoto hlediska představuje suché obilí dvousložkové dielektrikum. Obě složky, tj. obilky a vzduch, se liší svými dielektrickými vlastnostmi. Podle druhu obilí a podle stupně stlačení obilní hmoty se mění poměr

$$v = \frac{V_1}{V} \quad (1)$$

kde: V_1 — celkový objem hmoty jednotlivých obilek
 V — celkový objem směsi obilí + vzduch

Střední hodnotu permitivity pro různé poměry v můžeme na základě údajů z literatury [3, 5] vypočítat takto:

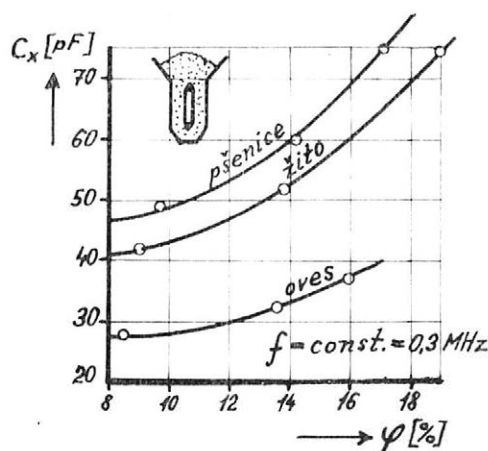
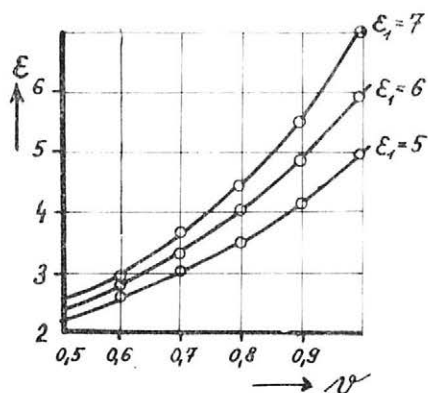
$$\varepsilon = \varepsilon_2 \left[1 + \frac{v(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_2 + \frac{1-v}{3}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)} \right] \quad (2)$$

kde: ε — střední hodnota permitivity směsi
 ε_1 — permitivita materiálu (obilí)
 ε_2 — permitivita prostředí prostupujícího daný materiál (zde vzduch, $\varepsilon_2 = 1$).

Na obrázku 4 je uveden průběh funkce $\varepsilon = f(v)$ podle vztahu (2) pro různá ε_1 .

b) Vliv druhu obilí

Jednotlivé druhy obilí se vzájemně liší hodnotami permitivity ε . Proto je nutno cejchovat stupnici vlhkoměrů, založených na změnách kapacity snímače, zvláště pro jednotlivé druhy obilí. Na obrázku 5 je uvedena závislost kapacity zaplněného snímače



4. Permitivita jako funkce objemové koncentrace obilí

5. Kapacita násypkového snímače jako funkce vlhkosti — pro různé druhy obilí

C_x (typu A) na vlhkosti q pro pšenici, oves a žito. Podmínky při měření byly stejné (měřeno v laboratoři katedry). Rozdíl v hodnotách C_x mezi pšenicí a žitem je malý. U ovsa se projevuje nízká hodnota ε daná tvarem obílek, které umožňují přítomnost většího množství vzduchu v obilní hmotě. Hodnota ε ve vztahu (1) je u ovsa menší než u pšenice nebo žita. Střední hodnota ε na základě vztahu (2) bude tedy menší (viz též obr. 4).

c) Vliv teploty

Tento vliv na hodnotu ε se projevuje v menší míře při vlhkostech nízkých a více při vyšších. Je to způsobeno hlavně tím, že teplotní součinitel permitivity

$$\alpha = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta T}$$

je pro vodu vyšší než pro suché obilí. Teplotní součinitel α představuje relativní změnu permitivity při změně teploty o jeden stupeň Celsia. Závislost kapacity snímače jako funkce teploty $C_x = f(T)$ je v určitém rozmezí ($+5$ až $+40$ °C) téměř přímková [1]. Strmost této přímky je závislá na vlhkosti. Např. pro konkrétní snímač podle Berli-nera [1] jsou změny kapacity snímače při různých vlhkostech tyto:

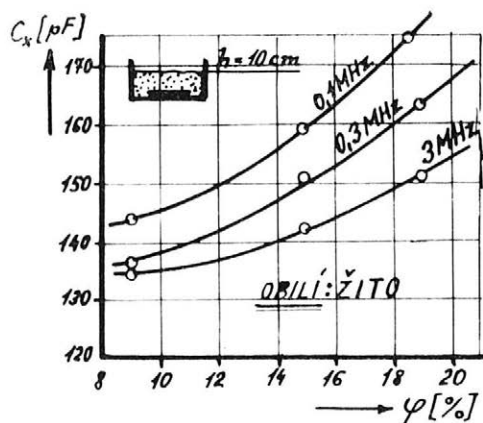
Pro pšenici při:	$q = 12,1 \%$	$\Delta C_x = 0,3 \text{ pF}/10^\circ\text{C}$
	$q = 14,5 \%$	$\Delta C_x = 0,8 \text{ pF}/10^\circ\text{C}$
	$q = 19,4 \%$	$\Delta C_x = 1 \text{ pF}/10^\circ\text{C}$

Na teplotní charakteristiku snímače má též vliv kmitočet používaný při měření. Při snižování kmitočtu se zvětšuje relativní vliv teploty na hodnotu ε . Při kmitočtech okolo 10 MHz je vliv teploty téměř zanedbatelný (ovšem při určité vlhkosti; zvyšováním q roste vliv teploty na ε při všech kmitočtech).

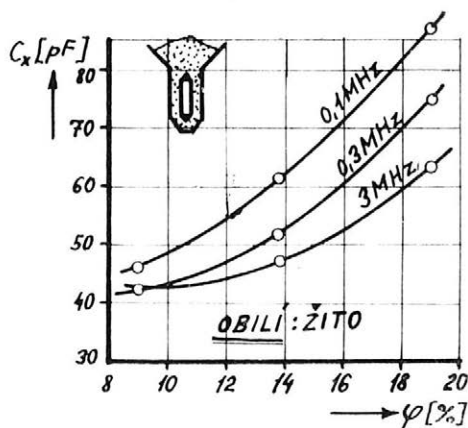
d) Vliv vlhkosti na kapacitu snímače je z hlediska řešené otázky nejdůležitější. Všeobecně vede zvyšování obsahu vody v zrnu k růstu kapacity snímače. Voda se nejprve váže uvnitř buněčné hmoty zrna jako voda koloidní. Při vyšších vlhkostech (okolo 16 %) je mezi buňkami jako voda volná. Tyto dva kvalitativní stavy se projevují též ve funkční závislosti $C_x = f(q)$. Změny kapacity snímače při malých vlhkostech jsou malé; jakmile se v zrnu usazuje voda volná, jsou přírůstky kapacity ΔC_x větší.

Na obrázcích 6 a 7 je uvedena závislost $C_x = f(q)$ pro žito. Jsou zde porovnány dva typy snímačů: A a B . Rozměry použitých snímačů jsou patrné z obrázků 1 a 2. Hodnoty v mm: $a = 220$, $b = 350$, $c = 510$, $d = 175$, $e = 48$, $k = 455$, $l = 250$, $m = 160$, $n = 35$; plocha aktivní elektrody je u těchto snímačů téměř stejná. Jak je patrné z průběhu $C_x = f(q)$, není v tomto případě téměř závislý na tvaru snímače. Změny kapacity ΔC_x jsou řádově několik pF na 1 % změny vlhkosti. Při současném stavu měřicí techniky lze takovéto změny spolehlivě měřit a převádět na určitý vhodný výstupní signál.

e) Vliv kmitočtu použitého k měření. Vysokofrekvenční pole ve snímači má velký vliv na polarizaci dielektrika, a tím i na jeho elektrické parametry (ε , $\tan \delta$). Hodnoty ε a $\tan \delta$ jsou závislé na kmitočtu elektrického pole ve snímači, a tedy i hodnota C_x odpovídá této závislosti. Průběh funkce $C_x = f(q)$ je patrný z obrázků 6 a 7. Z měření



6. Kapacita žlabového snímače jako funkce vlhkosti obilí – pro různé kmitočty



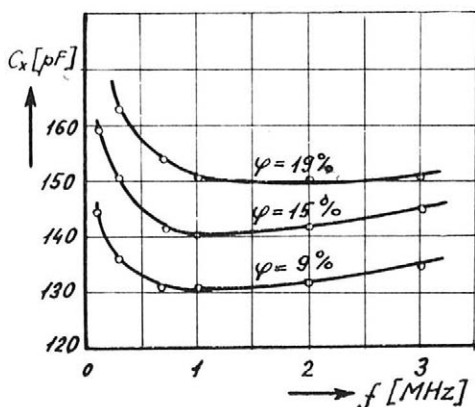
7. Kapacita násypkového snímače jako funkce vlhkosti – pro různé kmitočty

provedených na několika typech snímačů vyplývá, že se zvyšováním kmitočtu f klesá strmost průběhu $C_x = f(\varphi)$. Tím klesá i citlivost snímače

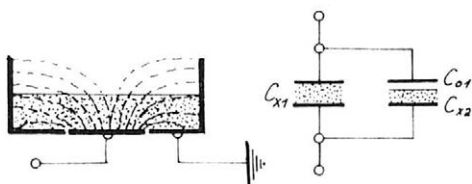
$$k = \frac{\Delta C_x}{\Delta \varphi} \left(\frac{\text{pF}}{\%} \right)$$

Na obrázku 8 je uvedena závislost kapacity snímače na kmitočtu pro různé hodnoty φ .

Ohřev obilí vysokofrekvenčním polem při průchodu snímačem nepřipadá v úvahu. Podle výpočtu při kmitočtu 1 MHz a intenzitě pole 1 V cm^{-1} by došlo ke zvýšení teploty obilí o $1,3 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$. I při vyšší frekvenci je tato hodnota zanedbatelná.



8. Kapacita žlabového snímače jako funkce kmitočtu – pro různé hodnoty vlhkosti



9. Elektromagnetické pole v částečně zaplněném žlábkovém snímači (místo označení C_{01} má být správně C_{x0})

Specifické vlastnosti snímačů

Jsou posouzeny vlastnosti tří typů snímačů.

Snímač A (obr. 1)

Uvažujeme-li konstantní parametry φ , f , T , druh obilí a jeho strukturu, může být v tomto snímači proměnnou veličinou ještě vrstva obilí h ve snímači (obr. 9).

I při zjednodušeném znázornění snímače jako kondenzátoru (obr. 9) je matematické vyjádření vlivu proměnné vrstvy na výslednou kapacitu složité. Při kolísání vrstvy obilí jsou v tomto případě proměnnými parametry C_{x1} , C_{x2} , C_{x0} . K posouzení vlivu proměnné vrstvy je dostačující experimentální ověření. Hodnoty jsou zřejmé z obrázku 10. Byl použit žlabový snímač s rozměry již uvedenými.

Z průběhu je patrné: Do určité minimální vrstvy h_{min} je kolísání kapacity relativně velké. Při vrstvě okolo 6 cm je tento faktor již přijatelný. I v tomto případě však kolísání vrstvy obilí o ± 1 cm znamená změny kapacity snímače přibližně o ± 1 pF, což odpovídá např. změně vlhkosti o 0,8 % (obr. 6, $f = 3$ MHz, $\varphi = 16$ %). V nepříznivém případě při poklesu h a odpovídající změně φ by nebyla změna vlhkosti vůbec zaznamenána.

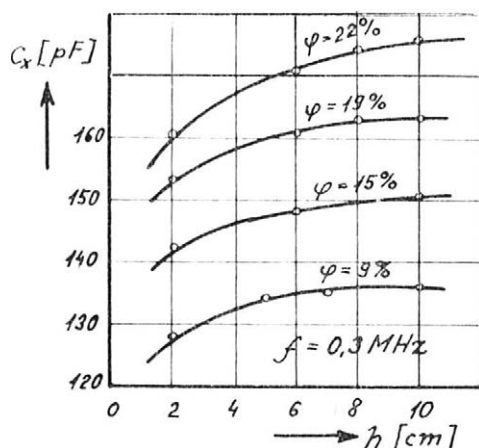
Tento nedostatek lze odstranit dvojím způsobem:

- zvýšit citlivost snímače např. volbou nižšího pracovního kmitočtu (např. při $f = 0,1$ MHz, $\varphi = 16$ % bude změna h o ± 1 cm odpovídat změna φ pouze o 0,4 %);
- zajistit průtok obilí snímačem v rovnoměrné vrstvě, popř. zajistit průtok vyšší vrstvy obilí, při které kolísání h málo ovlivňuje kolísání C_x .

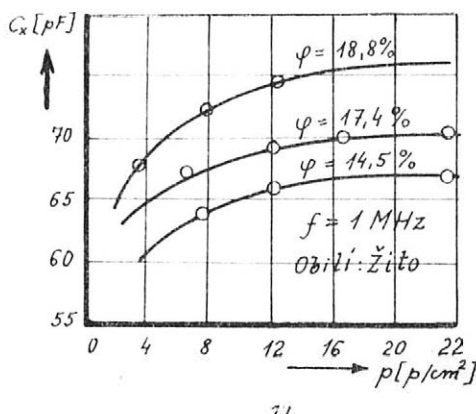
Snímač B (obr. 2)

U snímače B, kromě možných proměnných φ , f , T a druhu obilí, se může do jisté míry měnit struktura. Tímto parametrem rozumíme možnost změny v (výraz 1), tj. při vyšším sloupci obilí ve snímači může dojít ke zhuštění obilní hmoty vlastní vahou obilí. Při posuzování tohoto faktoru v laboratoři bylo zjištěno, že změny sloupce obilí až do výše několika metrů mají velmi nepatrný vliv na změnu C_x a lze je při běžných měřeních zanedbat.

Snímač tohoto typu se jeví jako velmi dobrý. Elektromagnetické pole ve snímači se vrstvou materiálu plně uzavírá. Vnější elektroda je uzemněna a působí současně jako stínění před vnějšími rušivými poli. Určitým nedostatkem v porovnání s typy A a C je větší konstrukční náročnost. Jde hlavně o upevnění vnitřní elektrody na izolovaných rozpěrkách a vodivé spojení této elektrody s měřicím zařízením.



10. Vliv proměnné vrstvy obilí h ve žlabovém snímači na jeho kapacitu — pro různé hodnoty vlhkosti

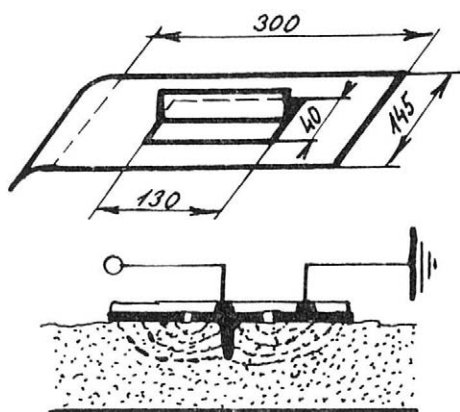


11. Kapacita lyžínového snímače jako funkce tlaku p na vrstvu obilí h — pro různé hodnoty vlhkosti

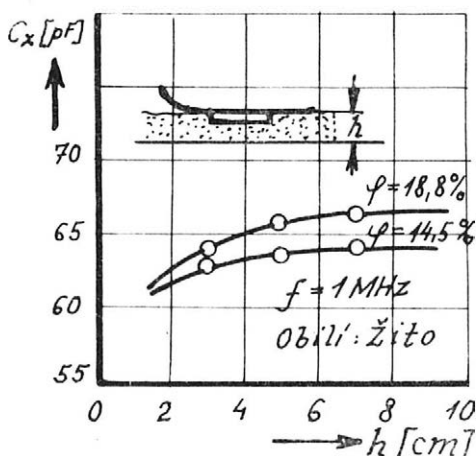
Snímač C (obr. 3)

Hlavní rozměry snímače v mm jsou patrné z obrázku 12. Kýlová část na spodu snímače umožňuje lepší vedení ve vrstvě obilí a současně zvětšuje plochu aktivní elektrody. Tvar pole je zde příznivější než u plochého snímače.

Předpokládáme-li opět konstantní parametry jako u *A*, mohou se u snímače *C* vyskytovat další proměnné parametry ovlivňující hodnotu C_x . Je to tlak p lyžiny (snímače) na vrstvu materiálu a samotná tloušťka vrstvy h . Posoudíme nejprve vliv tlaku p . Na obrázku 11 je uveden průběh funkce $C_x = f(p)$, přičemž ostatní parametry jsou konstantní. Tlak snímače je uváděn v p/cm^2 plochy snímače. Provedená měření potvrzují, že se vzrůstajícím tlakem dochází zpočátku ke vzrůstu kapacity snímače (obr. 11). Je to způsobeno vzrůstem parametru v , výraz (1), a v důsledku toho i ϵ , výraz (2). Vzhledem k poměrně malé stlačitelnosti obilí dochází při určitém tlaku (u žita např. okolo 12 p/cm^2) k jakémusi stavu „nasycení“, kdy další vzrůst tlaku na obilí nemá podstatný vliv na kapacitu snímače. Z toho vyplývá: aby v průběhu měření nedocházelo ke kolísání kapacity v důsledku změn tlaku (např. otřesy), bylo by nutné, aby na snímač působil určitý konstantní tlak. S ohledem na činnost snímače, který se pohybuje po



12. Rozměry a tvar lyžinového snímače a základní rozložení pole



13. Vliv vrstvy obilí h pod lyžinovým snímačem na jeho kapacitu

vrchní vrstvě obilí na dopravníku, nelze tlak p volit libovolně velký. Při velkém tlaku by docházelo k nahrnutí materiálu před snímačem a tím k jeho nesprávné funkci. Mezní hodnota tlaku p , při kterém ještě nedochází k nežádoucímu shrnování obilí před lyžinou, je okolo 3 p/cm^2 .

Vrstva materiálu pod snímačem má, stejně jako u snímače *A*, vliv na hodnotu C_x . Vzhledem k menším rozměrům snímače je však tento vliv mnohem menší (obr. 13). Průběh funkce $C_x = f(h)$ závisí do jisté míry na rozměrech snímače. Se zvětšováním rozměrů poroste vliv vrstvy materiálu na hodnotu C_x .

Dalším nepříznivým vlivem může být nerovnoměrný povrch obilní hmoty pod snímačem. Při určitém tlaku (okolo 3 p/cm^2) dochází k vyrovnávání povrchu samotným snímačem. Za malého tlaku by však bylo nutno vrstvu obilí na dopravním pásu předběžně vyrovnávat.

Z Á V Ě R

Výsledná kapacita snímače závisí na celé řadě okolností. Určující veličinou má být vlhkost obilí.

Kapacitu snímače můžeme vyjádřit jako:

$$C_x = C_0 + K \cdot \varepsilon \cdot q$$

Vzhledem k tomu, že v pravé části rovnice jsou dvě proměnné (ε , q), bude tato funkce nelineární. Konstanta K zahrnuje všechny ostatní parametry ovlivňující kapacitu C_x . Abychom dosáhli závislosti kapacity snímače pouze na vlhkosti, je nutno dosáhnout maximálního potlačení všech ostatních proměnných veličin, které byly uváděny u jednotlivých typů snímačů.

Z porovnání jednotlivých typů snímačů vyplývá, že vhodnost každého typu je určována technologickým procesem, při kterém se má měření uskutečňovat. Nejlepších výsledků bylo dosaženo snímačem typu *B*, dále typu *A* a nakonec typu *C*. Tato skutečnost je dána vlastnostmi jednotlivých typů a možnostmi nepříznivých vlivů na výsledky měření.

