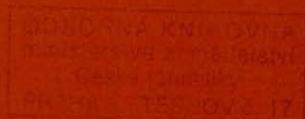




ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Agricultural Engineering

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

4

VOLUME 43 (LXX)
PRAHA 1997
CS ISSN 0044-3883

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

Redakční rada – Editorial Board**Předseda – Chairman**

Ing. Jiří Fiala, DrSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Členové – Members

Prof. RNDr. Ing. Jiří Blahovec, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Doc. Ing. Karel Brzkovský, CSc. (České vysoké učení technické, Praha, ČR)

Univ.-Prof. Dr. habil. Manfred Estler (Technische Universität München, Institut für Landtechnik, Freising, BRD)

Prof. Ing. Ján Jech, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

Ing. Petr Jevič, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. Jan Mareček, CSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Richard Markovič, CSc. (Štátna skúšobňa poľnohospodárskych a lesných strojov, Rovinka, SR)

Ing. Zdeněk Pastorek, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. František Ptáček, CSc. (Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, ČR)

Prof. M. N. Rifai, Ph.D. (Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia, Canada)

Ing. Jan Šabatka, CSc. (Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, ČR)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

Ing. Jovanka Václavíčková

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce a studie typu review z oboru zemědělská technika, zemědělské technologie a zpracování zemědělských produktů.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází čtvrtletně (4x ročně), ročník 43 vychází v roce 1997.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Ing. Jovanka Václavíčková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatně jsou přijímány pouze za celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1997 je 204 Kč.

Aims and scope: The journal publishes scientific papers and reviews dealing with the study agricultural engineering, agricultural technologies and processing the agricultural products. Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

Periodicity: The journal is published quarterly (4 issues per year), Volume 43 appearing in 1997.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Ing. Jovanka Václavíčková, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1997 is 51 USD (Europe), 53 USD (overseas).

POLOHA ŠÚLKA KUKURICE NA ZAČIATKU JEHO VÝMLATU VO VZŤAHU K POŠKODENIU ZRNA

THE POSITION OF MAIZE SPADIX AT THE BEGINNING OF ITS THRESHING IN RELATIONSHIP TO THE GRAIN DAMAGE

J. Piszczalka

Slovak Agriculture University, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: Some authors dealing with the threshing of grain maize incline to the opinion of inlet of spadices by their side to the threshing gap of tangential threshing mechanism as a way to minimize the damage to grains. Whereas by own observations their opinion cannot be confirmed, it should be necessary to verify the way of inlet of spadix by the testing threshing. Laboratory and field measurements on harvester-thresher adjusted for maize threshing showed more advantageous threshing when a spadix is entering by the point, i.e. by the base or top. This way is economical, less demanding and grain-saving, i.e. less damaging to grain.

maize threshing; way of spadix inlet; grain damage

ABSTRAKT: Niektorí autori zaoberajúci sa výmlatom kukurice na zrno sa názorovo prikláňajú k vstupu šúfkov svojím bokom do mláfaciej medzery tangenciálneho mláfacieho ústrojenstva ako k spôsobu menej poškodzujúcemu zrno. Keďže na základe vlastných pozorovaní nedá sa úplne súhlasiť s ich tvrdením, bolo potrebné overiť spôsob vstupu šúľka pokusným výmlatom. Laboratórne a poľné merania na obilnom kombajne upravenom pre výmlat kukurice ukázali na výhodnejší výmlat, keď šúľok vstupuje hrotom, t.j. základňou alebo vrcholom. Tento spôsob je energetický, menej náročný a viac šetriaci zrno, t.j. menej ho poškodzujúci.

výmlat kukurice; spôsob vstupu šúľka; poškodenie zrna

ÚVOD

Na výmlat zrnovej kukurice sa väčšinou používa tangenciálne mláfacie ústrojenstvo ako ústrojenstvo upravených obilných kombajnov. Toto ústrojenstvo mláti kukuričné šúľky, ktoré sú olámané zo stebiel kukuričným adaptérom. Šúľky sú podávané do mláfacieho ústrojenstva, pričom vchádzajú do mláfaciej medzery (medzi rotujúci bubon a mláfací kôš) ako kusový materiál daný rozmermi: hrúbka od 21 do 57 mm a dĺžka od 90 do 305 mm (Kromer, Noble, 1987). Šúľok je charakteristický tvarom valca, zrezaného kužeľa alebo predĺženého súdka (Procházka et al., 1989).