Výsledky uváděné v tomto článku jsou převážně experimentálního charakteru na základě řady měření konaných v laboratorních podmínkách. Přesto je zřejmé, že zjištěné výsledky budou mít platnost i pro podmínky provozní.

Došlo dne 20. 5. 1968

L i t e r a t u r a

1. BERLINER, M. A.: Električeskije izměrenija, avtomatičeskij kontrol i regulirovanije vlažnosti. Moskva-Leningrad 1965. — 2. FIALA, S.: Nepřetržité měření vlhkosti sypkých látek. Automatizace 1960, str. 266. — 3. Fizika dielektrikov. Trudy vtoroj vsesojuznoj konferenciji, Moskva 1958. — 4. MILLARD, D. J.: Elektrické měření vlhkosti v granulovaném materiálu. British Journal of Applied Physics. 1953, č. 3. — 5. NETUŠIL, A. V. a kol.: Vysokočastotnyj nagrev dielektrikov i poluprovodnikov. Moskva-Leningrad 1959.

Некоторые свойства емкостных датчиков для непрерывного измерения влажности зерна

Емкостные датчики хорошо применимы при измерении влажности сыпучего материала (зерна). Датчик с зерном представляет собой конденсатор, свойства которого зависят от диэлектрической постоянной величины, влажности, температуры, структуры, вида зерна и частоты чередующегося поля. Влияние отдельных факторов различно. С точки зрения применимости датчика для измерения влажности необходимо исключить другие факторы или ограничить их до минимума.

Что касается конструкции, емкостные датчики можно решить тремя принципиальными способами: желобчатой формы (А), воронкообразной (Б) и полозной (В).

При лабораторных испытаниях наилучшие результаты были достигнуты датчиком Б,

у которого электромагнитное поле внутри датчика лучше всего расположено и внешний электрод заземлен, что одновременно действует в качестве экранирования. Точность датчика А зависит от изменчивости слоя зерна, а у датчика В, помимо прочего, и от переменного давления датчика на слой зерна.

Some Properties of Capacity Catchers for Continuous Measuring of the Water Contents with Grains

Capacity catchers can be used to advantage for continuous measuring of water contents with loose materials (grains). The catcher with grains presents a capacitor, the properties of which depend on dielectric constant, humidity, temperature, structure, kind of grains and frequency of the pulsating field. Influence of the different factors is variable. From the viewpoint of the catcher utilization for the humidity measurements it is necessary to suppress the other factors or to reduce them to the minimum.

As to design, there are three main ways, i. e. the trough shape (A), the hopper type (B) and the skid type (C).

In laboratory tests, the best results were obtained with the catcher type B, with which the electromagnetic field inside the catcher was best distributed and the outer electrode earthed, thus simultaneously effecting as shading. With the catcher A, the accuracy is effected by the variable layer of grains, with the catcher C also the variable pressure of the catcher on the layer of grains.

Einige Eigenschaften von Kapazitätsabnehmern zur durchlaufenden Messung der Kornfeuchtigkeit

Kapazitätsabnehmer finden vorteilhaft Verwendung zur durchlaufenden Messung der Feuchtigkeit von Schüttgütern (Korn). Der Abnehmer mit Getreide stellt einen Kondensator dar, dessen Eigenschaften von der dielektrischen Konstante, Feuchtigkeit, Temperatur, Struktur, Kornsorte und Wechselfrequenz abhängig sind. Die Auswirkung von Einzelfaktoren ist unterschiedlich. Aus der Sicht der Einsatzfähigkeit des Abnehmers für die Feuchtigkeitsmessung müssen andere Faktoren unterdrückt oder auf Minimum reduziert werden.

Konstruktionsmäßig kann der Kapazitätsabnehmer in drei grundsätzlichen Arten gelöst werden: in der Form eines Troges (A), Schüttrichters (B) und Streiche (C).

Während der Laborversuche wurden die besten Ergebnisse mit dem Abnehmer B erzielt, bei dem das elektromagnetische Feld im Inneren des Abnehmers am besten verteilt und die Außenelektrode geerdet ist, wobei sie gleichzeitig als Abschirmung wirkt. Bei dem Abnehmer A wird die Genauigkeit durch die veränderliche Kornschicht, bei dem Abnehmer C überdies noch durch den veränderlichen Druck des Abnehmers auf die Kornschicht beeinflusst.

Quelques propriétés des capteurs capacitifs, utilisés à la mesure ininterrompue de l'humidité des céréales

Les capteurs capacitifs peuvent être utilisés avec avantage à la mesure continue de l'humidité des matières mouvant (céréales). Le capteur avec les céréales représente un condensateur, dont les propriétés dépendent de la constante diélectrique, de l'humidité, de la température, de la structure, de la sorte de céréales et de la fréquence du champ alternatif. L'influence des facteurs particuliers est différente. Du point de vue de l'applicabilité du capteur à la mesure de l'humidité il est nécessaire d'inhiber les autres facteurs ou de les limiter à minimum.

Au point de vue de la construction, le capteur capacitif peut adopter les trois formes principales suivantes: La forme en auge (A), la forme en trémie (B) et la forme en ski (C).

Au cours des essais de laboratoire on a obtenu les meilleurs résultats avec le capteur B, dont le champs électromagnétique à l'intérieur est le mieux étalé, l'électrode extérieure étant mise à terre, ce qui lui fait simultanément jouer le rôle de bouclier. En ce qui concerne le capteur A, c'est la couche variable des céréales qui influence sa précision et quant au capteur C c'est en outre la pression variable du capteur sur la couche de céréales qui est importante.

Adresa autorů:

Ing. Václav Vít ek, Vysoká škola zemědělská, fakulta mechanizace, katedra elektrizace a automatizace, Praha-Suchbál

Pro potřeby zemědělské techniky a technologie se ukazuje nutné znát základní fyzikální parametry zemědělských hmot a plodin. Měřením těchto fyzikálních parametrů se zabývá nově vznikající zemědělský vědní obor — agrofyzika. Na agrofyzikální měření lze přímo aplikovat řadu známých fyzikálních metod používaných v jiných oborech. Mezi tyto aplikace patří také použití metod založených na absorpci radioaktivního záření.

Absorpce radioaktivního záření beta se používá velmi často v průmyslu k měření látkového složení, tloušťky, hustoty nebo plošné váhy materiálů [3]. V zemědělských aplikacích je známo především použití absorpce záření gama při sledování obsahu vody v půdě, nebo při měření hmoty porostu pro odhad sklizně v polních podmínkách. U listů rostlin bylo v poslední době použito absorpce záření beta k měření změn ve vodním stavu listů rostlin [6, 7, 8, 10]. Měření absorpce záření beta je nedestruktivní a bezkontaktní, a je proto vhodné i k měření na neporušených rostlinách.

Tímto způsobem byly měřeny změny ve vodním stavu listů v závislosti na vnějších faktorech jako jsou teplota, světlo, obsah vody v půdě a vlhkost vzduchu. Protože se při všech těchto měřeních vychází z měření plošné váhy listu, je třeba zajistit, do jaké míry lze pro absorpci záření beta listy rostlin použít vztahů platných pro homogenní vzorky.

K stanovení absorpce záření beta v homogenním vzorku, jehož látkové složení se během měření nemění a který má ve všech místech stejnou plošnou váhu, se vychází ze vztahu

$$I = I_0 e^{-\mu R} \quad (1)$$

nebo z jeho logaritmického tvaru

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu R \quad (2)$$

kde: I — intenzita prošlého záření
 I_0 — intenzita dopadajícího záření
 μ — hmotový koeficient absorpce
 R — plošná váha vzorku v místě měření

Vztah (1) platí za předpokladu bodového zářiče, jednoduchého spektra beta a tehdy, je-li plošná váha dostatečně menší než vrstva úplné absorpce. Hmotový koeficient absorpce je úměrný především elektronové hustotě látky. U lehkých prvků je tento koeficient prakticky stejný s výjimkou vodíku, který má vzhledem ke své dvojnásobné elektronové hustotě přibližně dvojnásobný koeficient absorpce.

Listy rostlin obecně nesplňují předpoklad homogenního vzorku stejného složení. Mají různou morfologickou stavbu a jsou složeny ze dvou základních složek: vody a sušiny. Protože se sušina skládá z organických látek, kde poměrné zastoupení vodíku je nižší než u vody, bude mít menší elektronovou hustotu než voda a také o něco nižší koeficient absorpce. Nejsou-li změny obsahu vody příliš velké, je vliv různého poměru vody a sušiny na výsledný koeficient absorpce zanedbatelný. Daleko větší vliv na absorpci záření bude mít nerovnoměrné rozložení hmoty v ploše listu. Už v prvních pracích [9], týkajících se absorpce záření beta v listech, bylo zjištěno, že koeficienty absorpce záření listy rostlin, vypočítané z rovnice (1), se značně liší od hodnot, které by odpovídaly vzorku stejného látkového složení, jako je list rostliny. Největší nerovnoměrnost v plošné váze způsobují cévní svazky, jejichž plošná váha až několikanásobně převyšuje plošnou váhu asimilačního pletiva listu. Pro takové nerovnoměrné vzorky byl odvozen vztah [4]:

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu \bar{R} + \ln \frac{1}{S} \iint_S e^{-\Delta R(x,y)} dx dy \quad (3)$$

kde: $\Delta R(x, y) = R(x, y) - \bar{R}$ udává odchylky plošné váhy R od průměrné plošné váhy $\bar{R}$

S — plocha měřeného místa listu

Při vysychání listu, tj. při ztrátě vody v listu, lze předpokládat, že relativní rozložení plošné váhy se nemění a že je popsáno funkcí

$$k(x, y) = \frac{\Delta R(x, y)}{\bar{R}} \quad (4)$$

Do rovnice (3) dosadíme za ΔR hodnoty z rovnice (4). Po dvojnásobném rozvoji exponenciálního členu na pravé straně rovnice v řadu a po zanedbání vyšších členů bude

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu \bar{R} + \frac{\mu^2 \bar{k}^2}{2} \bar{R}^2 \quad (5)$$

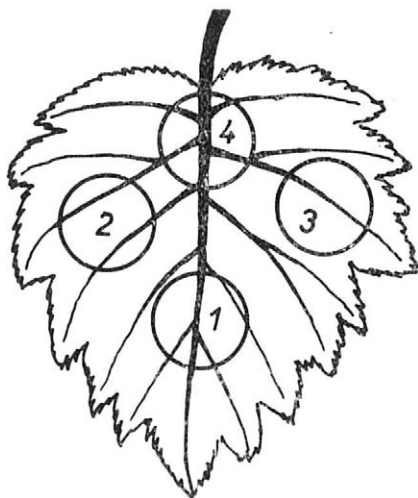
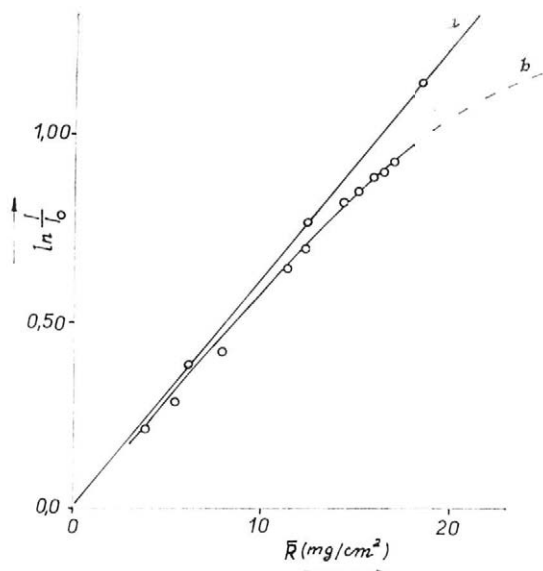
kde: $\bar{k}$ — střední relativní kvadratická odchylka plošné váhy od průměrné hodnoty v měřeném místě listu

$$\bar{k}^2 = \frac{1}{S} \iint_S k^2(x, y) dx dy \quad (6)$$

Na obrázku 1 je znázorněna závislost logaritmu propustnosti záření na plošné váze hliníku (a) a na průměrné plošné váze listu ibišku (b) při vysychání. Jak ukazuje obrázek, propustnost záření pro listy rostliny je větší než pro hliník, což je v soulasu s teoretickou křivkou získanou podle vztahu (5), kterou jsou naměřené body proloženy. Jestliže se při zvyšování plošné váhy listu vytvoří na některých listech vrstva, která úplně absorbuje záření beta, nastává rychlý zlom křivky (b) a záření prochází jen těmi místy pletiva

listu, která mají minimální plošnou váhu. Tímto způsobem byla odhadnuta minimální plošná váha listů molice a pšenice [4].

Někteří autoři [2] používají ke kalibraci měření plošné váhy listů hliníkových fólií. Vzhledem k rovnici (5) mohou při takovém způsobu kalibrace vznikat značné chyby. V tabulce I jsou uvedeny přesně zjištěné plošné váhy listu maliníku v označených místech (obr. 2) a jim odpovídající plošné váhy hliníku, které vykazují stejnou absorpci. Největší



1. Absorpce záření v hliníku (a) a v listu ibišku (b)

2. List maliníku s vyznačenými místy měření absorpce

odchylka je u řapíku listu, kde jsou cévní svazky nejmohutnější. Odchylky jsou mnohem větší než chyby měření. V tabulce je uvedena také hodnota $\bar{k}$, charakterizující stavbu listu maliníku v daném místě. Pro porovnání je uvedena také průměrná hodnota $\bar{k}$ pro list ibišku, který vzhledem ke své morfologické stavbě má rovnoměrnější rozložení plošné váhy, a tím i nižší hodnotu $\bar{k}$.

Z uvedených experimentálních výsledků plyne, že pro kalibraci měření je nutno použít týchž listů a měřit ve stejném místě listu. Pro nepříliš velké změny plošné váhy

I. Hodnota k charakterizující stavbu listu maliníku v daném místě

Maliník		Hliník	Odchylka	Chyba měření	k	
místo	R (mg/cm ²)				maliník	ibišek
1	13,4	11,6	13,8	2	0,39	0,22
2	12,5	10,7	14,4	2	0,42	
3	12,5	10,0	20,0	2	0,48	
4	19,7	11,8	40,0	2	0,54	

lze část křivky na obrázku 1b nahradit přímkou (obr. 3). V takovém případě pro logaritmus propustnosti záření platí

$$\ln \frac{I}{I_0} = -a - b \bar{R} \quad (7)$$

Při měření váhové bilance celého listu, např. při sledování změn v obsahu vody v listu, je vhodné u kalibrační křivky vycházet z celkové váhy listu místo z průměrné plošné váhy.

OPTIMÁLNÍ PŘESNOST MĚŘENÍ PLOŠNÉ VÁHY A VOLBA ZÁŘIČE

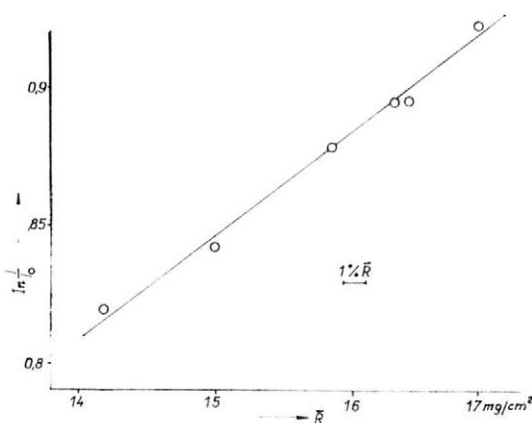
Bude-li celková účinnost měření stálá, bude chyba měření závislá na statistice radioaktivního rozpadu a při použití přímo ukazujících měřičů četnosti také na chybě přístroje. Literatura [1, 2, 3] uvádí pro první případ optimální přesnost měření při plošné váze

$$R_{opt}(statist) = \frac{2}{\mu}$$

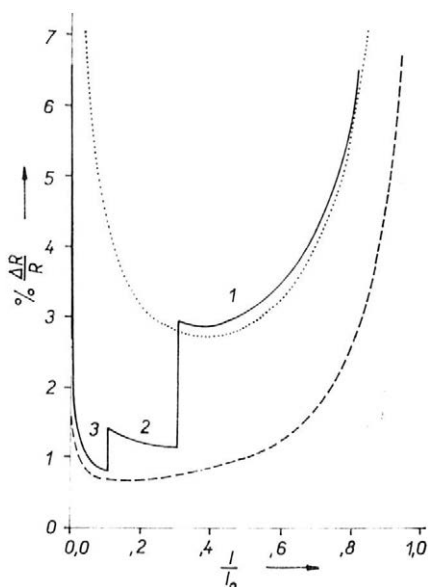
a pro druhý případ

$$R_{opt}(přístř) = \frac{1}{\mu}$$

U listů rostlin, kde předem není známa ani velikost plošné váhy, ani koeficient absorpce, je lépe vycházet z poměru prošlého a dopadajícího záření. Tímto způsobem lze odvodit vztah pro optimální přesnost, v němž se koeficient absorpce nevyskytuje a který je obecně platný pro jakýkoliv zářič. Při odvození se vychází z rovnice (1). Derivací této rovnice a po dosazení za μ z rovnice (2) a za předpokladu malých změn platí pro relativní chybu plošné váhy vztah (8), uvedený na str. 457.



3. Kalibrační křivka po malé změně plošné váhy listu ibišku



4. Chyba měření plošné váhy v závislosti na propustnosti záření
 ----- statistická chyba;
 chyba přístroje;
 ————— celková chyba

Rozsah imp. min.⁻¹: 1 – 100 000, 2 – 30 000, 3 – 10 000

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\frac{\Delta I}{I_0}}{\frac{I}{I_0} \ln \frac{I}{I_0}} \quad (8)$$

kde: ΔR — změna plošné váhy, odpovídající změně prošlého záření ΔI

Střední relativní kvadratická chyba, způsobená statistikou radioaktivního rozpadu, je dána známým vztahem

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{I \cdot t}} \quad (9)$$

kde: I — četnost impulsů
 t — doba měření

U měřičů četnosti je doba měření rovna dvojnásobné časové konstantě integračního obvodu [1]. Pro změnu impulsů, způsobenou chybou přístroje, můžeme psát

$$\Delta I = \delta \cdot I_{rozs} \quad (10)$$

kde: δ — relativní chyba přístroje
 I_{rozs} — příslušný rozsah stupnice

Po dosazení vztahů (9) a (10) do (8) a po geometrickém součtu obou chyb je výsledná chyba

$$\frac{\Delta R}{R} = \sqrt{\frac{\sigma_0^2}{\frac{I}{I_0} \ln^2 \frac{I}{I_0}} + \left[\frac{\delta \frac{I_{rozs}}{I_0}}{\frac{I}{I_0} \ln \frac{I}{I_0}} \right]^2} \quad (11)$$

kde: $\sigma_0 = \frac{1}{\sqrt{I_0 \cdot t}}$

Chyba plošné váhy, způsobená statistikou rozpadu, má minimální hodnotu pro poměr

$$\left(\frac{I}{I_0} \right)_{stat} = e^{-2}$$

Chyba plošné váhy, způsobená činností přístroje, má minimální hodnotu pro

$$\left(\frac{I}{I_0} \right)_{přístř} = e^{-1}$$

ale jen tehdy, je-li rozsah přístroje rovný počáteční četnosti impulsů I_0 . Snižováním rozsahu přístroje je možné tuto chybu snižovat.

Na obrázku 4 je nakreslen průběh obou těchto chyb a také výsledné chyby pro $\sigma_0 = 0,5 \%$, $I_0 = 100\,000 \text{ imp. min}^{-1}$, $\delta = 1 \%$ a pro rozsahy 100 000, 30 000 a 10 000

imp. min⁻¹. U listů rostlin se vzhledem k rovnici (7) posouvá optimální hodnota poměru $\frac{I}{I_0}$ směrem k vyšším absorpcím. Dosazením z rovnice (7) do (8) a zjištěním minimální hodnoty chyby bude pro statistickou chybu optimální přesnost při poměru

$$\left(\frac{I}{I_0}\right)_{stat} = e^{-2-a}$$

a pro chybu přístroje

$$\left(\frac{I}{I_0}\right)_{přistr} = e^{-1-a}$$

Z měření různých listů vyplývá, že optimální plošná váha listů rostlin při měření je rovna přibližně čtyřnásobku polovrstvy hliníku pro daný zářič.

V tabulce II jsou uvedeny vlastnosti některých beta zářičů a rozsahy plošných vah listů rostlin, které lze jimi měřit.

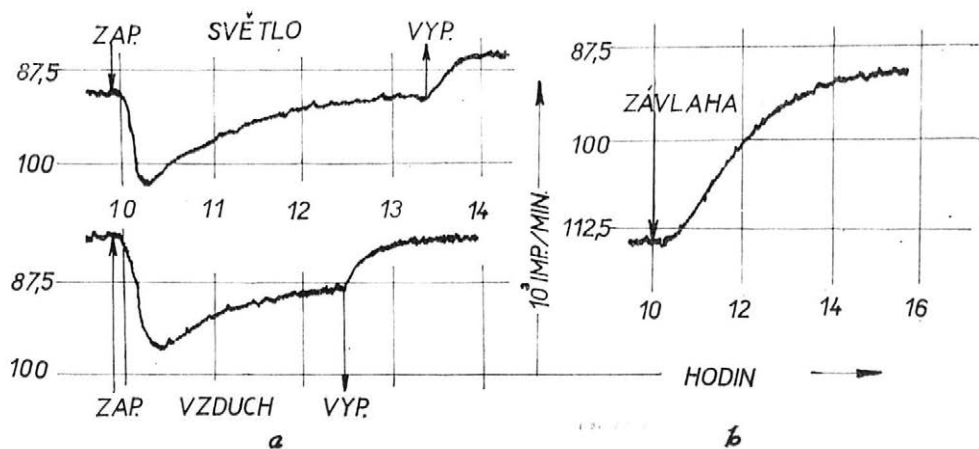
II. Vlastnosti beta zářičů

Zářič	Energie MeV	Poločas τ	R mg/cm ²
C 14	0,155	5570	5 — 15
Pm 147	0,22	2,6	10 — 30
Tc 99	0,29	2.10 ⁵	15 — 45
Tl 204	0,76	4	50 — 150

ZPŮSOB MĚŘENÍ ABSORPCE

K měření absorpce záření beta jsou nejvhodnější GM počítače s dekadickým reduktorem. Mezi GM trubici s vymezenou plochou okénka a zdroj záření se umístí list rostliny. Aby při měření nevznikly chyby změnou polohy listu, je list umístěn do držáku s osovým křížem, jehož pomocí se dá přesně nastavit stejná poloha listu při dalším měření. Změnou vzdálenosti zářiče od okénka GM trubice lze nastavit vhodnou počáteční hodnotu četnosti impulsů. Je-li žádoucí nepřetržité sledování plošné váhy listu, je třeba použít měřiče četnosti, který udává přímo četnost impulsů za dobu odpovídající časové konstantě integračního obvodu. Při sledování vlivu vnějších podmínek na změny plošné váhy listů musí být zářič umístěn tak daleko, aby neovlivňoval přístup vzduchu a světla k listu. Při velkých vzdálenostech zářiče od okénka počítací trubice absorbuje se značná část záření ve vzduchu a změny v hustotě vzduchu způsobují chyby měření. V našem případě bylo použito jako zářiče promethia o aktivitě asi 1 μ Ci pro měření s dekadickým reduktorem impulsů a zářiče o aktivitě 50 μ Ci při použití měřiče četnosti. Zářič 1 μ Ci byl umístěn v hliníkovém pouzdře a zářič 50 μ Ci v průhledném umaplexovém držáku.

Na obrázku 5 je ukázka registrace záření prošlého listem při sledování změn plošné váhy listu (obsahu vody) rostliny při změně vnějších podmínek. Při zapnutí světla nebo



5. Registrace změn obsahu vody v listu fazolu pomocí absorpce beta
 a — cyklické změny obsahu vody v listu, vyvolané světlem a teplým vzduchem
 b — růst obsahu vody v listu po závlaze kořenů

proudu teplého vzduchu (obr. 5a) nastávají cyklické změny obsahu vody v listu, které souvisí s regulační činností průduchů [5]. Po závlaze kořenů (obr. 5b) se doplňuje nejdříve vodní deficit v kořenech (počáteční pozvolná část křivky) a teprve pak v listech.

Z Á V Ě R

Metoda absorpce beta umožňuje při vhodné kalibraci měření plošné váhy listů rostlin. Ze změn plošné váhy lze usuzovat na změny obsahu vody a sledovat tak vodní bilanci a vysychání listů. Velikost absorpce v listech rostlin je charakteristická pro způsob rozložení plošné váhy a lze tak kvantitativně posoudit morfologickou stavbu listu. Vhodně volený zářič umožní zmenšit chybu způsobenou statistikou radioaktivního rozpadu a činností měřicího přístroje, a zajistit tak optimální přesnost měření. Výhodou metody je nezávislost měření na vnějších parametrech a možnost měření na neporušených rostlinách.

Došlo dne 20. 5. 1968

Literatura

1. BELL, E. B.: The accuracy of strip-thickness measurement by beta and gamma absorption. *Journal of the institute of metals*, 1957, 86 : 303-309. — 2. EHLE, W. L. - BAWEL VAN, C. H. M. - NAKAYAMA, F. S.: Transpiration water absorption of cotton plants as affected by light and changes in saturation deficit. *Plant Physiology* 41, 71-74, 1966. — 3. FASSBENDER, H.: Úvod do měřicí techniky záření a využití radioizotopů. SNTL Praha 1960. — 4. FOJTÍK, L.: Absorpce záření beta v listech a její použití pro studium vodního stavu listů. 1. Celostátní konference o využití radioizotopů a ionizujícího záření v zemědělství a lesnictví, Praha 1966. Sborník v tisku. — 5. FOJTÍK, L.: Matematický model dynamiky vodního obsahu rostlin. Konference agronomické fakulty VŠZ, Praha 1967. Sborník v tisku.

— 6. JARIVIS, P. G. - SLAYTER, R. O.: Calibration of β gauges for determining leaf water status. *Science*, 1966, 153: 78-79. — 7. MEDERSKI, H. J.: Determination of internal water status of plants by beta ray gauging. *Soil Science*, 1961, 92: 143, 146. — 8. NAKAYAMA, F. S. - EHRLER, W. L.: Beta ray gauging technique for measuring leaf water content changes and moisture states of plants. *Plant Physiology*, 1964, 39: 95-97. — 9. PRÁT, S.: Die Absorption der Beta-Strahlen in den Pflanzen-Blättern und im Holze. *Věstník královské české společnosti nauk. Tř. mat. přír.* 1940. — 10. WHITEMAN, P. C. - WILSON, G. L.: Estimation of diffusion pressure deficit by correlation with relative turgidity and beta radiation absorption. *Australian Journal of Biological Sciences*, 1963, 16: 140-146.

Измерение веса по площади листьев растений при помощи метода абсорбции бета-лучами

В данной статье приводится применение абсорбции бета-лучами при измерении веса по площади листьев. Принимая во внимание то, что вес листьев равномерно распределен по всей площади, для абсорбции нельзя применить простой экспоненциальный закон, а только приблизительно отношение

$$\ln \frac{I}{I_0} - \mu \bar{R} + \frac{1}{2} \mu^2 \bar{k}^2 \bar{R}^2$$

где: $\bar{k}$ характеризует способ распределения веса листа по площади.

Эти теоретические заключения подтверждены путем измерения абсорбции бета-лучами в листьях гибискуса и малины.

В результате большей пропускающей способности лучей у листьев растений, оптимальная точность измерения отклоняется к высшим значениям абсорбции. Значение веса по площади листа с минимальной ошибкой измерения представляет собой приблизительно 4-кратный полуслой абсорбции у алюминия.

Этот метод также пригоден для непрерывного изучения изменения содержания воды в листьях. Приводятся записи измерения изменений содержания воды в листьях растений, которые появляются в результате действия внешних условий.

Determination of Square Weight of the Plant Leaves by the Method of Absorbing the Beta Radiation

The author describes the utilization of the beta radiation absorption for the gauging of the square weight with plant leaves. As the square weight of leaves is uniformly distributed, it is not possible to use a simple exponential law for the absorption, but approximately the relation

$$\ln \frac{I}{I_0} - \mu \bar{R} + \frac{1}{2} \mu^2 \bar{k}^2 \bar{R}^2$$

where $\bar{k}$ characterizes the mode of distribution of the square weight with the leaves.

These theoretical conclusions were proved correct gauging absorption of the beta radiation in the leaves of marsh mallow and raspberry.

Due to a higher permeability of radiation with plant leaves the optimum accuracy of gauging is shifted to higher values of absorption. The value of square weight of a leaf with a minimum error in gauging represents about a fourfold of semi-layer of absorption with aluminium.

The method is suitable for a continuous method of determining the changes of water contents in leaves. The author gives records measured in changing water contents in plant leaves, coming forth due to outer conditions.

Messung des Flächengewichtes der Pflanzblätter durch die Methode der Betastrahlungsabsorption

In der Abhandlung ist die Anwendung der Betastrahlungsabsorption zur Messung des Flächengewichtes von Blättern enthalten. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß das Blattflächengewicht gleichmäßig verteilt ist, kann man für die Absorption nicht das einfache Exponentialgesetz anwenden, sondern annähernd die Beziehung

$$\ln \frac{I}{I_0} = \mu \bar{R} + \frac{1}{2} \mu^2 \bar{k}^2 \bar{R}^2$$

wo $\bar{k}$ die Art der Verteilung des Blattflächengewichtes kennzeichnet.

Diese theoretische Ausführungen sind durch Messung der Betastrahlungsabsorption in den Blättern des Eibisches und des Himbeerstrauches belegt.

Infolge einer höheren Strahlungsdurchlässigkeit bei den Pflanzenblättern wird die optimale Meßgenauigkeit an höhere Absorptionswerte verschoben. Der Wert des Blattflächengewichtes mit minimalem Meßfehler stellt ungefähr das Vierfache der Absorptionshalbfäche bei Aluminium dar.

Die Methode ist auch zur kontinuierlichen Verfolgung der Änderungen des Wassergehaltes in den Blättern geeignet. Es werden die durch Wirkung von Nebenbedingungen entstehenden Aufzeichnungen über die Messung der Änderungen des Wassergehaltes in den Pflanzenblättern angeführt.

Mesurage du poids des feuilles de plantes à l'unité carrée, en appliquant la méthode d'absorption du rayonnement bêta

Dans le travail on indique l'emploi de l'absorption du rayonnement bêta à la mesure du poids des feuilles par unité carrée. Etant donné le fait que le poids à l'unité carrée des feuilles est uniformément réparti, on ne peut pas utiliser pour l'absorption la loi exponentielle simple, mais plutôt le rapport:

$$\ln \frac{I}{I_0} = \mu \bar{R} + \frac{1}{2} \mu^2 \bar{k}^2 \bar{R}^2$$

où $\bar{k}$ caractérise le mode de répartition du poids de la feuille à l'unité carrée.

Ces déductions théoriques sont confirmées par la mesure de l'absorption du rayonnement bêta dans les feuilles d'althée et de framboisier.

Par suite d'une transmission plus forte du rayonnement appliqué aux feuilles des plantes, la précision optimale du mesurage se déplace vers des valeurs plus élevées de l'absorption. La valeur du poids de feuille à l'unité carrée représente à peu près le quadruple de demi-couche de l'absorption lorsqu'il s'agit de l'aluminium.

La méthode convient également à l'étude continue des modifications de la teneur en eau dans les feuilles. On indique les enregistrements de mesurages, relatifs aux modifications de la teneur en eau dans les feuilles des plantes qui sont dues à l'action des conditions extérieures.

Adresa autora:

Ladislav Fojtík, Vysoká škola zemědělská, fakulta agronomická, katedra biofyziky a fyziologie rostlin, Praha - Suchbát

Četné pokusy i praktické zkušenosti ukázaly, že ultrafialové ozařování hospodářských zvířat má příznivý vliv jak na jejich zdravotní stav a užitkovost, tak na stájové prostředí a podmínky pro obsluhu [6, 7]. Rovněž bylo zjištěno, že k zajištění vysoké efektivity ozařování musí být splněny určité zootechnické, organizační a technické zásady. Jednou z těchto zásad je správná volba ozařovacího systému.

UMĚLÉ ZDROJE ULTRAFIALOVÉHO ZÁŘENÍ A JEJICH BIOLOGICKÁ ÚČINNOST

Otázka volby vhodného zdroje záření souvisí s problematikou biologických účinků jednotlivých oblastí ultrafialového záření, zejména oblasti UV-B a krátkovlnné oblasti UV-C. I když vliv těchto oblastí na celkovou stimulaci organismu zvířat není zatím zcela vyjasněn, lze na základě výsledků dosavadních pokusů vyslovit jisté praktické závěry.

Barott [1] a Carson [2] ukázali, že při ozařování drůbeže krmené směsí s dostatečným obsahem vitamínových a různých stimulačních doplňků nepřináší průkazný efekt použití zářičů, emitujících pouze záření UV-B a UV-A. Naopak výrazného efektu bylo dosaženo při použití zářičů emitujících krátkovlnné záření oblasti UV-C. Podle pokusů Osetrova, Kukenise a Sokase [10], Swahna a Olofsona [11] působí toto záření, spolu se zářením oblasti UV-B, příznivě i při ozařování selat a prasat.

Lze tudíž předpokládat, že nejvhodnějšími zdroji jsou vysokotlaké rtuťové výbojky a výbojky germicidní. Méně vhodné a omezené použití mají erytemální výbojky, které nevysílají záření oblasti UV-C. Emitují-li tyto zdroje i záření vlnových délek kratších než 200 nm, vytváří se ozón a dochází k významné ionizaci ovzduší stáji, což působí příznivě jak na zvířata, tak i na kvalitu prostředí a na obsluhující personál.

Na základě uvedených a dalších provozních pokusů s ozařováním zvířat i na základě exaktních pokusů uskutečněných v humánní medicíně se dospělo ke stanovení soustavy biofyzikálních veličin, hodnotících účinky ultrafialového ozáření z hlediska celkové stimulace biologické činnosti živých organismů. Tyto veličiny i jejich jednotky byly definovány na základě energetických jednotek ozáření a na základě relativní erytemální citlivosti organismu [5] a jsou zakotveny v československé oborové normě ON 46 7309 [8]. Jednotkou intenzity stimulujícího ozáření je podle této normy Er m^{-2} , popř. $\text{mEr m}^{-2} = 10^{-3} \text{ Er m}^{-2}$.

K posouzení vlivu ultrafialového záření na mikroklima stájového prostředí, zejména s ohledem na snížení množství mikroorganismů v ovzduší, se používá ještě tzv. germicidních jednotek. Jednotkou intenzity germicidního ozáření je bakt, značka b, popř. mb.

Biofyzikální účinnost některých výbojek, kterých lze používat v zářičích k ozařování

I. Technické údaje vysokotlakých a germicidních výbojek

	Typ	Výrobce	Délka výboje (mm)	Příkon výbojky (W)	Intenzita ozáření při $r = 1\text{ m}$		
					UV celkem ($\mu\text{W cm}^{-2}$)	erytemální (mEr m^{-2})	germicidní (mb m^{-2})
Vysokotlaké	THK 101	ČSSR	30	100	119	194	198
	THK 300	ČSSR	125	250	206	343	430
	RVK 125	ČSSR	30	125	216	460	700
	RVK 250	ČSSR	52	250	502	978	1560
	RVK 400	ČSSR	73	400	1072	2105	2550
	PRK 2	SSSR	125	375	447	786	1050
	PRK 7	SSSR		1000	1570	2660	3700
	Q 400	NSR	30	120	255	278	610
	Q 700	NSR	180	500	510	800	1090
Germicidní	NN 15/4	NSR	340	15	40	135	400
	NN 30/89	NSR	790	30	92	310	920
	RNG 30 W	ČSSR	790	30	80	270	800

hospodářských zvířat a násadových vajec, je uvedena v tabulce I. Jsou v ní uvedeny jednak československé výběrové typy vysokotlakých rtuťových výbojek řady THK, vysokotlaké rtuťové výbojky nové řady RVK, germicidní zářivky RNG, a také některé zahraniční výrobky.

Při návrhu ozařovacích systémů musíme určit takové parametry, aby zvířata byla denně ozářena optimální dávkou. Východí hodnotou bývá zpravidla intenzita ozáření, kterou způsobí zářivý tok zářiče v místě pobytu zvířat. Vzhledem k tomu, že ultrafialové záření je absorbováno celým povrchem zvířat, je třeba uvažovat střední intenzitu ozáření na celém tomto povrchu. Vzhledem ke geometricky nedefinovatelnému tvaru zvířat je však tato úloha neřešitelná, uvažuje se proto střední intenzita ozáření na kulové ploše. Tato tzv. sférická intenzita ozáření E_s je dána podílem zářivého toku Φ dopadajícího na kouli a plochy polokoule. Zářivý tok dopadající na kouli je

$$\Phi = E_{\perp} \pi \rho^2$$

kde: $E_{\perp}$ — intenzita ozáření na rovině kolmé k dopadajícímu záření
 ρ — poloměr koule

Sférická intenzita ozáření je

$$E_s = \frac{E_{\perp} \pi \rho^2}{2 \pi \rho^2} = 0,5 E_{\perp}$$

tedy přímo úměrná intenzitě ozáření na ploše kolmé k dopadajícímu záření. Je ovšem třeba dohody, že tímto způsobem budou stanoveny též předepsané optimální dávky ozáření. V žádném případě nelze hodnotit intenzitu biologicky aktivního ozáření na vodorovné rovině, jako se to děje ve světelné technice.

Různé ozařovací systémy byly popsány v dřívějších pracích [3, 4, 6]. K ozařování násadových vajec a k jednorázovému ozáření vylihnutých kuřat jsou vhodné stojanové zářiče s vysokotlakými výbojkami. Ve stájích s volným ustájením zvířat je nejlépe instalovat pevně zabudované stacionární zářiče. Ozařovače světlometného typu, zavěšené v páru proti sobě na čelních stěnách ozařovaného prostoru, s optickou osou skloněnou o 5 až 15° od vodorovné roviny [4], se v provozu neosvědčily. Mají příliš vysoký jas, který je nepříjemný pracovníkům ve stájích i zvířatům. Při našich pokusech s ozařováním telat a slepic těmito zářiči docházelo u zvířat k zánětlivým onemocněním očního epitelu.

Mnohem výhodnější se ukázaly pevně zabudované stropní zářiče. Ty mohou být buď s nízkotlakými erytemálními a germicidními zářivkami, nebo s vysokotlakými výbojkami.