Pre mlátený šúľok sú možné tri spôsoby jeho vstupu do tangenciálneho mláfacieho ústrojenstva:

- vstup hrotom - šúľok vstupuje svojou základňou alebo vrcholom,
- vstup bokom - hlavná os šúľka je paralelná s osou mláfacieho bubna,
- náhodný vstup.

Sledovanie výmlatu šúľkov počas ich rôznych spôsobov vstupu do mláfacieho ústrojenstva je opodstatnené, nakoľko medzi výskumníkmi existuje nejednotnosť názorov čo sa týka poškodzovania zrna pri jednotlivých

spôsoboch vstupu. Mnohí autori (Mahmoud, Buchele, 1975; Tadič, 1984; Loc, 1986; Procházka, 1989) sa názorovo prikláňajú k vstupu bokom ako spôsobu menej poškodzujúcemu zrno.

MATERIÁL A METÓDA

Uvedená nejednotnosť viedla k zaoberaniu sa touto problematikou, pričom bolo treba siahnuť po starších literárnych prameňoch. Merania niektorých autorov v citovaných publikáciách a aj vlastné pozorovania a merania poukazovali na existujúce odlišnosti v dosiahnutých výsledkoch. Vznikla teda potreba overiť uvedené spôsoby vstupu šúľkov do mláfacieho ústrojenstva v laboratórnych a poľných podmienkach v kontexte vplyvu spôsobu ich vstupu na poškodenie zrna a energetickú náročnosť.

Po stránke metodickej malo riešenie tieto fázy:

1. zhodnotenie výsledkov dosiahnutých inými autormi v súvislosti s dejinným vývojom výmlatu kukurice,
2. niektoré overujúce merania výsledkov dosiahnutých inými autormi,
3. laboratórny výmlat orientovaných šúľkov (poloha hrotom, bokom, náhodile),

4. sledovanie práce zlepšovacieho návrhu laboratórnych meraní,
5. overenie úpravy orientujúcej šúľky v poľných podmienkach na upravenom obilnom kombajne.

Výsledky merania týkajúce sa bodov 2, 3, 4 a 5 uvádza vo svojich prácach Piszczalka (1989, 1991, 1995). Tento článok je porovnaním výsledkov merania citovaných autorov a vlastných meraní, čo umožnilo dospieť k záveru o jednotlivých spôsoboch vstupu šúľkov do mláfacieho ústrojenstva tangenciálneho typu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z literárnych prameňov vyplýva, že výmlat orientovaných kukuričných šúľkov bol robený ešte pre rokom 1975. Mahmoud a Buchele (1975) mlátili polohovo orientované šúľky v laboratórnych podmienkach pri vlhkosti zrna 24 %, pričom šúľky vkladali do mláfacieho ústrojenstva ručne:

- a – hrotom,
- b – bokom,
- c – náhodne.

Množstvo poškodených zŕn pri jednotlivých vstupoch autori zoradili v takomto poradí: a, c, b – čo znamená, že najviac poškodených zŕn sa vyskytlo pri vstupe hrotom – takmer dvakrát viac ako pri vstupe bokom, kedy šúľok v mláfacej medzere mal možnosť sa odvalovať. Autori túto skutočnosť vysvetlili veľkým bodovým tlakom mlátky bubna na zrno na šúľku. Šúľok ručne vkladajú hrotom, kým ho mlátky zachytí a strhli do mláfacej medzery, bol niekoľkokrát udrutý rotujúcimi mlátkami. Svedčia o tom podľa autorov poškodené korunky zŕn.

Na základe vlastných meraní sa dá konštatovať, že poškodzovanie korúnok zŕn je typické pre výmlat s veľkou mláfacou medzerou voči hrúbke šúľka (Piszczalka, 1991). Mahmoud a Buchele (1975) v metodike práce neuvádzajú veľkosť mláfacej medzery, s ktorou sa výmlat uskutočnil. Tvrdenia autorov o výhodnejšom vstupe šúľkov bokom a najmä zdôvodnenie dosiahnutých výsledkov nie sú celkom presvedčivé, keďže pre každú orientáciu sa analyzoval iba jeden šúľok, a to jeden z ručne vkladovaných šúľkov, ktoré neboli rozdrvené. Tieto závery laboratórnych meraní o výhodnejšom bočnom vstupe šúľkov boli preberané ďalšími a ďalšími autormi a stali sa východiskovým základom mnohých publikácií a technických riešení.

Pokusy iba s jedným zrnkom, t.j. uvoľňovanie jednotlivých zŕn zo šúľka, mali za cieľ stanoviť silu spájajúcu zrno s vretenom. Zrná boli vytrhávané špeciálnymi kliešťami meracieho prístroja (Frontczak, 1987), alebo odstredivou silou (Lamp, Buchele, 1959) po umiestnení šúľka do odstredivky.

Sila spájajúca kukuričné zrno v závislosti od vlhkosti zrna a polohy zrna na šúľku bola sledovaná u viacerých hybridov.

Pri kvázistatickom vytrhávaní jednotlivých zŕn (Mosz, 1986; Frontczak, 1987) bolo zistené, že

najväčšia spájajúca sila potrebná na odzrnie sa vyskytuje v strednej časti šúľka. Pri zmene vlhkosti zrna z 9 na 37 % sa sila zväčšila trikrát.

Brandini (1969) (in Mahmoud, Buchele, 1975) mlátil jednotlivé zrná z vretena kukurice náravníkom kvadrového typu. Zistil, že smer aplikovanej sily nemal účinkov na veľkosť sily potrebnej na odtrhnutie zrna z vretena. Sila v smere hlavnej osi šúľka a sila podľa dotyčnice k priečnemu prierezu šúľka mali rovnakú veľkosť. Autor nezistil rozdiel vo veľkosti sily podľa smeru jej priloženia.

Pokračovaním týchto meraní boli pokusy (Ferenczi, 1991) s mlátkou na kylvnom ramene Sharpyho kladivka pohybujúcou sa rýchlosťou 2,3 m.s⁻¹. Išlo o vyrazenie rovnakého počtu zŕn (12 ks) zo šúľka, pričom vyrazacia sila pôsobila na zrno na šúľku podľa jeho dotyčnice k priečnemu prierezu šúľka a potom pozdĺž jeho hlavnej osi. Meraný výrez šúľka bol tuho uchytý v tvarovaných čelistiach zvierky. Merania ukázali, že pri pozdĺžnom pohybe ramena iba prvé zrno príde do priameho kontaktu s mlátkou. Iba prvé zrno sú priamo vystavené rázu s nebezpečenstvom ich vyššieho poškodenia. Ostatné sú uvoľňované predchádzajúcimi zrnami. Hrubo poškodených zŕn (podľa hybridu, typu a vlhkosti zrna) bolo od 2 do 5 %.

Pri dotyčnicovom pohybe ramena bol priamo zasiahnutý väčší počet zŕn a hrubo poškodených zŕn bolo dvakrát až štyrikrát viac ako v predchádzajúcom prípade. Tieto merania ukázali, že z hľadiska čo najnižšieho poškodzovania zrna je výhodnejšie odzrňovať šúľok v smere pozdĺž jeho hlavnej osi. Energetická náročnosť uvoľňovania zrna vo všetkých sledovaných variantoch sa podľa Ferencziho (1991) ukázala o 20 % nižšia, ak sa mlátka pohybuje pozdĺž hlavnej osi šúľka a pritom priamy zásah obdrží menší počet zŕn.

Sledovaním síl vyskytujúcich sa v mláfacej medzere sa zaoberalo mnoho autorov (Mahmoud, Buchele, 1975; Šesták, Sklenka, 1978; Tadič, 1984; Loc, 1986 a iní).