Diagram zářivosti zářičů s nízkotlakými zářivkami v běžné zářivkové armatuře bez speciální úpravy reflektoru je v rovině procházející podélnou osou zářivky

$$I_{\alpha p} = I_0 \cos \alpha \quad (1)$$

a v rovině kolmé k ose zářivky

$$I_{\alpha k} = I_0 = \text{konst} \quad (2)$$

kde: I_{α} — zářivost na směru odchýleném o úhel α od svislé osy zářiče
 I_0 — zářivost ve směru svislé osy zářiče

Vypočítejme, jaké lze dosáhnout intenzity ozáření na vodorovné porovnávací rovině ozařované zářivkami. Vzdálenost zářičů nad porovnávací rovinou nechť je R_0 . Uvažujme nejprve ozáření bodu A_p , ležícího na průsečnici svislé roviny procházející podélnou osou zářivky a vodorovné porovnávací roviny. Bod A_p má od průsečíku svislé osy zářiče s vodorovnou porovnávací rovinou vzdálenost b . Přímá vzdálenost bodu A_p od zářiče je R , úhel spojnice uvažovaného bodu se středem zářiče a svislé osy zářiče je α . Intenzita ozáření v bodě A_p , měřená kolmo k dopadajícímu paprsku, je

$$E_{Ap} = \frac{I_{\alpha p}}{R^2} = I_0 \frac{\cos^3 \alpha}{R_0^2} = I_0 \frac{R_0}{\sqrt{(R_0^2 + b^2)^3}} \quad (3)$$

Uvažujeme-li bod A_k , ležící na průsečnici roviny kolmé k podélné ose zářivky a vodorovné porovnávací roviny, vzdálený od průsečíku svislé osy zářiče s vodorovnou rovinou o a , je

$$E_{Ak} = I_0 \frac{\cos^2 \alpha}{R_0^2} = I_0 \frac{R_0}{R_0^2 + a^2} \quad (4)$$

Chceme-li znát, jakou plochu ozáří jeden zářič, musíme vzít v úvahu koeficient rovnoměrnosti ozáření. Tento koeficient udává poměr minimálního a maximálního ozáření na ozařované ploše. Při ultrafialovém ozařování zvířat požadujeme, aby koeficient rovnoměrnosti byl 0,4 až 0,5.

Maximální intenzita ozáření je zpravidla pod zářičem. Její velikost je

$$E_{max} = \frac{I_0}{R_0^2} \quad (5)$$

Požadujeme-li, aby ve zvolených bodech A_p , A_k byla nejmenší intenzita ozáření, jsou koeficienty rovnoměrnosti

$$k_p = \frac{E_{A_p}}{E_{max}} = \sqrt{\left(\frac{R_0^2}{R_0^2 + b^2}\right)^3} \quad (6)$$

$$k_k = \frac{R_0^2}{R_0^2 + a^2} \quad (7)$$

Předpokládejme, že zářiče jsou instalované na stáji v řadě tak, že podélné osy zářivek jsou vzájemně rovnoběžné. Z rovnice (6) vychází při zvolené rovnoměrnosti 0,5 šířka prostoru ozařovaného jedním zářičem

$$2b_{0,5} = 1,54 R_0$$

Ve směru příčném provedeme výpočet pro $k_k = 0,25$, protože v polovině vzdálenosti mezi dvěma sousedními zářiči se intenzity ozáření počítají vždy od obou sousedních zářičů, takže výsledná rovnoměrnost je opět 0,5. Dosazením do rovnice (7) s úpravou dostaneme

$$2a_{0,5} = 3,46 R_0$$

Jedním zářičem tedy můžeme ozářit plochu P_S rovnou přibližně

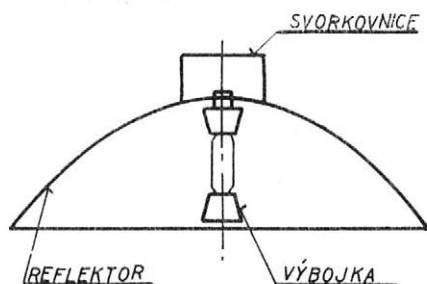
$$P_S = 1,54 \cdot 3,46 R_0^2 \approx 5 R_0^2$$

Při výšce závěsu zářičů 2 až 2,5 m nad porovnávací rovinou lze tedy s jedním zářičem počítat na 20 až 30 m² podlahové plochy.

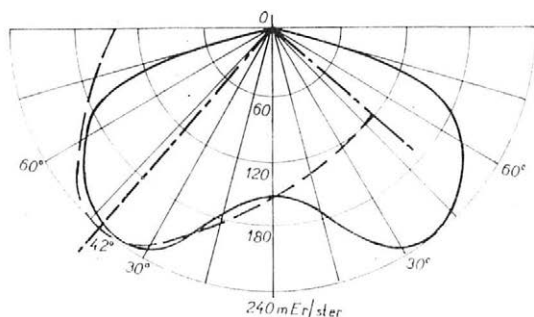
Výhodnější diagram zářivosti lze získat při použití širokozářičů s vysokotlakými výbojkami. Umístí-li se výbojka tak, aby osa výboje byla totožná s optickou osou zářiče, jak je znázorněno na obrázku 1, sníží se vyzařování v optické ose zářiče a největší zářivosti se dosáhne ve směru 30 až 60° od optické osy. Diagram zářivosti takového zářiče s vysokotlakou rtuťovou výbojkou Tesla RVK 125 (používaný v našich pokusech s ozařováním slepic) je na obrázku 2.

Pokusme se zjistit, jak velkou plochu lze tímto širokozářičem ozářit s rovnoměrností 0,5. Diagram zářivosti lze pro tento účel nahradit částí dvou elips, jejichž hlavní a vedlejší osy jsou v poměru 2 : 1 a jejichž hlavní osy jsou pootočený o úhel 42° od svislé osy diagramu zářivosti. (Jedna z těchto elips je v obr. 2 vyznačena čárkovaně.) Jejich polární středová rovnice je

$$I_\alpha = \frac{I_{max}}{2\sqrt{1 - 0,75 \cos^2(42^\circ - \alpha)}} \quad (9)$$



1. Schéma širokozářiče s vysokotlakou výbojkou RVK 125



2. Diagram zářivosti širokozářiče s vysokotlakou výbojkou RVK 125

Jelikož širokozářič je rotační těleso, jehož osa je totožná s optickou osou zářiče, lze předpokládat, že diagram zářivosti má ve všech svislých rovinách stejný tvar. Intenzita ozáření v libovolném bodě A porovnávací roviny je tedy

$$E_A = I_\alpha \frac{\cos^2 \alpha}{R_0^2} = \frac{I_{max} \cos^2 \alpha}{2 R_0^2 \sqrt{1 - 0,75 \cos^2 (42^\circ - \alpha)}} \quad (10)$$

Přibližným řešením rovnice

$$\frac{dE_A}{d\alpha} = 0$$

stanovíme, že maximální intenzita ozáření E_{max} je pro $\alpha \approx 20^\circ$ a platí

$$E_{max} = 0,72 \frac{I_{max}}{R_0^2} \quad (11)$$

Koeficient rovnoměrnosti v kterémkoliv místě podlahy pak je

$$k = \frac{0,72 \cos^2 \alpha}{\sqrt{1 - 0,75 \cos^2 (42^\circ - \alpha)}} \quad (12)$$

Z uvedené rovnice lze aproximací zjistit, že pro $k = 0,5$ je šířka prostoru ozařovaného jedním zářičem

$$2 b'_{0,5} = 2,8 R_0$$

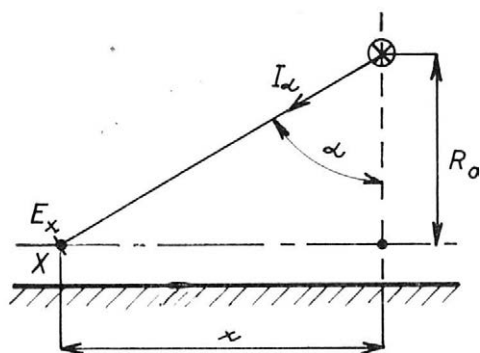
Délka prostoru ozařovaného jedním zářičem v případě, že zářiče jsou instalovány v řadě, je

$$2 a'_{0,5} = 4,3 R_0$$

Jedním širokozářičem uvedené konstrukce lze tudíž ozářit přibližně plochu

$$P_s' = 2,8 \cdot 4,3 R_0^2 \approx 12 R_0^2 \quad (13)$$

3. Schéma k výpočtu intenzity ozáření bodovou metodou



tj. více než dvojnásobek plochy, kterou ozáří se stejnou rovnoměrností nízkotlaké erytemální nebo germicidní zářivky. To má důležitý ekonomický význam, neboť se tím podstatně sníží investiční náklady, které se amortizaci velmi značně podílejí na celkových provozních nákladech ozařovacích systémů.

Systémy stacionárních zářičů musí být denně v činnosti tak dlouho, aby se zajistilo ozáření všech zvířat optimální dávkou. Tato dávka je dána součinem intenzity a doby ozáření, tj.

$$H = E \cdot t$$

Vzhledem k tomu, že v různých místech ozařovaného prostoru je různá intenzita ozáření, uvažuje se při výpočtech střední intenzita, popř. střední dávka ozáření.

Intenzita ozáření se vypočítá bodovou metodou (schéma na obr. 3) podle vzorce

$$E_x = \frac{I_\alpha}{R_0^2} \cos^2 \alpha, \quad \alpha = \arctg \frac{x}{R_0} \quad (14)$$

kde: E_x — intenzita ozáření v místě X porovnávací roviny
 I_α — zářivost zářiče ve směru paprsku protínajícího porovnávací rovinu v místě X
 α — úhel sevřený tímto paprskem a svislicí procházející zářičem
 x — vzdálenost bodu X od průsečíku svislice s porovnávací rovinou
 R_0 — směrodatná výška zářiče, tj. vzdálenost zářiče od porovnávací roviny

Při ozařování více zářiči se intenzita ozáření počítá od každého zářiče zvlášť a výsledky se aritmeticky sečtou. Uvažují se vždy zářiče v nejbližší blízkosti uvažovaného bodu.

Střední intenzita ozáření $E_{stř}$ se vypočítá z diagramu rozložení intenzity ozáření na průsečících příčných svislých rovin s porovnávací rovinou. Zpravidla se sestavují dva diagramy; jeden pro průsečnici příčné svislé roviny procházející zářičem (zářiči), druhý pro průsečnici svislé roviny položené uprostřed mezi dvěma sousedními zářiči v řadě. Zplanimetrováním diagramů a příslušným výpočtem se zjistí střední hodnoty v obou průsečících. Aritmetický průměr obou hodnot je hledaná střední intenzita ozáření. Na základě této hodnoty a předepsané optimální dávky ozáření H se vypočítá denní doba ozáření. Navrhují-li se zářiče s vysokotlakými výbojkami, je třeba vypočtenou dobu prodloužit o část doby potřebné na rozhoření výbojky, (tj. doby od připojení napětí do okamžiku, kdy se elektrické a zářivé parametry výbojky ustálí). Tato doba t_r činí např. u výbojek THK 300 cca 10 minut, u výbojek RVK 125 cca 16 až 20 minut.

Denní doba ozáření stacionárními zářiči se stanoví ze vzorce

$$t = \frac{H}{E_{stř}} + 0,6 t_r \quad (15)$$

VÝPOČET PARAMETRŮ POJÍZDNÝCH OZAŘOVACÍCH SYSTÉMŮ

Ve stájích s řadami kotců, boxů nebo stání lze používat pojízdných zářičů. Protože jsou technicky složitější než stacionární, je jejich použití ekonomicky výhodné až ve větších stájích. Hranice ekonomické výhodnosti závisí na ceně systémů se stacionárními a pojízdnými zářiči. Podle našich výpočtů jsou pojízdné zářiče výhodné ve stájích delších než 25 až 35 m. Pro menší stáje je vždy výhodnější použít stacionárních zářičů, i když jsou zvířata ustájena v kotcích nebo na stáních.

Studovali a ověřovali jsme různé způsoby provedení pojízdných ozařovacích systémů: s adhezním pohonem, s lanovým pohonem, s trolejovým napájením a s napájením ohebnou šňůrou, zavěšenou ve smyčkách na nosném laně pojezdové dráhy zářiče. Jako nejvýhodnější se projevil sovětský systém s lanovým pohonem, u něhož zářiče pojezdějí po lanové dráze a jsou napájeny ohebnou šňůrou (jeho popis viz např. H a š, Ruml [6]). Z hlediska zajištění požadované rovnoměrnosti a z konstrukčního hlediska lze použít jeden zářič pro 30 až 35 m délky stáje, protože v těchto vzdálenostech musí být nosné lano podepřeno. Lanový pohon je ovšem pro všechny zářiče ve stáji společný.

Jako zdrojů záření je výhodné použít opět dříve popsanych širokozářičů, které se zavěsí na vozíky lanové dráhy. Širokozářiče zajistí velmi rovnoměrné ozáření nejen v podélném směru dráhy pojezdu, ale i ve směru napříč dráhy. Kromě toho použitím stejných zářičů pro stacionární i pojízdné systémy lze zvýšit sériovost výroby zářičů, a tím ovlivnit i jejich cenu.

Při výpočtu parametrů pojízdných zářičů je třeba opět brát v úvahu střední intenzitu ozáření, zjišťovanou v každém místě a každém čase na ploše kolmé k dopadajícímu záření. Taková úloha je ovšem velmi nesnadná a prakticky neřešitelná. Vezmeme-li však v úvahu některá zjednodušení, lze dojít k uspokojivým výsledkům. Předně uvažujeme, že dopad záření ze zdroje je určen jen diagramem jeho zářivosti a není omezován žádnými překážkami ve směru pojezdu zářiče. Tento předpoklad lze brát v úvahu, neboť moderní stáje nemají kotce hrazené pevnými dřevěnými přepážkami, ale trubkovou konstrukcí.

Druhým předpokladem je malá odlišnost diagramu zářivosti zářiče v různých rovinách. Tento předpoklad může být splněn použitím dříve uvedeného širokozářiče, ale i použitím jiných zářičů s difúzně odrážejícím reflektorem nerotačního tvaru a s vysokotlakou výbojkou.

Konečně je třeba předpokládat, že poměrné rozložení intenzity ozáření v každé průsečnici porovnávací vodorovné roviny s libovolnou svislou rovinou, kolmou ke směru pojezdové dráhy zářiče, je stálé. Pak také poměr střední hodnoty intenzity ozáření $E_{stř}$ v průsečnici porovnávací roviny se svislou příčnou rovinou, procházející zářičem, a intenzity ozáření E_0 v průsečnici porovnávací roviny se svislou osou zářiče je stálý.

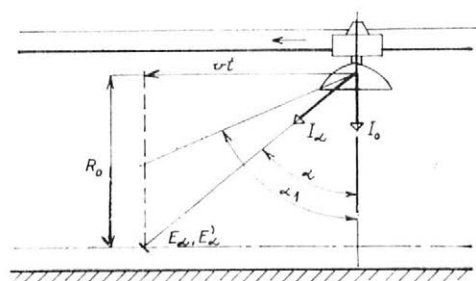
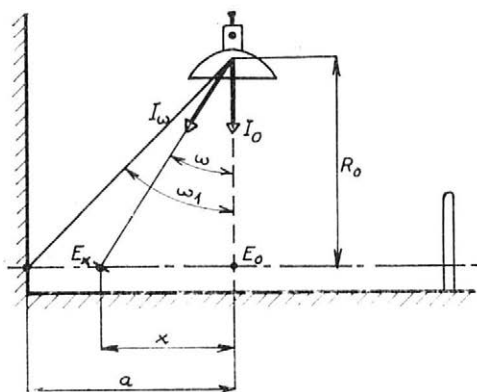
Střední hodnota intenzity ozáření v každé příčné průsečnici je (viz obr. 4)

$$E_{stř} = \frac{1}{a} \int_0^a E_x dx \quad (16)$$

Za předpokladu, že průsečnice leží pod zářičem, je

$$x = R_0 \operatorname{tg} \omega$$

a poměr $E_{stř}/E_0$ je



4. Schéma k výpočtu střední intenzity ozáření v průsečnici porovnávací roviny s rovinou kolmou ke směru pojezdu pojízdného zářiče

5. Schéma k výpočtu střední dávky ozáření pojízdným zářičem

$$\frac{E_{stř}}{E_0} = \frac{1}{\text{tg } \omega_1} \int_0^{\omega_1} \frac{I_\omega}{I_0} d\omega \quad (17)$$

kde: I_ω — zářivost zářiče ve směru určeném úhlem ω
 I_0 — $E_0 R_0^2$

Absolutní hodnota intenzity ozáření ve směru pojezdu zářiče je samozřejmě závislá na přímé vzdálenosti zářiče od ozářeného místa na porovnávací rovině, tj. i na úhlu α (obr. 5). Abychom ovšem respektovali i různost intenzity ozáření v místech napříč pojezdové dráhy, využijme uvedených předpokladů a zavedme za intenzitu ozáření ve směru pojezdu zářiče

$$E_\alpha = E'_\alpha \frac{E_{stř}}{E_0} \quad (18)$$

kde: E'_α — intenzita ozáření na průsečnici porovnávací roviny se svislou rovinou, proloženou pojezdovou dráhou zářiče

Vezmeme-li v úvahu zářivost I_α ve směru α , přičemž

$$E'_\alpha = \frac{I_\alpha}{R_\alpha^2} = \frac{I_\alpha \cos^2 \alpha}{R_0^2} \quad (19)$$

dostaneme pro funkci E_α vztah

$$E_\alpha = I_\alpha \frac{\cos^2 \alpha}{R_0^2 \text{tg } \omega_1} \int_0^{\omega_1} \frac{I_\omega}{I_0} d\omega \quad (20)$$

Dávka ozáření každého bodu ležícího pod pojezdovou dráhou zářiče je

$$H = 2 \int_0^{t_1} E_{\alpha}' dt \quad (21)$$

kde: t_1 — polovina doby, po kterou zářič ozařuje daný bod

Zavedeme-li do rovnice (21) pojezdovou rychlost zářiče v , a namísto intenzity ozáření E_{α}' uvažujeme redukovanou funkci E_{α} , lze vypočtený vztah považovat za střední dávku ozáření, tj.

$$H_{str} = \frac{2 I_0}{v R_0 \operatorname{tg} \omega_1} K \int_0^{\omega_1} \frac{I_{\omega}}{I_0} d\omega \quad (22)$$

$$K = \int_0^{\alpha_1} \frac{I_{\alpha}}{I_0} d\alpha \quad (23)$$

kde: α_1 — mezní úhel, pod kterým vychází záření ze zářiče v rovině proložené pojezdovou dráhou

Hodnota integrálu K je závislá na tvaru reflektoru a umístění zdroje záření a lze ji zjistit grafickou integrací pomocí diagramu zářivosti v pravouhlých souřadnicích (obr. 6) i Podobně lze zjistit i hodnotu integrálu v rovině příčné ke směru dráhy pro úhel ω_1 .

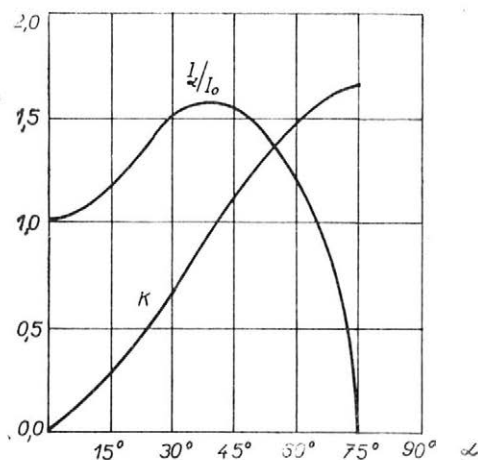
Uvedenou rovnici pro výpočet střední dráhy ozáření lze zjednodušit přijetím dalšího předpokladu — že intenzita ozáření na porovnávací rovině ubývá lineárně ve směru příčném k pojezdové dráze, tj.

$$E_x = E_0 (1 - bx) \quad (24)$$

Pak platí

$$H_{str} = \frac{K}{v R_0} (I_0 + I_a) \quad (25)$$

kde: I_a — zářivost zářiče ve směru ω_1



6. Diagram měrné zářivosti $\left(\frac{I_{\alpha}}{I_0}\right)$ z obr. 2 v ortogonálních souřadnicích a integrační funkce K

Kontroluje-li se dávka ozáření měřením, pak je vhodnější upravit vzorec tak, aby obsahoval intenzitu ozáření na porovnávací rovině pod zářičem (E_0) a intenzitu ozáření na pokraji ozařovacího prostoru, a to ve vzdálenosti a od místa s intenzitou E_0 , v bodě ležícím na rovině procházející zářičem a kolmé ke směru pojezdu zářiče (E_a). Pak je

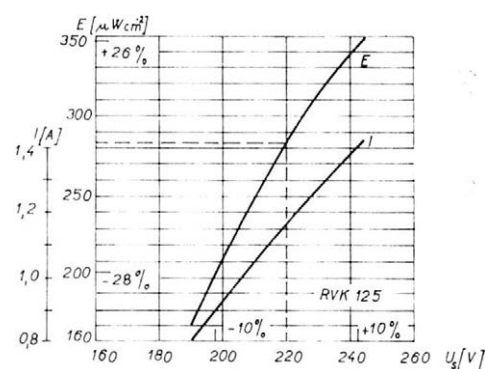
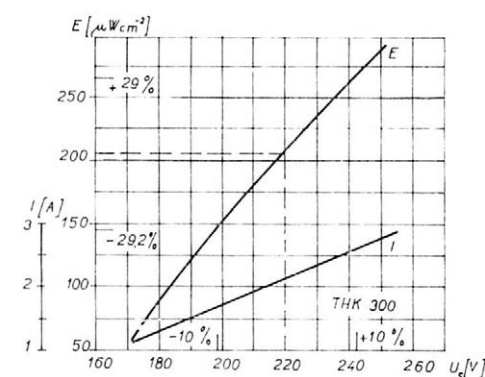
$$H_{stř} = \frac{K R_0}{v} \left(E_0 + \frac{E_a}{\cos^2 \omega_1} \right) \quad (26)$$

VLIV FYZIKÁLNÍCH FAKTORŮ PROSTŘEDÍ NA ZÁŘIVÉ VELIČINY

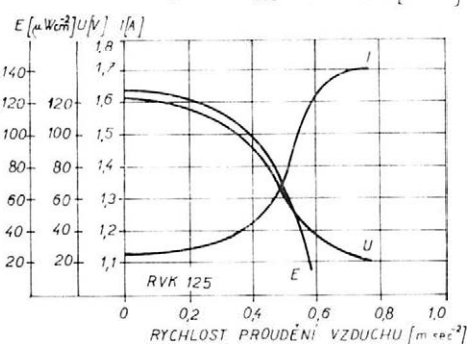
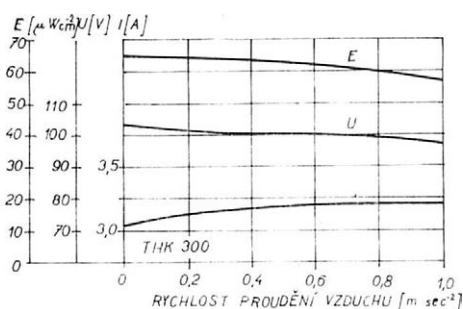
Činnost zářičů ve stájkách je silně ovlivňována různými fyzikálními faktory, zejména prostředím stáji. Působí zde vliv kolísání napětí sítě, změny teploty vzduchu, proudění vzduchu a prašnost. Uvedené vlivy jsme sledovali u pojízdných a stacionárních zářičů s výbojkami Tesla THK 300 a Tesla RVK 125.

Závislost zářivého toku uvedených výbojek na napětí byla sledována v ustáleném stavu. V rozmezí změn napětí $\pm 10\%$ od jmenovité hodnoty napětí sítě je závislost téměř přímková, jak je zřejmé z obrázku 7. Zářivý tok při každé změně napětí o 1% jmenovité hodnoty se mění o 2,6 až 2,9 %, a to tak, že se zvětšujícím se napětím se zvětšuje zářivý tok.

Vliv teploty okolí a proudění vzduchu byl sledován v laboratorních podmínkách. Při změnách teploty v rozmezí od -10 do $+35^\circ\text{C}$ byly změny elektrických



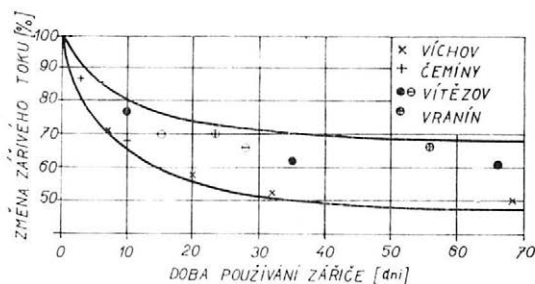
7. Vliv napětí sítě na zářivý tok výbojek THK 300 a RVK 125



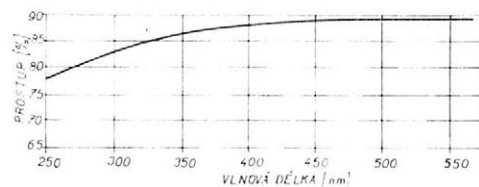
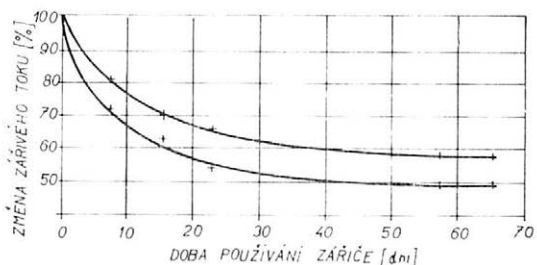
8. Vliv proudění vzduchu na parametry výbojek THK 300 a RVK 125

i zářivých parametrů nepodstatné, a to jak u výbojek THK 300, tak u výbojek RVK 125. Značně větší vliv na elektrické a zářivé veličiny má proudění vzduchu, jak je vidět z obrázku 8. Přitom zřejmě velmi mnoho záleží na konstrukci výbojky. U výbojky Tesla THK 300 byly změny menší než u výbojky RVK 125. Zářivý tok čáry 365 nm při teplotě vzduchu 20 °C a při rychlosti proudění 1 m s⁻¹ byl u výbojky THK 300 o 14 % nižší než v klidném neproudícím vzduchu. U výbojky RVK 125 při rychlosti 0,8 m s⁻¹ silně kleslo napětí na výboji a zářivý tok čáry 365 nm poklesl o 96 %. Výboj jevil vysloveně nízkotlaký charakter. Při rychlosti vzduchu do 0,3 m s⁻¹ změny zářivého toku nepřekročily 10 %.

Vliv prašnosti stájového prostředí byl sledován v odchovných selat a v drůbežárně. V odchovných selat byly sledovány změny intenzity záření od pojízdných zářičů. Koncentrace prachových částic v těchto objektech v místě pohybu zářičů byla 3,4 až 19,1 · 10⁶ m⁻³. V hale pro nosnice s hlubokou podestýlkou byly sledovány stacionární zářiče, v jejichž okolí bylo v průměru 48,6 · 10⁶ prachových částic v jednom krychlovém metru. Průběh snižování intenzity ozáření na podlaze sledovaných prostorů byl velmi zajímavý. Z obrázku 9 je vidět, že již po 30 až 40 dnech používání zářičů klesla intenzita ozáření o 30–50 %. V dalším období byl pokles intenzity ozáření již pozvolný, a to jak u pojízdných (horní diagram), tak stacionárních (spodní diagram) zářičů.



9. Vliv prašnosti na intenzitu ozáření



10. Spektrální prostupnost prachové vrstvy na výbojce

Kromě sledování průběhu intenzity ozáření byl zjišťován i vliv prašnosti na spektrální charakteristiku výbojky THK 300. Na základě porovnání spektrogramů čistých výbojek, které byly v provozu v bezprašném prostředí po dobu 120 hodin, a výbojek používaných v pojízdných zářičích v odchovně selat po dobu 60 dnů po dvě hodiny denně bylo zjištěno, že vrstva prachu ze steliva a krmiva má pro ultrafialovou oblast 260 až 400 nm a zejména pro viditelné záření jen poměrně málo proměnlivou spektrální prostupnost. Z obrázku 10 je vidět, že činitel prostupu prachovou vrstvou činil 0,78 až 0,89.

Z uskutečněných sledování je jasné, že fyzikální vlivy, které působí na zářiče ve stájovém prostředí, mohou značně ovlivnit i dávku ozáření. Z jiných sledování našich i některých zahraničních autorů lze soudit, že velikost dávky ozáření podstatně ovlivňuje účinnost, a tím i efektivnost ozařování. Při používání ultrafialových zářičů je proto

nutné pravidelně sledovat vliv činitelů prostředí a podle změn parametrů záření měnit dobu ozáření nebo rychlost či četnost jízd pojízdných zářičů. Jelikož je účelné budovat ozařovací systémy jako automatické, je nutno volit automatizační prvky regulovatelné tak, aby jejich časové nastavení bylo možno měnit o — 50 až 150 % od hodnoty zjištěné výpočtem při projekci ozařovacího systému.

Z Á V Ě R

Uvedené úvahy a výpočty ukazují, jak volit základní parametry systémů pro ultrafialové ozařování zvířat. Závěry vyplývající z těchto zásad byly začleněny do československé oborové normy ON 46 7309, kde jsou kromě toho uvedeny též zásady pro technické provedení zářičů a pro jejich instalaci a obsluhu.

Došlo dne 20. 5. 1968

Literatura

1. BAROTT, H. G. a kol.: The effect of ultraviolet radiation on egg production of hens. Poultry Science, 1951. — 2. CARSON, J. R. a kol.: Ultraviolet irradiation of the turkey hen. Poultry Science, 1963. — 3. HAŠ, S.: Automatické zařízení pro ozařování hospodářských zvířat ultrafialovými paprsky. Zemědělská technika, 1962, 6: 413-425. — 4. HAŠ, S.: Systémy pro ultrafialové ozařování hospodářských zvířat. Zemědělská technika, 1964, 3: 177-196. — 5. HAŠ, S.: K otázkám hodnocení účinnosti, měření a dávkování biologicky aktivního ultrafialového záření. Zemědělská technika 1965, 12: 755-768. — 6. HAŠ, S. - RUMML, M.: Ultrafialové záření v živočišné výrobě. Praha 1967. — 7. MELJUKOV, A. N.: Ultrafioletovoje oblučeniye životnykh. Moskva 1964. — 8. ON 46 7309: Ultrafialové ozařování hospodářských zvířat. Československá oborová norma, 1968. — 9. SHEETZ, R. S.: Application of ultraviolet radiation to poultry and livestock. Agricultural Engineering, 1951. — 10. OSETROV, P. A. - KUKENIS, D. P. - SOKAS, P. I.: Dějstviye korotkovolnovnykh ultrafioletovykh lučej na sel'skochozjajstvennykh životnykh. Naučnyje trudy Litovskoj s. ch. akademiji, 1963. — 11. SWAHN, O. - OLOFSON, N. E.: Desinfektionslampors inverkan på hälsotillstånd och tillväxt i gödsvinsbesättningar. Svenska Svinavelföreningens Tidsskrift, 1952.

Параметры систем для ультрафиолетового облучения животных

В данной статье обсуждаются мнения о применении ультрафиолетовых облучателей при разведении сельскохозяйственных животных, в частности выбор наиболее подходящего источника облучения.

Наиболее пригодными оказываются разрядные трубки высокого давления, расположенные в оптической оси рефлекторов, так как при помощи их можно облучить площадь в два раза большую, по сравнению с той, которую облучают при такой же равномерности эритемальные люминесцентные лампы или гермицидные разрядные трубки. Как у стационарных, так и у передвижных облучателей необходимо определить их число в животноводческом помещении, высоту расположения, время действия, а при случае и скорость перемещения передвижных облучателей. С этой целью в данной статье проводятся соответствующие вычисления.

В заключительной части описываются физические влияния, как температура, воздушное течение, пыльность, напряжение в сети, которые сильно обуславливают параметры облучения при работе облучателей.

Parameters of the Ultra Violet Radiation Systems for Animals

The paper sums up opinions on the use of ultra violet radiation lamps in the livestock production, notably in connection with the choice of the best suitable radiation sources.

Wide-angle radiators with high pressure discharge lamps, located in the optical axis of the reflectors appear to be very advantageous, as they can cover a double area compared to the area uniformly radiated by low pressure erythema radiator lamps or germicide discharge lamps. Number of radiators in a stable or area, be it stationary or mobile designs, must be determined, as well as their distribution, daily time of operation or the speed of movement with the mobile radiators. To this purpose, the necessary calculations are contained in the paper.

The final part refers to physical influences, such as the temperature, air flow, mains voltage, dust interference etc., affecting the radiation parameters considerably during the operation.

Kennwerte der Systeme für die UV-Bestrahlung der Tiere

Die Abhandlung faßt Meinungen über den Einsatz der UV-Strahler für die Haltung von Nutztieren, vor allem dann die Wahl der zweckmäßigsten Strahlungsquelle zusammen.

Als sehr vorteilhaft erweisen sich Breitstrahler mit in der optischen Reflektorachse angeordneten Hochdruckentladungslampen, denn sie gestatten die Bestrahlung von zweimal so großer Fläche, als durch erythemale Niederdruckleuchtstofflampen oder Germizid-Entladungslampen mit derselben Gleichmäßigkeit bestrahlt werden. Man muß sowohl bei den ortsfesten als auch ortsbeweglichen Strahlern deren Anzahl im Stall, Höhe der Anordnung, Einsatzdauer je Tag, bzw. Vorschubgeschwindigkeit von ortsbeweglichen Strahlern. Zu diesem Zwecke werden dann in der Abhandlung entsprechende Berechnungen durchgeführt.

Im abschließenden Teile werden physikalische Einflüsse, wie Temperatur, Luftströmung, Staubhaltigkeit, Netzspannung erwähnt, die während des Strahlereinsatzes deren Strahlungskennwerte wesentlich beeinflussen.

Paramètres des systèmes destinés pour l'irradiation ultraviolette des animaux

Le travail résume les opinions sur l'emploi des radiateurs à rayons ultraviolets dans l'élevage des animaux de ferme, notamment sur le choix de la source la plus convenable de rayonnement. Il s'occupe en détail de l'emploi des radiateurs stationnaires.

Comme très convenables apparaissent les radiateurs larges, équipés de lampes à haute pression, installées sur l'axe optique des réflecteurs, car on peut ainsi irradier la surface double, en comparaison de celle qui est irradiée avec la même uniformité par les lampes à luminescence érythématisques à basse pression ou les lampes à décharge germicides. En ce qui concerne les radiateurs, aussi bien stationnaires que mobiles, il est nécessaire de fixer leur nombre dans l'étable, la hau-

teur de leur emplacement, la durée de leur activité pendant le jour, le cas échéant la vitesse du mouvement des radiateurs mobiles. C'est pour cela qu'on effectue dans le travail des calculs appropriés.

En conclusion on attire l'attention sur les influences physiques, comme la température, le mouvement d'air, la teneur en poussières, la tension du réseau qui influencent considérablement, lors du fonctionnement des radiateurs, leurs paramètres de rayonnement.

Adresa autora:

Ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Milan Ruml, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha 6 - Řepy, Gottwaldova 50

 Významným činitelem prostředí v chovu drůbeže je viditelné záření (světlo). Působí přímo na biologickou aktivitu drůbeže, ovlivňuje produkci i její kvalitu. Souhrnné poznatky o nárocích na světlo uvádějí zejména Robinson a Fox [1]. V jejich práci jsou uvedeny požadavky na zdroje světla, intenzitu osvětlení a na jeho režim.*) Podle těchto poznatků je nejvýhodnější režim postupného zkracování (u kuřic) a postupného prodlužování dne (u nosnic). Takový režim je z hlediska vývoje kuřic a produkce nosnic výhodný zejména ekonomicky, neboť snižuje spotřebu elektrické energie k osvětlení. Výhodnost vyniká zvláště při chovu drůbeže v bezokenních halách, pro které je způsob postupné změny délky dne především určen. V takovém případě se významně snižují tepelné ztráty objektu, což má příznivý vliv na spotřebu energie pro vytápění hal v zimním období.

Postupnou změnu doby denního osvětlení nelze prakticky provádět ručním zapínáním a vypínáním osvětlení. Světelný režim totiž musí být zcela pravidelný, změny délky dne musí být zejména u nosnic plynulé. Náhlé zkrácení délky dne může vyvolat předčasné pelichání slepic, a tím i snížení produkce. Proto se volí zpravidla systémy s automatickým zapínáním a vypínáním umělého osvětlení.

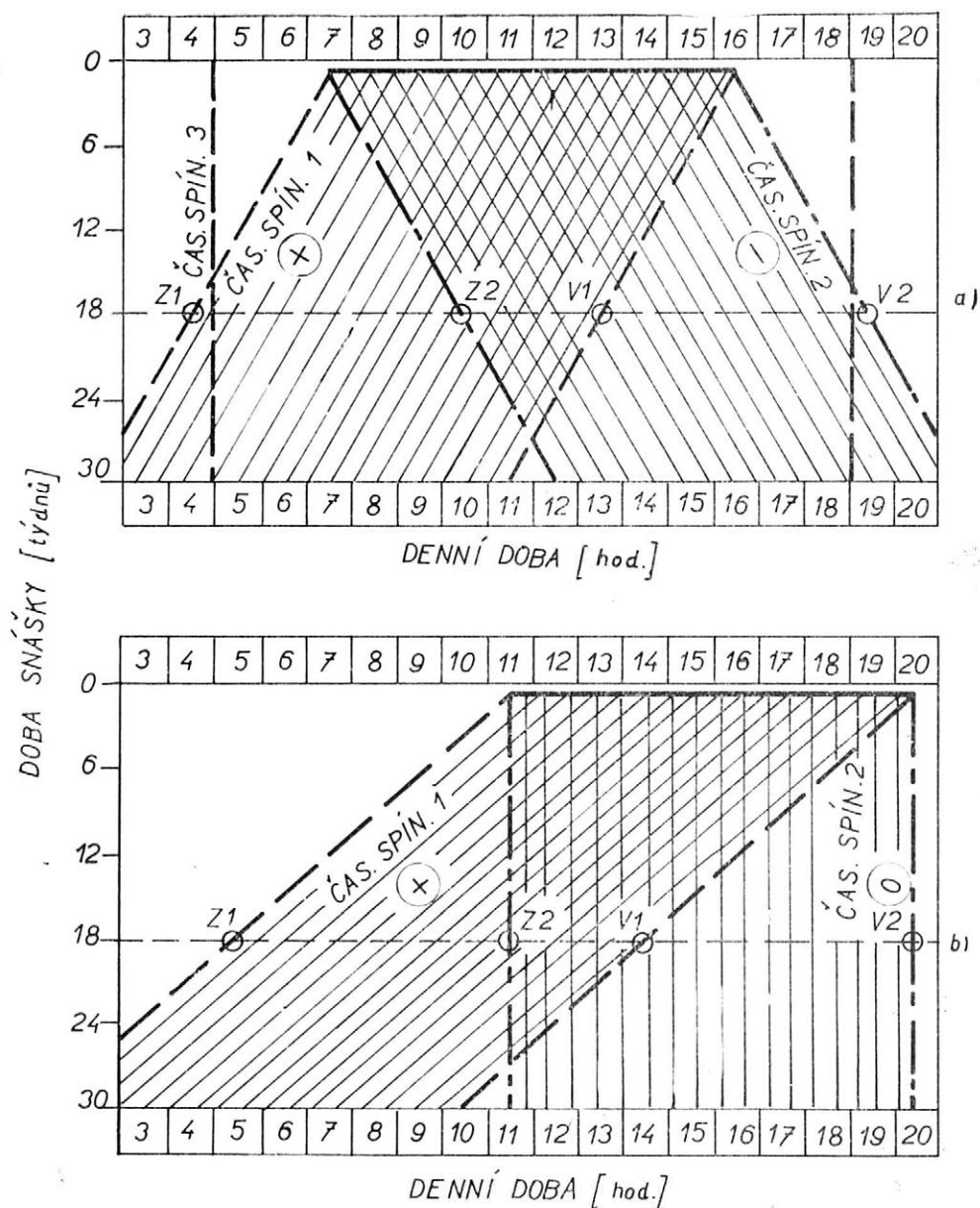
Běžně rozšířené jsou systémy, kde osvětlení se automaticky zapíná a vypíná každý den v pevně nastavenou dobu, přičemž tato doba se po uplynutí každého týdne ručně přestavuje tak, aby se celková délka světelného dne prodloužila nebo zkrátila o 10 až 30 minut [2].