Podľa Šestáka a Sklenky (1978) je radiálna a tangenciálna sila na vstupe mláfacieho koša vždy väčšia než na výstupe, a to 1,4 až 1,6krát. Jej všeobecná závislosť bola vyjadrená hlavne na obvodovej rýchlosti mláfacieho bubna a priechodnosti mláfacieho ústrojenstva takto:

$$F = a \cdot (v_o, Q_m) + b$$

kde: F – sila (N)

a, b – konštanty zodpovedajúce nastaveniu mláfacieho ústrojenstva

v_o – obvodová rýchlosť mláfacieho bubna (m.s⁻¹)

Q_m – priechodnosť mláfacieho ústrojenstva (kg.s⁻¹)

Merania síl v mláfacej medzere pokračovali uložením mláfacieho koša na snímače (Mahmoud, Buchele, 1975), umožnili sledovať oscilografické priebehy tangenciálnej a radiálnej zložky sily pri výmlate kukurice. Merania ukázali, že maximum radiálnej (normálvej) zložky sily sa vyskytuje na okolo 20° dĺžky koša a maximum tangenciálnej zložky je voči zložke

radiálnej oneskorené o ďalších 20 až 30°. Ak šúľok vstupoval bokom, mali obidve sledované zložky rovnakú veľkosť. Pre vstup šúľka hrotom dosiahla radiálna sila iba 75% úrovne predchádzajúceho prípadu. Tento dôležitý poznatok ukazuje na potrebu menšieho silového účinku mlátiaceho ústrojenstva na mlátený šúľok a svedčí o nižšej energetickej náročnosti výmlatu v prípade, ak šúľok vstupuje hrotom (vrcholom alebo základňou). Taktiež vytvára predpoklad nižšieho poškodenia zrna.

Doteraz uvedené laboratórne merania nepotvrdili postuláty o vstupe šúľka bokom do mlátiacej medzery ako o výhodnejšom spôsobe výmlatu. Naopak spôsob odzrňovania pozdĺž hlavnej osi šúľka sa ukázal menej energeticky náročný a viac šetriaci zrna.

Potvrdiť alebo vyvrátiť uvedené poznatky znamenalo pokračovať v meraniach najmä v poľných podmienkach pri výmlate kukurice obilnými kombajnami. Pre výmlat (väčšieho množstva) šúľkov v prevádzkových podmienkach bolo potrebné zariadenie schopné zabezpečiť polohovú orientáciu šúľkov pred ich vstupom do mlátiaceho ústrojenstva. V patentovej literatúre bol nájdený stroj na orientáciu šúľkov (Kravčenko et al., 1980), ktorý nezodpovedal kladeným požiadavkám. Robustný stroj (s pohonom od elektromotora) s nízkou výkonnosťou nemohol byť namontovaný na obilný kombajn.

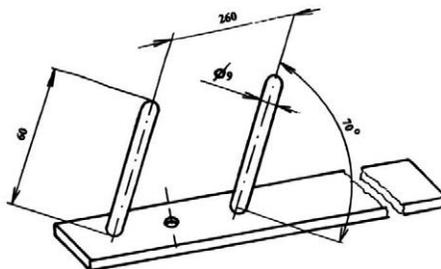
Riešením tohto problému bol zlepšovací návrh (Piszczalka, 1989), schéma ktorého je uvedená na obr. 1 a 2. Východiskom pre riešenie sa stal existujúci spôsob dopravy šúľkov v šikmej komore kombajnov typu E, Bizon a ďalších. Šikmý reťazový dopravník svojou spodnou vetvou (pomocou líšt spájajúcich reťaze) hrnie šúľky do mlátiaceho ústrojenstva, pričom zabezpečuje ich usporiadanie bokom pre ich orientovaný vstup do mlátiaceho ústrojenstva (Piszczalka, 1995).