NÁVRH AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ

Zcela automatické zařízení je uskutečnitelné programovým válcem s hodinovým strojem s převodem na jednu otáčku za rok [4]. Takové zařízení však vyžaduje speciálně vyráběný přístroj, který by se uplatnil pravděpodobně jen v drůbežárnách.

Pro plynulou regulaci délky dne je výhodnější užít jiného řešení a použít běžně vyráběných časových spínačů s hodinovým strojčkem a 24hodinovým spínacím kotoučem (tzv. spínacích hodin). Použije se dvou spínačů s paralelně zapojenými kontakty. Hodinový stroj jednoho spínače se nastaví tak, aby se předcházel týdně o 10 až 30 minut, nebo se oba spínače seřídí tak, aby jeden se zrychloval týdně o 5 až 15 minut a druhý zpožďoval o stejnou dobu. Program postupného prodlužování dne pro jednotlivé případy je uveden na obrázku 1.

*) Podrobnější informace jsou uvedeny v tomto čísle, v rubrice Zemědělská technika v zahraničí, str. 485.



1. Schéma programu postupného prodlužování dne

a – symetrické prodlužování, b – nesymetrické prodlužování

K možnosti použít pro uvedený způsob automatiky u nás vyráběných časových spínačů H3 VS2 (výrobce ZPA Prešov) bylo nutné zjistit rozsah možného seřízení hodinového stroje u těchto spínačů. Průběh týdenního zpoždění či zrychlení v závislosti na vyznačených dílcích seřizovacího regulačního šroubku spínače H3 VS2 ukázal, že dosažitelné zpoždění či zrychlení je dostačující. Hodinový stroj bylo možné u jednotlivých přístrojů zrychlit či zpomalit o 20 až 40 minut týdně.

Protože při chovu nosnic není prodlužování denní doby osvětlení nad 17 hodin žádoucí, musí mít automatika další časový spínač s přesně jdoucím hodinovým strojem, jehož pracovní kontakt je zapojen v sérii s předchozími. Tento spínač se seřídí tak, aby byl sepnut po dobu 14 až 17 hodin denně. V drůbežárnách s programovým řízením technologických procesů (např. podle Šujanové 1967) je výhodné namísto časového spínače s přesně jdoucím hodinovým strojem použít přímo spínače programového řízení.

Postupné prodlužování dne je použitelné nejen v bezokenních halách, ale podobný způsob lze volit i v drůbežárnách s okny. Osazení drůbežárny musí však umožnit, aby slepice začaly snášet nejdříve koncem října. Automatika se pak seřídí tak, aby doba denního osvětlení na počátku snášky se rovnala době přírodního osvětlení a postupně se prodlužovala, aby počátkem března činila maximálně 17 hodin.

Řízené osvětlení v halách s okny lze doplnit ještě zařízením na automatické vypínání umělého osvětlení při rozednění a na zapínání při setmění. Pro tuto automatiku se volí říditelné fotorelé. Čidlo tohoto relé se umísťuje na severní straně tak, aby reagovalo na záření odražené od země. Nevhodné je umístění čidla uvnitř haly, protože tak by bylo velmi značně ovlivňováno prachem, čímž by se měnila jeho citlivost.

Příklad automatiky pro řízený světelný režim v hale pro nosnice je uveden na obrázku 2. Je to zapojení zajišťující program podle obrázku 1a. Je použito těchto prvků:

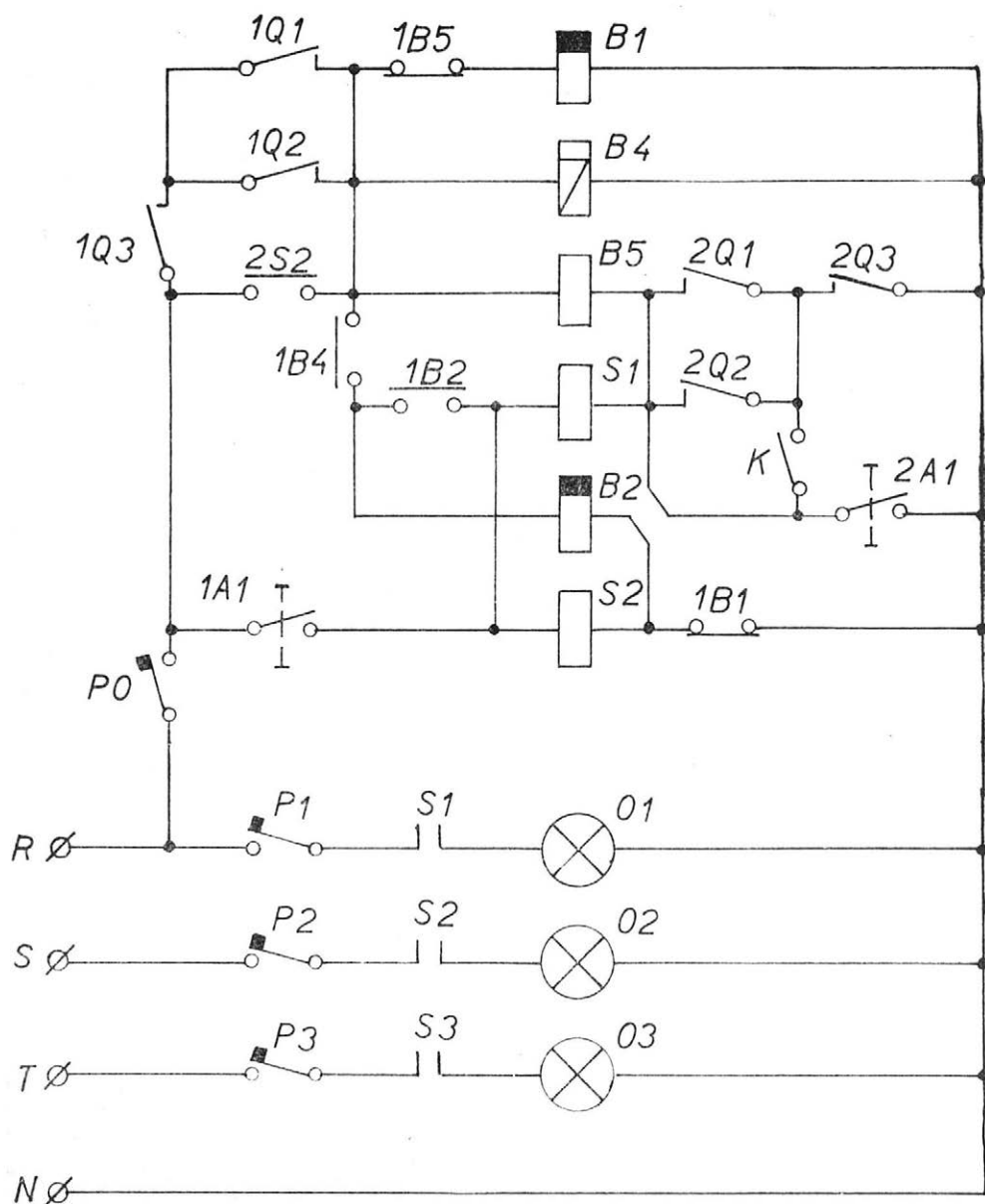
- $\underline{Q} 1$ — časový spínač s předcházejícím se hodinovým strojem (H3 VS2);
- $\underline{Q} 2$ — časový spínač se zpožďujícím se hodinovým strojem;
- $\underline{Q} 3$ — časový spínač s přesně jdoucím hodinovým strojem nebo programové zařízení;
- $B 1, B 2$ — časová relé s nastavitelným zpožděním přitahu 0–30 min (např. TM 10);
- $B 4$ — fotorelé (např. elektronické relé RD 6 s fotočidlem PF-1);
- $B 5$ — pomocné relé (RP 90);
- $S 1$ — stykač sekce osvětlení (V 03c);
- $S 2$ — stykač vedlejší sekce osvětlení (V 03c);
- PO — jistič ovládacích obvodů;
- $P 1$ až $P 3$ — jističe svítidel;
- O_1, O_2 — svítidla hlavní sekce osvětlení;
- O_3 — svítidla vedlejší sekce osvětlení;
- $A 1$ — ruční spínač osvětlení.

Činnost automatiky:

Kontakty časového nebo programového spínače (1 $\underline{Q} 3$ a 2 $\underline{Q} 3$) se sepnou ve stanovenou dobu, danou začátkem maximální možné doby denního osvětlení. Kontakty časového spínače 1 $\underline{Q} 1$ a 2 $\underline{Q} 1$ se rovněž sepnou ve stanovenou dobu. Tím se připojí na napětí cívky pomocného relé $B 5$ a fotorelé $B 4$. Přitazením kotvy $B 5$ se rozpojí kontakt 1 $B 5$ a časové relé $B 1$ je vyřazeno z činnosti. Když se připraví k činnosti fotorelé $B 4$, sepne se při nízké intenzitě přírodního osvětlení kontakt fotorelé 1 $B 4$. Tím se přivede proud do cívky časového relé $B 2$. Po nastaveném zpoždění (cca 30 min) se kontaktem 1 $B 2$ připojí na napětí cívky stykačů $S 1$ a $S 2$, zapínající hlavní a vedlejší sekci svítidel. (Podle potřeby lze svítidla zapínat nezávisle na nastaveném programu ručním spínačem $A 1$.)

Později se sepnou kontakty časového spínače 1 $\underline{Q} 2$ a 2 $\underline{Q} 2$, které převezmou funkci spínače $\underline{Q} 1$, který po určité době rozpojí své kontakty.

Zvětší-li se intenzita přírodního osvětlení natolik, že fotorelé rozpojí kontakt 1 $B 4$, ztratí časové relé $B 2$ i cívky stykačů $S 1$ a $S 2$ napětí, jejich kontakty se rozpojí a všechna světla zhasnou. Zároveň se rozpojí i pomocné kontakty stykače 2 $S 2$. Relé $B 4$ i $B 5$ zůstávají připojena na napětí.



2. Liniové schéma automatiky a pracovních obvodů pro postupné symetrické prodlužování světelného dne

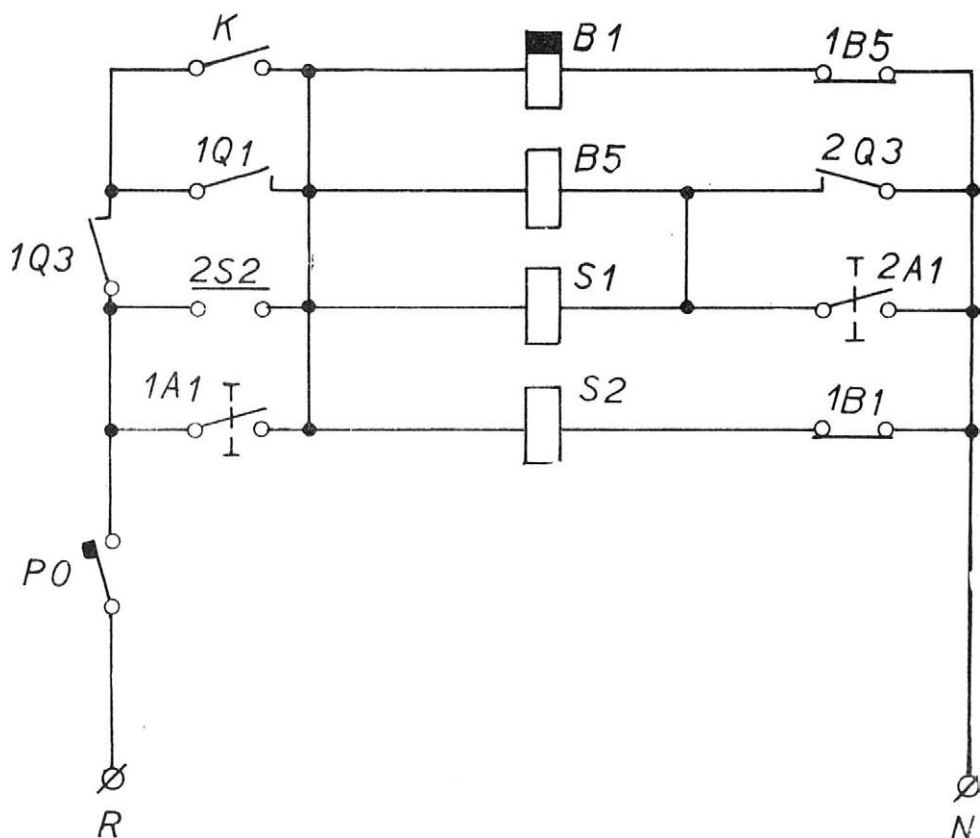
Při poklesu intenzity přírodního osvětlení pod hodnotu, na kterou je nastaveno fotočidlo, se opět spojí kontakt 1 B 4, se zpožděním cca 30 minut se zapnou stykače S 1 a S 2 a rozsvítí se všechna světla. Zároveň se spojí kontakt 2 S 2.

V nastavenou dobu se rozpojí kontakty časového spínače Q 2, popř. Q 3. Jelikož kontakty spínače Q 1 byly rozpojeny již dříve, je rozpojen obvod pomocného relé B 5 a stykače S 1. Tím zhasnou světla hlavní sekce osvětlení. Obvod stykače S 2 se zatím nepřerušuje, protože zůstává sepnut kontakt 2 S 2 i 1 B 1.

Ztrátou napětí na cívce relé *B 5* se spojí kontakt *1 B 5* a uvede se v činnost časové relé *B 1*, nastavené na zpoždění 30 minut. Po této době se rozpojí kontakt *1 B 1*, čímž ztratí napětí cívka stykače *S 2*. Rozpojením kontaktu stykače *S 2* zhasnou svítidla vedlejší sekce osvětlení. Rozpojením kontaktu *2 S 2* se odpojí celá automatika pro osvětlení a časové relé *B 1* se vrátí do své klidové polohy.

Na modelu automatiky v drůbežárně Markovice jsme namísto relé *B 2*, ovládaného kontaktem fotorelé, zkoušeli použít v obvodu cívky stykače *S 2* jako zpožďovací članku termistoru. Dosažené zpoždění 15 až 20 vteřin (za studena) sice vylučovalo vliv krátkodobého clonění fotorelé (např. při přeletu letadel, zakouření vzduchu), ale bylo příliš krátké při husté proměnlivé oblačnosti, kdy intenzita přírodního osvětlení se měnila právě v okolí hodnoty, při které spíná fotorelé. V tom případě docházelo k velmi častému zapínání a vypínání osvětlení. To je z hlediska světelných zdrojů nežádoucí, neboť tím klesá jejich životnost.

Zařízení podle schématu na obrázku 2 pracuje tak, jak bylo popsáno, pokud doba mezi zapnutím kontaktů časového spínače *Q 1* (tj. *1 Q 1*, *2 Q 1*) a vypnutím kontaktů časového spínače *Q 2* není delší než součet časových intervalů mezi zapnutím a vypnutím každého spínače. Je-li tato doba delší, dojde k rozpojení *2 Q 1* dříve než je sepnut *2 Q 2*, což má za následek vypnutí osvětlení. Pokud se zařízení používá v halách s okny, nemusí takové vypnutí být na závadu, protože k němu dochází v denní době, kdy vlivem funkce fotorelé je osvětlení stejně vypnuto. V bezokenních halách by přerušení osvětlení ovšem znamenalo poruchu světelného režimu a je třeba ji zamezit. To je možné ručním spí-



3. Liniové schéma automatiky pro nesymetrické prodlužování světelného dne

načem K , kterým vyřadíme z činnosti kontakty $2 Q 1$, $2 Q 2$, a vypínání osvětlení je pak řízeno jen časovým spínačem $2 Q 3$. V případě, že by mohlo dojít k rozepnutí kontaktu $1 Q 1$ ještě dříve než se na počátku světelného dne zapne kontakt $1 Q 3$, je zapotřebí volit ruční spínač K dvoupólový a přemostit jím i kontakty $1 Q 1$, $1 Q 2$ (ve schématu není zakresleno).

Při zvolení nesymetrického prodlužování dne (podle obr. 1b) lze schéma zapojení zjednodušit. Den se prodlužuje jen v ranních hodinách, takže se použije pouze časového spínače se zrychleným chodem ($Q 1$). Časový spínač $Q 2$ lze vypustit, jeho funkci převzme spínač $Q 3$, který zároveň omezuje maximální délku dne. Protože tohoto způsobu postupného prodlužování dne lze použít jen v bezokenních halách, odpadne i fotorelé $B 4$ ve zpoždovacím relé $B 2$. Liniové schéma zapojení ovládacích obvodů pro tento program je na obrázku 3. Zapojení pracovních obvodů je stejné jako na obrázku 2.

Z A V Ě R

Navržené zařízení pro automatické řízení osvětlení (podle schématu na obr. 2) bylo zkoušeno v laboratorních i provozních podmínkách. Časové spínače byly nastaveny v laboratoři tak, aby týdenní změna délky dne činila cca 20 minut. Za celou dobu provozu v drůbežárně nebylo zařízení dodatečně seřizováno, pouze po dosažení délky dne 17 hodin byl přepnut dříve zmíněný spínač K . Zařízení se ukázalo jako velmi vhodný automatizační prvek a lze je doporučit pro drůbežárny s řízeným světelným režimem.

Došlo dne 20. 5. 1968

Literatura

1. ROBINSON, V. - FOX, S.: Optimum lighting for production and amenity. Farm Buildings Association Winter Conference, London 1962. — 2. SMITH, R. S.: Timing Control for an increasing absolute daylength. Agricultural Engineering, 1961, 7 : 365. — 3. ŠUJANOVÁ, H.: Programové řízení hal v živočišné výrobě. Zemědělská technika, 1967, 10 : 651-656. — 4. VARNAVSKICH, A. B. - CAREV, A. S.: Upravení světelného režimu v ptičnictví. Pticevodstvo 1966, 3 : 25.

Автоматическое регулирование светового режима в птичниках

При разведении цыплят и кур-несушек, в особенности в залах без окон, применяется система постепенного сокращения или продления светового освещения. Эта система, называемая «step down step up», требует полуавтоматического регулирования включения и выключения искусственного освещения.

В предложенной работе описываются и приводятся схемы включения полностью автоматизированного устройства, которое регулирует без вмешательства человека световой режим в птичнике в течение всего периода выращивания или продукции кур. Автоматика требует только обычно применяемые автоматические элементы. Прибором, который обеспечивает постепенное плавное изменение включения и выключения освещения, служит реле времени с электрической заводкой часового механизма (контактные часы) с 24-часовым делением. Применяются 2 или 3 таких реле ($Q1$, $Q2$, $Q3$). Часовые механизмы двух реле заводятся так, чтобы одно реле шло вперед на 5—15 минут в неделю и второе опаздывало на то же время. Третье реле определяет максимально возможную продолжительность светового дня (рис. 2). При несимметричном продлении дня можно пользоваться лишь двумя реле времени (рис. 3).