Podľa uvedeného zlepšovacieho návrhu upravená časť stroja, namontovaná na výstup šikmej komory, zachytáva pohybujúce sa šúľky a spôsobuje ich pootočenie (obr. 2). V tomto okamihu zachytáva mlátiace ústrojenstvo kombajna šúľky v polohe hrotom. (Sklon prstov úpravy v smere pohybujúcej sa hmoty zabraňuje prípadnému upchatiu vyústenia šikmej komory. Nadmerne dlhé šúľky a časti stebiel majú vďaka tomuto sklonu možnosť prechádzať nad prstami úpravy.)

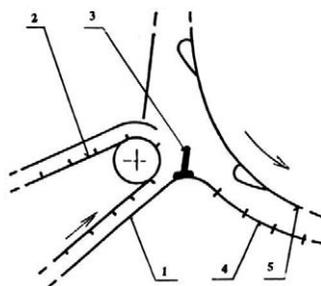
Laboratórne merania šikmého dopravníka potvrdili požadovanú činnosť úpravy zabezpečujúcu orientáciu šúľkov pre ich vstup hrotom. Preto sa pristúpilo k poľným meraniam.

V poľných podmienkach sa uskutočnili merania zamerané na porovnanie spôsobu výmlatu, kedy šúľky vstupujú do mlátiaceho ústrojenstva orientované bokom alebo hrotom. Namerané výsledky minimálne troch opakovaní sú uvedené na obr. 3.

Na základe rozboru zrn odobratých zo zásobníka obilného kombajna sa dá konštatovať, že pri vstupe šúľkov hrotom bolo namerané nižšie poškodenie zrna. V oblasti obvodových rýchlostí mlátiaceho bubna nad

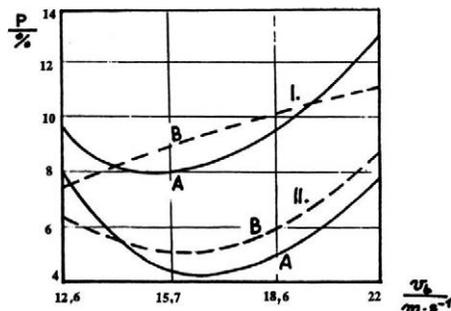


1. Úprava umožňujúca vstup šúľkov do mlátiaceho ústrojenstva v smere ich pozdĺžnej osi – Adjustment inlet of spadices into threshing mechanism along their longitudinal axis



2. Schéma umiestnenia úpravy orientujúcej kukuričné šúľky pred ich výmlatom – Diagram of position of adjustment orientating maize spadices before their threshing

- 1 – šikmá komora kombajna – oblique chamber of harvester
- 2 – existujúci reťazový dopravník – existing chain conveyor
- 3 – úprava orientujúca šúľky – adjustment orientating spadices
- 4 – mlátiaci kôš – threshing basket
- 5 – mlátiaci bubon – threshing drum



3. Vplyv úpravy orientujúcej šúľky na makropoškodenie zrna kukurice v závislosti od obvodovej rýchlosti mlátiaceho bubna – The effect of adjustment orientating spadices on macropredamage of maize grain as depended on circumferential velocity of threshing drum
 A – verzia s úpravou – version with adjustment
 B – verzia bez úpravy – version without adjustment
 priechodnosť mlátiaceho ústrojenstva – clearness of threshing mechanism: I – $4 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$; II – $7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$
 vlhkosť zrna – grain moisture: 30%

14 m.s⁻¹ (nad 450 min⁻¹) sa dosiahlo preukazné zníženie hrubého poškodenia zrna o 1 %. Ide o nezanedbateľné množstvo poškodených zrn, ktoré je možné získať jednoduchou a nenákladnou úpravou obilného kombajna, ak zoberieme do úvahy, že poškodených kukuričných zrn pri výmlate je okolo 5 %.

ZÁVER

Spôsob vstupu šúľkov do mláfaciej medzery, hodnotený množstvom hrubo poškodeného zrna, sa ukázal ako dôležitý fakt týkajúci sa procesu výmlatu. Treba vysloviť názor doložený viacerými laboratórnymi pokusmi a potvrdený poľnými meraniami, že z hľadiska kvality výmlatu je výhodnejší spôsob, kedy šúľky do tangenciálneho mláfacieho ústrojenstva obilného kombajnu vstupujú hrotom, t.j. základňou alebo vrcholom. Dosiahnuté výsledky spochybňujú jednoznačnosť tvrdenia o výhodnejšom vstupe šúľkov bokom.