Automatic Control of the Lighting System in Poultry Houses

When keeping chickens and laying hens, notably in windowless halls, good results are achieved with the system of gradual shortening or stretching of daily light. This system, known as "step down — step up", requires a semiautomatic or automatic control of switching on and switching out artificial illumination.

The paper contains descriptions and circuit diagrams of fully automatic systems, controlling illumination in poultry houses during the whole breeding or production period without any human assistance. The automatic system requires only currently used automatic elements. Continuous change of switching on and switching out the illumination is effected by means of a time switch with an electrically operated clockwork (switch clock), with a 24 hours switching disc. Two or three such switches are used (Q1, Q2, Q3). Clockworks of two switches are set so that one of them is by 5–15 minutes too fast in a week and the other one correspondingly too slow within the week. The third switch limits the maximum possible length of the light day (Fig. 2). With asymmetric stretching of the day, two time switches may be used only (Fig. 3).

Automatische Lichtsteuerung in den Geflügelställen

Bei der Haltung von Küken und Legehennen, vor allem in den fensterlosen Hallen, macht sich das System der fortschreitenden Verkürzung oder Verlängerung der Tagesbeleuchtung geltend. Dieses System, auch „step down — step up“ genannt, macht eine halbautomatische oder vollautomatische Steuerung der Ein- und Ausschaltung von künstlicher Beleuchtung erforderlich.

In der vorliegenden Abhandlung werden Schaltbilder einer vollautomatischen Anlage beschrieben, die ohne Eingriff des Menschen das Lichtregime im Geflügelhof während der ganzen Dauer der Aufzucht oder Produktion von Hennen steuert. Das Gerät, das die fortschreitende stufenlose Änderung der Beleuchtungsein- und ausschaltung sichert, ist der Zeitschalter mit elektrisch aufziehendem Uhrwerk (Schaltuhr), mit einer 24-Stunden-Schaltscheibe. Es werden zwei oder drei solche Schalter (Q1, Q2, Q3) verwendet. Die Uhrwerke von zwei Schaltern werden so eingestellt, daß ein davon wöchentlich um 5–15 Minuten beschleunigt und das andere um die gleiche Zeit verspätet wird. Der dritte Schalter grenzt die höchstmögliche Tageslichtdauer (Abb. 2) ab. Für die unsymmetrische Tagesverlängerung werden nur zwei Zeitschalter eingesetzt (Abb. 3).

Réglage automatique du système d'éclairage dans les poulaillers

Pendant l'élevage des poulets et des poules pondeuses on fait valoir le système de raccourcissement ou de prolongement successifs de l'éclairage journalier. Le système en question, appelé aussi „step down — step up“, exige le réglage semi-automatique ou automatique de l'embrayage et de débrayage de l'éclairage artificiel.

Dans le présent travail on donne la description et on présente des schèmes d'installation d'un appareil complètement automatique qui dirige sans intervention humaine le régime de lumière dans un poulailler, pendant toute la durée de l'élevage ou de la production des poules. L'automacité n'exige que des éléments automatiques couramment employés. L'appareil qui assure l'alternance successive continue d'embrayage et de débrayage de l'éclairage est un interrupteur chronométrique avec une horloge remise à l'heure électriquement (horloge de contact) et un disque interrupteur à intervalle de 24 heures. On utilise deux ou trois interrupteurs en question

(Q1, Q2, Q3). Les horloges de deux interrupteurs sont réglées de manière à ce qu'une s'avance de 5—15 minutes par semaine et l'autre se retarde d'un temps identique. Le troisième interrupteur délimite la longueur maxima possible du jour lumineux (figure 2). Lors d'un prolongement asymétrique du jour, on ne peut utiliser que deux interrupteurs chronométriques. (figure 3).

Adresa autorů:

Jaroslav Valeš, ing. Stanislav Haš, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky,
Praha 6 - Řepy, Gottwaldova 50

POUŽITÍ UMĚLÝCH ZDROJŮ OPTICKÉHO ZÁŘENÍ V ŽIVOČIŠNÉ VÝROBĚ

Je nesporné, že prostředí má významný vliv na vývoj a užitek hospodářských zvířat. To dokazují četné práce zabývající se bioklimatickou problematikou. Relativně málo prací se však zabývá vlivem takových faktorů prostředí, jako je optické záření, elektrický stav prostředí, intenzita magnetického pole, akustické podmínky apod.

Tato práce shrnuje některé dosud nashromážděné informace o vlivu optického záření, zejména z hlediska využití umělých zdrojů tohoto záření při chovu hospodářských zvířat. Optické záření, ať už jeho ultrafialová, viditelná, či infračervená složka, je důležitým činitelem jak ve fylogenezi, tak i v ontogenezi živočichů. Je to pochopitelné, protože optické záření Slunce spolupůsobilo historicky při vzniku a vývoji dnešních druhů zvířat a zvířata tomuto záření přizpůsobila některé své biologické funkce.

ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ

Ultrafialové záření se dělí na tři oblasti:

- oblast UV-A, která leží v rozmezí 400 až 320 nm,
- oblast UV-B s vlnovými délkami 320 až 280 nm,
- oblast UV-C v rozmezí vlnových délek 280 až 180 nm.

Stručný přehled zahraničních pokusů s použitím umělých zdrojů UV záření a jejich výsledky jsou uvedeny v pracích Haš, Ruml [8]. Podrobný přehled o pokusech v Sovětském svazu podává Meljukov [18].

Nedostatek vhodných zařízení a zdrojů ultrafialového záření, odlišnost jejich spektra od spektrálního složení slunečního záření a neznalost mechanismu působení ultrafialového záření (zejména jeho krátkovlnné složky UV-C) na organismus zvířat mělo ovšem za následek, že použití umělých zdrojů ultrafialového záření se až do poválečných let příliš nerozšířilo. V dnešní době jsou k dispozici solidní poznatky i vyhovující teorie mechanismu ultrafialového záření na buněčné úrovni [13]. Systematicky se shromažďuje již i dostatek poznatků k vytvoření modelu působení ultrafialového záření na vyšší organismy. Vyplyvá to například z kompilační práce Barboje [1].

Studium vlivu UV záření na vyšší organismy se v poslední době zaměřuje zejména na mechanismus zvyšování odolnosti organismu a na mechanismus působení krátkovlnného záření UV-C. Jed-

notlivé práce [např. 3, 16, 20, 28, 32] i souhrnná práce Parfenova [21] ukazují, že právě působením na obranný systém organismu má UV záření základní význam.

Dosud uznávanou hlavní vstupní branou působení UV záření na vyšší organismus je pokožka. Ozáření pokožky vede k denaturaci bílkovin, které se štěpí na histaminoidní látky. Štěpné produkty bílkovin se v důsledku zvýšené cirkulace krve a lymfy dostávají rychle do krevního řečiště, kde vyvolávají druhotné změny v celém organismu, jako např.:

Zvýšení množství červených krvinek, zvýšení hladiny hemoglobinu a obsahu vápníku v krvi, zvýšení hladiny krevních bílkovin, větší podíl gamaglobulinů, snížení hladiny krevních fosfatázy a snížení frekvence dechu. Ozáření se dále zvyšuje titr obranných látek a podstatně je zvýšen i fagocytární index.

Kromě uvedených účinků aktivuje ultrafialové záření v pokožce zvířat provitamíny na vitamín D. Vitamín D mobilizuje fosfor z tkání a podporuje tím jeho vazby s vápníkem. Transformuje organický fosfor tělesných tekutin na anorganický fosfor kostní tkáně.

Při studiu mechanismu účinků UV záření na hospodářská zvířata se řeší otázka, je-li skutečně hlavní vstupní branou působení pokožka a prochází-li tedy UV záření srstí, peřím, popř. vaječnou skořápkou. Některé pokusy s ozařováním slepic (Barott [2]) vedou k domněnce, že na organismus ptáků působí

nejen přímé záření, ale že jeho účinky se projevují i prostřednictvím produktů, které vytváří UV záření při průchodu prostředím. Nejdůležitější produkty, které by mohly mít základní význam, jsou ozón a záporné ionty vzduchu.

UV záření je účinným prostředkem k zvyšování životaschopnosti hospodářských zvířat a vhodnou metodou k ozdravení stájově chovaných zvířat. Při nesprávné aplikaci může však být neefektivní nebo může působit depresivně až toxicky. Takové účinky se projevily v pokusech Walkera [33], Carsona [6], Pjatkina [24]. Při extrémním přezáření mohou vznikat destrukce oční rohovky, změny na va-

ječnicích u slepic a na varlatech u koňů (Plugfelder 23).

Jako zdrojů ultrafialového záření ve stájových objektech se používá výhradně rtuťových výbojek. V USA jsou používány především nízkotlaké výbojky. Doporučuje se používat jak erytemální výbojek (Westinghouse Electric Co.), tak germicidních výbojek s určitým podílem záření o vlnové délce 184 nm, při jejichž činnosti vzniká ozón. Germicidních výbojek se doporučuje používat především v drůbežárnách. V SSSR se používají nízkotlaké erytemální výbojky a vysokotlaké křemenné výbojky typu PRK.

VLIV VIDITELNÉHO SVĚTLA NA ZVÍŘATA

Vliv viditelného světla na některé biologické funkce zvířat byl pozorován nejprve u drůbeže. Světlo působí prostřednictvím exteroceptorů na endokrinní žlázy a ovlivňuje tak celou neurohumorální soustavu — hlavně rozmnožovací cyklus zvířat. Světlem lze vyvolat a do jisté míry regulovat pohlavní činnost. Je vyvíjena snaha využít tohoto působení buď k vyvolání ranější snášky u drůbeže, popř. k prodloužení pohlavní aktivity u zvířat s krátkou přirozenou pohlavní aktivitou (husy, ovce).

Světlo účinkuje na zvířata svou barvou, intenzitou osvětlení, dobou denního osvětlení a periodičností světla a tmy (fotoperiodismem). Podle četných výzkumných prací lze soudit, že na pohlavní aktivitu má vliv především doba denního osvětlení a zejména jeho periodičnost. Nejmeně významným faktorem je pravděpodobně barva světla.

Vliv světla při výkrmu kuřat u nás velmi podrobně studoval Franěk [7]. Z jeho i z mnoha jiných prací lze stanovit tyto zásady:

Nejlepších výsledků lze dosáhnout v bezokenních halách, přičemž je výhodné použít zářivkového osvětlení. Intenzita osvětlení má být velmi malá, 2–5 lx. Osvětleny mají být především krmítka a napáječky. Vzhledem k požadované nízké intenzitě je třeba volit jednozářivková svítidla.

Jsou-li kuřata chována v halách s okny, musí být intenzita přírodního osvětlení značně snížena. Osvětlení může být buď nepřetržité (24 hodin denně), s dlouhými periodami (např. 14 hodin světlo, 10 hodin tma), nebo s krátkými periodami (např. 3 hodiny světlo, 3 hodiny tma, nebo 2 hodiny světlo a 4 hodiny tma).

Vliv různých režimů na přírůstky kuřat je celkem stejný. Při krátkodobém trvalém osvětlení (do 10 hodin denně) bývá pozorována lepší kvalita masa (Patrik [22]). Při nepřetržitém osvětlení se někdy uvádí větší spotřeba krmiva na váhovou jednotku produkce. U režimu s krátkými periodami již není pro časté spínání výhodné využít zářivkového osvětlení, je nutno použít žárovkového, takže náklady na spotřebu elektrické energie jsou vyšší.

Někteří autoři došli k názoru, že červená barva světla má příznivý vliv na produkci kuřat a že omezuje pohlavní aktivitu, takže zvířata jsou klidnější a neobjevuje se u nich kanibalismus. Nižší pohlavní aktivita se ale projevuje i při osvětlení bílým světlem o nízké intenzitě. Z toho lze soudit, že příznivé účinky barevného světla jsou vyvolány spíše nižší intenzitou (která se ve všech pokusech s červeným světlem objevuje) než spektrálním složením světla.

Jelikož intenzita osvětlení 2–4 lx je zcela nedostatečná pro vykonávání prací, je nutno v halách instalovat ještě pracovní osvětlení s intenzitou 30 až 40 lx. Toto osvětlení nevyvolává žádné stressové účinky, ale doporučuje se jeho zapínání na začátku „dne“, demě ve stejnou dobu na dvě až tři hodiny.

Jiný světelný režim je třeba volit při odchovu kuřic. Je účelné co nejvíce oddálit dobu pohlavní zralosti. To se projevuje příznivě v pozdější produkci vajec. Počátek snášky lze ovlivnit osvětlením. Intenzita osvětlení musí být nízká, 5 až 10 lx (Robinson [27]). V žádném případě není vhodné, aby se během odchovu prodlužovala doba denního osvětlení. Tato doba má být buď krátká (6–10 hodin), nebo se má postupně snižovat. Délka doby denního osvětlení do více pe-

riod není účelné, způsobuje jen vyšší spotřebu krmiva, ale nikoliv lepší vývoj kuřic. Totéž platí o vyšší intenzitě osvětlení (King [11]). Barva světla není významná ani při odchovu kuřic, výhodné je zpravidla žárovkové, popř. zářivkové osvětlení.

Při trvale krátkém dni (6 hodin) se v době snášky vhodným světelným režimem dosáhne její vysoké produkce, ale vejce mají nepatrně nižší váhu. Je proto výhodnější délku dne postupně zkracovat (system step down — Morris, Fox [19]). Nejvýhodnější režim je tento:

První dva až tři dny po vylíhnutí nepřetržité osvětlení, pak až do 8 týdnů stáří trvalé osvětlení denně 14 až 16 hodin. Od devátého týdne postupně zkracování dne tak, aby jeho délka ve 20. týdnu stáří kuřic byla 8–10 hodin.

Je zřejmé, že uvedený režim vyžaduje bezokenní haly. V halách s okny lze tento režim dodržet u kuřic vylíhnutých v červnu a červenci.

Značný význam na produkci má viditelné světlo u nosnic. Nedostatek světla v zimním období je jednou z hlavních příčin poklesu snášky v této době. Aby se tento nedostatek světla v zimním období odstranil, začalo se používat umělého prodlužování dne pomocí elektrického světla. Již při prvních pokusech (Kennard 1929, ex Szumowski [30]), se ukázalo, že snáška ozařovaných slepic je podstatně vyšší než snáška slepic bez umělého osvětlení.

Od dob prvních pokusů se vytvořila celá řada systémů pro využití elektrického světla. Jejich principy vycházejí zásadně ze dvou názorů:

Jeden názor zcela uznává biofyzikální působení světla a jeho přímý vliv na zvýšení produkce.

Druhý názor zastává stanovisko, že má-li drůbež delší den, přijímá o 10 až 15 % více krmiva a tím více snáší.

Systémy vycházející z požadavků zvýšeného přijímání krmiva zkracují temné období. Do této skupiny patří především způsoby ranního nebo večerního prodlužování dne. Účinnější je vždy ranní osvětlení, popř. ranní i večerní. Jen večerní umělé osvětlení dává ve všech pokusech méně výrazné výsledky. Např. při pokusech Kodince [12] byla snáška slepic ozařovaných večer o 11 % vyšší, snáška slepic ozařovaných ráno vyšší o 16 % a u slepic ozařovaných ráno i večer o 25 % vyšší než snáška slepic kontrolní skupiny bez umělého osvětlení.

Ještě lepší výsledky než ranní a večerní prodlužování dne dávají pokusy s nočním dvouhodinovým osvětlením drůbeže nízkou intenzitou (s měrným

příkonem 2–3 W/m²). Božko [5] zjistil, že slepice, u nichž se používalo nočního osvětlení v době od 23.00 do 01.00 hod., měly o 13 % vyšší snášku než slepice, u nichž se používalo umělého osvětlení ráno a večer.

Důkaz o biofyzikálním působení světla u drůbeže podávají pokusy s mžikovým („šokovým“) ozařením. Takové pokusy uskutečňoval od r. 1948 Weber (ex Svozil [29]), Matthews [17] a u nás ve Výzkumném ústavu pro chov drůbeže v Ivance pri Dunaji Maar a kol. [15]. Podstata mžikového ozaření spočívá v tom, že nosnice jsou chovány v drůbežárnách bez přídavného osvětlení. Buď denně, nebo v určitých obdobích před svítáním (ve 3 až 5 hod. ráno) se ozáří po dobu několika vteřin světelnými zdroji s vysokou intenzitou osvětlení (500 až 800 lx).

V některých pokusech se mžikové ozaření provádělo jen jednou, v jiných vícekrát. Maar např. ozařoval slepice ve tři hodiny ráno po dobu 6 vteřin, Weber ozařoval dvakrát po 20 vteřinách, vždy ve 3.00 a 4.45 hodin, Matthews pak 4krát po 20 vteřinách, vždy ve 3.00, 4.00, 5.00 a 6.00 hodin ráno, ovšem nikoliv denně. Ve všech pokusech byly mžikově ozařované slepice porovnávány se slepicemi v kurnících bez prodlužování dne a se slepicemi v kurnících s prodlužováním dne. Ve všech případech byla snáška slepic v kurnících s umělým osvětlením vyšší než snáška v kurnících bez umělého osvětlení. Ve všech případech byly také skupiny s mžikovým ozařováním a s prodlužováním dne ve snášce rovnocenné, protože slepice ozařované mžikově zůstávaly po ozaření sedět na místě a probouzely se až s denním světlem, právě tak jako slepice chované bez umělého osvětlení. Mžikové ozaření vyžaduje velmi nízké náklady na spotřebu elektrické energie. Jeho efektivnost však značně snižují vysoké investiční náklady a vysoký instalovaný příkon, zejména ve velkokapacitních objektech.

V poslední době se v mnoha zemích rozšiřuje zcela nový způsob chovu drůbeže při umělém osvětlení. Tento způsob navrhl King [11]. Vychází z hypotézy, že jarní zvyšování snášky u slepic v přirozeném prostředí spočívá v tom, že den se postupně prodlužuje. King choval kuřice od stáří jednoho dne při jeho stálém zkrácení na šest hodin. Ode dne, kdy kuřice začaly snášet vejce, denní osvětlení postupně prodlužoval každý týden pravidelně o 18 minut, takže po jednom roce snášky, kdy jsou slepice vyřazovány, činila délka dne 22

hodin. Při tomto způsobu chovu dosáhl King zvýšení snášky o 28 % proti skupině chované při trvale udržovaném 14hodinovém denním osvětlení. Při ověřování tohoto způsobu na několika farmách ve státě Missouri byla snáška pokusných skupin v průměru 190,5 vajec na jednu nosnici za rok, zatímco snáška kontrolní skupiny byla 177,7 vajec na nosnici. Velmi významný rozdíl byl ve spotřebě krmiva. Pokusná skupina spotřebovala o 25 % méně než skupina kontrolní.

Kingem navržený způsob byl dále rozpracován jak jím samým, tak zejména Morrisem a Foxem (systém step up, Fox 1962). Podle posledních poznatků (Ringwald [26]) je nejvhodnější tento režim: od 20. týdne stáří, kdy světelný den trvá 10 hodin, se osvětlení postupně prodlužuje. Byl-li světelný den kuřic ve 20. týdnu kratší než 10 hodin, zvýší se skokem na tuto hodnotu. Pak se prodlužuje týdně o 20 až 30 minut až na 14 hodin. Jestliže v tomto prodloužení slepice ještě nedosáhly vrcholu snášky, je možné další prodloužení dne až na 16, maximálně 17 hodin. Po prodloužení na 14 až 17 hodin se světelný den udržuje ve stejné délce až do konce produkčního období.