LITERATÚRA

- FERENCZI, J.: Uvoľňovanie kukuričných zrn do šúľka. [Diplomová práca.] Nitra 1991 – Vysoká škola poľnohospodárska. 42 s.
- FRONTCZAK, J.: metody określania i analiza cech fizycznych ziarna kukurydzy. IMR, Wrocław. Rozprawy, 1987(61): 48.
- KRAVČENKO, V. S. et al.: Apparat dfa obmolota počatkov. Patent ZSSR č. 745428. 1980.
- KROMER, K. H. – NOBLE, R.: Physical properties of maize I, II. Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Bonn 1987: 115–116.

LAMP, B. J. – BUCHELE, W. F.: Centrifugal threshing of small grains. Chicago, 1959: 17.

LOC, N. V.: Zber kukurice na zrno upravenými obilnými kombajnami E 512 a zberačmi kukurice KSKU-6. [Kandidátska dizertačná práca.] Nitra 1986 – Vysoká škola poľnohospodárska.

MAHMOUD, A. R. – BUCHELE, W. F.: Corn ear orientation effects on mechanical damage and forces on concave. J. Pap. J-7481. Ames, Iowa, Trans. ASAE, 1975: 444–452.

MOSZ, J.: Określenie wytrzymałości roślin kukurydzy na łamanie, wielkości siły wiązania kolby z rośliną i okryw liściowych z kolbą. Roczn. Nauk Roln. 77-C-1. Wrocław 1986: 43–51.

PISZCZALKA, J.: Úprava umožňujúca kolmý vstup šúľkov kukurice do mláfacieho mechanizmu. Zlepšovacie návrhy č. 61/89. VŠP Nitra.

PISZCZALKA, J.: Vplyv niektorých ústrojenstiev obilného kombajna na kvalitu práce pri zbere kukurice na zrno. [Kandidátska dizertačná práca.] Nitra 1991 – Vysoká škola poľnohospodárska. 157 s.

PISZCZALKA, J.: Vplyv spôsobu vstupu šúľkov do mláfacieho ústrojenstva na poškodenie zrna kukurice. Acta Tech. Agric., VŠP Nitra, 35, 1995: 179–183.

PROCHÁZKA, B. et al.: Racionalizácia zberu a pozberového ošetrovania kukurice. [Záverčná správa.] Nitra 1989 – Vysoká škola poľnohospodárska. 160 s.

ŠESTÁK, J. – SKLENKA, P.: Základný silový rozbor mláfacieho mechanizmu z hľadiska viacezónnych pokusov. Zeměd. Techn., 24, 1978 (9): 513–530.

TADIČ, L. M.: Analiza vzorka povečjenja loma i oštečjenja zrna kukuruza u kombajnanranju. In: Zbor. Savetovanje stručnjaka poljoprivredne tehnike vojvodine. Arandelovac, 1984: 171–178.

Došlo 25. 3. 1997

Adresa autora:

Ing. Jan Piščzalka, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Katedra strojov a výrobných systémov, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 00421/087/601, fax: 00421/087/41 70 03

THE VARIANTS OF DRYING AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION BY ACTIVE VENTILATION

VARIANTY AUTOMATIZACE SUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PRODUKTŮ AKTIVNÍM VĚTRÁNÍM

V. Petruševičius

Lithuanian Institute of Agricultural Engineering, Raudondvaris, Kaunas r., Lithuania