Různost barvy světla nemá, jak se zdá, podstatný význam, a jsou vhodné obyčejné žárovky nebo zářivky. Rovněž intenzita osvětlení nemá až do určité hranice přímý vliv na velikost snášky. Při 5 lx se dosahuje zpravidla stejné snášky jako při 50 lx. Až při osvětlení pod 0,5 lx (asi jako v letním období při úplňku) se pozoruje podstatněji pokles snášky (Robinson [27]). Nižší intenzity jsou dokonce výhodnější, nosnice jsou při nich klidnější. Doporučuje se volit osvětlení 5–15 lx. Pracovní osvětlení (30 až 40 lx) lze používat během období „dne“ nejlépe tak, aby tímto osvětlením umělý den začínal. Druhé období intenzivnějšího osvětlení může být v polovině „dne“, třetí období na jeho konci. Při klecovém chovu může „den“ tímto obdobím končit, lze náhle vypnout veškeré osvětlení. V halovém chovu je třeba období většího osvětlení ukončit asi půl hodiny před koncem „dne“, aby se slepice při malém osvětlení mohly usadit

ke spánku. Během období „noci“ nesmí být slepice rušeny žádným světlem.

Přehled prací o vyvolávání rané snášky u bažantů, pernaté zvěře, kachen a hus podává Szumowski [30]. Zjistil (ve shodě se sovětskými a americkými autory), že zahájí-li se v polovině listopadu osvětlování hus tak, aby jejich světelný den byl 12 až 14 hodin, lze během 30 až 40 dnů očekávat zahájení dosti intenzivní snášky. Intenzita osvětlení má být asi 10 až 15 lx. Při vyšších intenzitách nastává po snesení 10 až 15 vajec sezení husí. Při intenzitě osvětlení v uvedených mezích dochází k sezení až podstatně později (po 3–4 měsících snášky). Při intenzitách pod 10 lx již nedochází k rané snáše a husy začínají snášet až koncem ledna, tj. v období přirozené snášky.

Zajímavé pokusy byly uskutečněny s řízeným světelným režimem u ovčí (Fox 1966). Sledované ovce měly při normálním přírodním osvětlení mezi obahněním a příští říjí šestiměsíční přestávku. K říjí docházelo vždy na podzim, tj. určitou dobu po období s maximálně dlouhými přirozenými dny. Začne-li se po zahájení říje, event. po zabřeznutí bahnice den opět uměle prodlužovat a po 3 až 4 měsících opět zkracovat, může dojít za 8 měsíců po zahájení první říje ke druhé říji, takže bahnice rodí dvakrát za rok.

Někteří autoři pozorovali vliv světla i u jatečných prasat a prasníc. Z výsledků pokusů ovšem zatím nelze dělat obecné závěry. Zdá se, a tento poznatek potvrzují i některé poznatky z praxe, že i u jatečných prasat je pravděpodobně výhodné menší osvětlení.

K zajímavým výsledkům došel Krasnov a kol. [14] při sledování vlivu různých světelných zdrojů na dojnice. Při osvětlení zářivkami byla jeho intenzita 40–100 lx, zatímco při žárovkovém osvětlení s normovaným měrným příkonem 2,5 W m⁻² byla intenzita 4–13 lx. Lepších ukazatelů v produkci i lepších fyziologických ukazatelů bylo dosaženo u skupin se zářivkovým osvětlením. Zářivkové osvětlení ve stájích pro dojnice má ještě i tento další význam: přispívá podstatně ke zlepšení hygieny prostředí, a zejména k lepšímu ošetření a tím i k lepší kvalitě mléka.

INFRACERVENÉ ZÁŘENÍ

Infračervených zářičů se používá zejména při odchovu selat a kuřat. Mechanismus biologických účinků tohoto záření je prozkoumán velmi nedostatečně. Infračervené záření absorbované živým

organizmem nevyvolává pravděpodobně jen oteplení tkání, jak se často soudí, ale působí dráždivě přímo energií svých kvant na nervový systém a ovlivňuje pravděpodobně některé biologické pro-

cesy v organismu. Účinky záření jsou závislé na vlnové délce emitovaného záření. Krátkovlnné záření v oblasti 0,8 až 1,4 μm a pak v pásmu 1,6 až 1,8 μm prostupuje do značné hloubky kůže. Bylo zjištěno, že jen 25 % záření o vlnové délce 1 μm je pohlceno rohovou vrstvou a 5 % pohltí *stratum germinativum*. Ostatní záření prochází coriem a ještě 22 % zářivé energie pohlcené kůží vstupuje až do podkožní tkáně, do hloubky 20–25 mm pod povrch pokožky. Naproti tomu záření vlnových délek nad 2 μm prostupuje do malé hloubky kůže; 80 % pohltí *stratum corneum*, 20 % pohltí *stratum germinativum* [4].

Krátkovlnné záření emitují svítivé infrazářiče. Temné infrazářiče emitují záření o vlnových délkách nad 1 μm , maximum je zpravidla v oblasti 2–4 μm . Z uvedeného tedy vyplývá, že temné zářiče mají převážně tepelné účinky a ohřívají povrch pokožky, i když částečně zasahují i do hlubších vrstev. Naproti tomu svítivé zářiče mají kromě tepelných účinků snad i jisté biologické účinky. Svými tepelnými účinky v coriu a v podkožních vrstvách určitě vyvolávají zvýšenou aktivitu obranného systému.

Vzhledem k aktivnějším účinkům svítivých zářičů na organismus by jejich používání mělo být omezeno především k léčebným účelům. Lze předpokládat, že správné použití těchto zářičů by mělo na zdravotní stav zvířat větší profylaktický vliv než užívání temných zářičů, ovšem za předpokladu dodržení vhodné intenzity ozáření a správného dávkování. Není-li dodržena správná intenzita ozáření, dochází k přehřátí tkání, neboť organismus nestačí regulovat teplotu spodních vrstev kůže na správnou hodnotu. U zvířat se pak projevuje silný pocit žízně. Nemají-li dostatek vody, pijí např. i močůvku (selata), což vyvolává poruchy zažívacího ústrojí. Kromě toho dochází při přehřátí k silné hyperemii, snížení krevního tlaku a zvýšení srdeční činnosti.

Krátkovlnné záření prostupuje lépe nejen kůži, ale i jinými hmotami, tedy i trusem. Vznik tepla uvnitř trusu způsobuje

sobuje výraznější unikání plynů, mj. čpavku.

Při použití temných zářičů může sice také dojít k přehřátí, ale prakticky jen rohové vrstvy kůže, v níž nejsou citlivé orgány a nervová zakončení. Organismus nemusí regulovat toto zvýšení teploty zvětšeným průtokem krve, ale převážně jen zvýšeným odparem vody (pocením). Přebytké teplo se tak odvádí konvekcí do okolí zvířete, takže jeho vnitřní orgány nejsou tolik oteplovány. Kromě toho u zvířete dříve vzniká pocit nadměrného oteplení, takže při přílišné intenzitě ozáření odejde z ozařovaného prostoru.

Při odchovu kuřat se někdy uvádí jako argument proti používání svítivých zářičů jejich viditelná složka záření, která prý ruší kuřata při spánku. Tento důvod nemá ale vážný význam, protože kuřata mohou spát klidně i při světle (někdy, zejména v prvních dnech života, jsou odchována při nepřetržitém osvětlení, aniž by došlo k jakýmkoliv škodlivým stavům).

V praktických pokusech se při porovnávání vhodnosti svítivých a temných zářičů nedosahuje žádných rozdílů v zootechnických ukazatelích (Hattenhauer [9]). V těchto pokusech se ovšem zpravidla neřeší otázka vhodného dávkování u svítivých zářičů.

Uvážíme-li vše, co bylo uvedeno, lze k ohřevu mladých zvířat v běžném provozu doporučit především temné zářiče s dlouhovlnnou emisí.

I při používání temných zářičů je ovšem třeba dodržet správnou intenzitu ozáření, kterou lze pro jednotlivé zářiče nastavit vhodnou výšku závěsu nad zvířaty, jak doporučuje Holitschek [10]. Pro stejný výkon musí být výška závěsu temných zářičů vždy větší než výška svítivých zářičů, protože temné zářiče ohřívají vlivem menšího prostupu značně menší objem kůže. Aby nastalo přehřívání pokožky, je nutno volit menší intenzitu ozáření. To je výhodné i z hlediska ekonomického, neboť jedním temným zářičem o stejném výkonu lze ozářit větší plochu, a tedy rovnoměrněji i více zvířat, než jedním svítivým zářičem.

Literatura

1. BARABOJ, V. A.: Biologičeskoe dejstvije ultrafioletovyh lučej. Uspěchi sovremennoj biologii, 1962 (53), 3. — 2. BAROTT, H. G. - SCHOENLEBER, L. G. - CAMPBELL, L. E.: The effect of ultraviolet radiation on egg production of hens. Poultry Science, 1951 (30): 409–416. — 3. BELIKOVA, V. K. - MAC, L. I.: Izmenenije immunobiologičeskich reakcij organizma životnyh pod dejstvijem dlinnovlnnogo ultrafioletovogo izlučeniya. Ultrafioletovoe izlučeniye, Moskva 1960. — 4. BORCHERT,

R. - JUBITZ, W.: Technika infračerveného záření. Praha 1958. — 5. BOŽKO, P. N.: O neprodávateľnom nočnom osvetlení ptičnikov v osennozimníj period dlja povyšenia jajcenostki kur. Pticevodstvo, 1959, 7: 14-17. — 6. CARSON, J. R. - BEALL, G.: Absence of response by breeder hens to ultraviolet energy. Poultry Science, 1955 (34): 256-262. — 7. FRANĚK, B.: Studium vlivu světelného režimu na užítkovost brojlerů. Studijní informace ÚVTI Praha, zvláštní řada, 1966, sv. 5. — 8. HAŠ, S. - RUML, M.: Ultrafialové záření v živočišné výrobě. Praha 1967. — 9. HATTENHAUER, H.: Kükenaufzuchtversuch mit Infrarotstrahlern. Tierzucht, 1954, 2: 56-57. — 10. HOLITSCHKE, H.: Einsatz von Infrarot-Tieraufzucht-Strahlern für die Ferkelaufzucht. Tierzucht, 1960, 1-2. — 11. KING, D. F.: Effects of increasing, decreasing, and constant lighting treatments on growing pullets. Poultry Science, 1961 (40), 2: 479-484. — 12. KODINEC, G. A.: Ob iskusstvennom osvěščeniji kur dlja povyšenia zimněj jajcenostki. Pticevodstvo, 1959, 1: 27-28. — 13. KREKULOVA, A. - VON-DREIS, V.: Život a ultrafialové záření. Vesmír, 1966, 8: 236-237. — 14. KRASNOV, V. S. a kol.: Primenenije luminescentnych lamp v životnovodstve. Věstnik sel'skochozajstvennoj nauki, 1963, 12: 104-108. — 15. MAAR, J. - MALACH, E. - ORSÁGH, V.: Výskum vplyvu svetelného šoku na nosnosť hydiny. Výzkumná zpráva Energetického ústavu č. 119, Bratislava 1952. — 16. MARKOVA, L. D.: Vlijanije UF-oblučenia s različnoj dlinoj volny na pokazateli krovi molodnjaka kur. Ispol'zovanie UF-izlučenia v životnovodstve, Moskva 1963, 204-207. — 17. MATTHEWS, F.: Oblučenie kur-něsušek soděržaščichsja v ptičnikach na glubokoj podstilke mnogovolno-vymi vspyškami električeskogo světa. Zkrácený překlad z World's Poultry Science Journal, 1937, 4: 303-305. — 18. MELJUKOV, A. N.: Ultrafioletovoje oblučenie životnych. Moskva 1964. — 19. MORRIS, T. R. - FOX, S.: The use of lights to delay sexual maturity in pullets. British Poultry Science, 1960, 1: 25-36. — 20. OSETRÓV, P. A. - KUKENIS, D. P. - SOKAS, P. I.: Dejstvije korotkovolnych ultrafioletovych lučej na sel'skochozajstvennych životnych. Naučnyje trudy litovskoj s. ch. akademii, tom X, 1963, 17-24. — 21. PARFENOV, A. P.: Solněčnoje golodanie čelověka, Leningrad 1963. — 22. PATRIK, I. A.: Vlijanije osvěščenija na kačestvo mjasja cypljat. Pticevodstvo, 1963, 10: 16-17. — 23. PFLUGFELDER, O.: Atypische Eibildung nach Ultraviolettbestrahlung von Haushühnern. Mikrokosmos, 1961, 2. — 24. PJATKIN, E. M.: K ocenke dejstvija ultrafioletovych lučej na kur. Pticevodstvo, 1965, č. 30-31. — 25. PEGELMAN, S. G.: O dejstviji korotkovolnogo ultrafioletovogo izlučenia na rost i razvitije cypljat. Ispol'zovanie UF izluč. v životnovod., Moskva 1963, 185-187. — 26. RINGWALD, F.: Primenenije električeskogo osvěščenija dlja vyraščivania ovoščej a takže dlja dopolnitelnogo osvěščenija kurjatnikov dlja uveličenia jajcenostki kur. ECE, rabočaja gruppa po sel'skoj elektrifikaciji EP (WP. 3) Working Paper No 76, 1964, Ženeva. — 27. ROBINSON, V. - FOX, S.: Optimum lighting for production and amenity. Farm Buildings Association, Winter Conference London, 1962 (knižovna VÚ zemědělské techniky, K 16 151). — 28. SOKAS, P. I. - KUKENIS, D. P.: Priměnenije ultrafioletovych lamp pri različnych režimach dlja oblučenia porosjat v usloviach Litovskoj SSR. Ispol'zovanie UF izlučenia v životnovodstve, Moskva 1963, 169-174. — 29. SVOZIL, E.: Novějši poznatky při osvěťlování kurníků. Náš chov, 1951, 21: 416-417. — 30. SZUMOWSKI, P.: Déclenchement de la ponte précoce chez les oies à l'aide de l'éclairage artificiel. L'Académie d'agriculture de France, Séances des 11 et 18 mai 1960. — 31. ŠELKOV, L. S. - PRAGER, I. A. - KOSTIN, A. G.: Ščotčki fotonov dlja točnych izmerenij ultrafioletovogo izlučenia. Pribory i těchnika eksperimenta, 1959, 3, 50. — 32. VOROBEVA, I. A.: Městnaja i obščaja reakcija organizma pri oblučeniji UF lučami dlinoj volny. Ispol'zovanie UF izlučenia v životnovodstve, Moskva 1963, 23-27. — 33. WALKER - LOVE, J. - LAIRD, R. - THOMSON, J.: Ultraviolet irradiation of fattening pigs. Animal Production, 1959: 21-29.

Ing. Milan Ruml, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky,
Praha 6 - Řepy, Gottwaldova 50

Předáno tiskárně 14. 6. 1968 — Podespáno k tisku 5. 11. 1968

Fojtík L.: Použití absorbce mikrovlnné energie k měření vlhkosti zemědělských hmot	433
Vítek V.: Některé vlastnosti kapacitních snímačů k nepřetržitému měření vlhkosti obilí	443
Fojtík L.: Měření plošné váhy listů rostlin metodou absorpce záření beta	453
Haš S., Ruml M.: Parametry systémů pro ultrafialové ozařování zvířat	463
Valeš J., Haš S.: Automatické řízení světelného režimu v drůbežárnách	477
Zemědělská technika v zahraničí	
Ruml M.: Použití umělých zdrojů optického záření v živočišné výrobě	485

СОДЕРЖАНИЕ

Фойтик Л.: Применение абсорбции микроволновой энергии при измерении влажности сельскохозяйственных материалов (440). — Витек В.: Некоторые свойства емкости датчиков для непрерывного измерения влажности зерна (450). — Фойтик Л.: Измерение веса по площади листьев растений при помощи метода абсорбции бета-лучами (460). — Гаš С., Румл М.: Параметры систем для ультрафиолетового облучения животных (474). — Валеš Я., Гаš С.: Автоматическое регулирование светового режима в птичниках (482). — Сельскохозяйственная техника за рубежом (485).

CONTENT

Fojtík L.: Application of Absorption of the Micro-Wave Energy to Gauge Humidity of Agricultural Materials (441). — Vítek V.: Some Properties of Capacity Catchers for Continuous Measuring of the Water Contents with Grains (451). — Fojtík L.: Determination of Square Weight of the Plant Leaves by the Method of Absorbing the Beta Radiation (460). — Haš S., Ruml M.: Parameters of the Violet Radiation Systems for Animals (475). — Valeš J., Haš S.: Automatic Control of the Lighting System in Poultry Houses (483). — Agricultural Technology Abroad (485).

INHALT

Fojtík L.: Anwendung der Absorption der Mikrowellenenergie zur Messung der Feuchtigkeit von landwirtschaftlichen Gütern (441). — Vítek V.: Einige Eigenschaften von Kapazitätsabnehmern zur durchlaufenden Messung der Kornfeuchtigkeit (451). — Fojtík L.: Messung des Flächengewichtes der Pflanzenblätter durch die Methode der Betastrahlungsabsorption (461). — Haš S., Ruml M.: Kennwerte der Systeme für die UV-Bestrahlung der Tiere (475). — Valeš J., Haš S.: Automatische Lichtsteuerung in den Geflügelställen (483). — Landwirtschaftliche Technik im Auslande (485).

TABLE DES MATIÈRES

Fojtík L.: Application de l'absorption de l'énergie des hyperfréquences au mesurage de l'humidité des matières agricoles (res. An, Al/441). — Vítek V.: Quelques propriétés des capteurs capacitifs, utilisés à la mesure ininterrompue de l'humidité des céréales (451). — Fojtík L.: Mesurage du poids des feuilles de plantes à l'unité carrée, en appliquant la méthode d'absorption du rayonnement bêta (461). — Haš S., Ruml M.: Paramètres des systèmes destinées pour l'irradiation ultraviolette des animaux (475). — Valeš J., Haš S.: Réglage automatique du système d'éclairage dans les poulaillers (483). — Machinisme agricole en étranger (485).

Hlavními nositeli výzkumu na úseku mechanizace zemědělství a zemědělských technologií jsou: Výzkumný ústav zemědělské techniky v Řepích a Výzkumný ústav zemědělských strojů v Chodově. Proto bylo jako každoročně věnováno pracím obou těchto ústavů samostatné zvláštní číslo Zemědělské techniky. Pracím VÚZS je věnováno dvojčíslo 9/10 a pracím VÚZT dvojčíslo 11/12.

Zemědělská technika č. 9/10 1968 otiskuje:

- Z. Souček: *Řešení pulsátoru dojícího stroje na analogovém počítači*
Z. Souček: *Nový způsob hodnocení pulsátoru dojícího stroje na základě výsledků měření*
N. Govoruchin: *Ověření pevnosti kloubových hřidelů řady K1 v laboratorních podmínkách*
J. Šimandl: *Měření středních hodnot mechanických veličin na zemědělských strojích elektrickým integrátorem zkonstruovaným ve VÚZS*
J. Procházka: *Energetické poměry čistících zařízení sklízeců cukrovky*
D. Hutla: *Nové žací stroje s rotačními pracovními orgány*

Zemědělská technika č. 11/12 1968 otiskuje:

- E. Pick: *Vědeckovýzkumné práce VÚZT*
M. Preininger: *Příspěvek k stanovení optimálního poměru průměru a výšky věže*
J. Kosek, O. Netík, J. Višínský: *Předpokládaný rozvoj traktorů v čs. zemědělství*
J. Sedlák: *Technologie sklizně a zpracování krmných brambor*
M. Velebil, L. Domanský, M. Chalupa: *Hodnocení účinnosti různých technických řešení z hlediska stupně znečištění dojníc*
L. Venkrbec: *Možnosti uplatnění technologické linky pro dopravu tekutého krmiva čerpadlem a potrubím ve výkrmnách prasat*
M. Špelina, D. Hrianka: *Určení optimálního strojního a traktorového parku pro polní výrobu zemědělského podniku*

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