ABSTRACT: The relative air humidity sensors are used to automate hay and grain drying by active ventilation. They are unfit to operate in dusty and moist environment. The possibility to do only with the air temperature sensors to design the automation means was investigated. The intensity of the drying is described by the temperature difference of the inlet and outlet air under certain conditions. The merits and shortcomings of such automation method are pointed out. The main part of the work is the analysis of the possibility to manage only with the inlet temperature of the air measurement to automate the drying by active ventilation. It is supposed that at night when the temperature is minimum the air is saturated with moisture. Its absolute humidity is characterized by the temperature. The influence of the change of absolute air humidity was analyzed. Investigations show that the air temperature under different meteorological conditions (except the rainy weather) can accurately characterize the relative humidity. The conclusion was made that when the air temperature has been measured by the sensors absorbing the solar radiation, it was possible to get the information about the air suitability for the drying.

relative air humidity; absolute humidity; temperature sensors; drying by active ventilation

ABSTRAKT: Snímače relativní vlhkosti vzduchu slouží k automatizaci sušení sena a zrna aktivním větráním. Nejsou vhodné v prašném a vlhkém prostředí. K projektování automatických zařízení byla zkoumána možnost pracovat pouze s čidly teploty vzduchu. Intenzita sušení byla popsána podle rozdílu teploty vstupu a výstupu vzduchu za určitých podmínek. Jsou zdůrazněny klady a zápory této automatizace. Základem práce je analýza možnosti pracovat pouze s měřením vstupní teploty vzduchu k automatizaci sušení aktivním větráním. Předpokládá se, že v noci, kdy je teplota minimální, se vzduch nasycuje vlhkostí. Jeho absolutní vlhkost je charakterizována teplotou. Byl analyzován vliv změny absolutní vlhkosti vzduchu. Výzkumy ukazují, že teplota vzduchu za různých meteorologických podmínek (kromě deštivého počasí) může přesně určit relativní vlhkost. Z toho lze učinit závěr, že když se teplota vzduchu měřila čidly absorbujícími sluneční záření, bylo možné získat informace o vhodnosti vzduchu k sušení.

relativní vlhkost vzduchu; absolutní vlhkost vzduchu; teplota vzduchu; sušení aktivním větráním

INTRODUCTION

The drying of agricultural products, especially grain and hay, by active ventilation, is very popular because of the small energetic and labour expenditures. In many countries different variants of equipment and drying technologies, including the automation means and methods, are designed.

It is impossible to do it without the measurements of the air, the temperature of dried material and the moisture in the most popular automation methods (Sharp, 1982; Smith, 1984; Baumgartner, 1991). For this purpose we need sensors suitable to operate under complex conditions of agricultural production.

During the last years the production of automation means including the sensors developed rapidly. In spite

of this fact until now there are no sensors to measure either relative air humidity or material moisture suitable to operate in the dusty and damp environment (Mühlbauer, 1991). This stimulates the search of the ways to create the means for the automation of the drying by active ventilation, to manage only with the temperature sensors as very stable and reliable means.

THE TEMPERATURE DIFFERENCE OF INLET AND OUTLET AIR AS THE FACTOR DESCRIBING THE DRYING INTENSITY

The danger to spoil the products limits the period of the drying by active ventilation. In most cases when the hay was dried for some period it was possible to find the days when meteorological conditions were suitable

for the drying. When the grain was dried under unfavourable conditions the air was heated to get the desired drying intensity. The air is usually heated so much that its relative humidity corresponds to the moisture of the dried grain.

The air blown through the dried product releases the heat that evaporates moisture from it. Thus the air temperature decreases when it flows through the dried product. This change of the air temperature (when the inlet air temperature is constant) describes the drying intensity. This is assumed as the basis to design the device for the automation of the grain drying.

The change of the ambient air temperature makes the influence to the relationship of the temperature difference of inlet and outlet air to the moisture absorption. This influence is insignificant because the temperature of the blown air is increased and vice versa when the inlet air temperature and simultaneously the moisture absorption from the dried grain decreases. Consequently, the temperature of the inlet air changes insignificantly.

With the use of such automation method the drying can be finished automatically. This is possible when the ambient air temperature remains constant and the air heating is maximum. Then the drying intensity and the temperature difference reach the minimum amount that is grounded technologically and economically.

When this method is used to determine the end of the drying, the layer width of the dried grain and the deviations of the maximum relative humidity of the air from the amounts used to estimate the intensity of the air heating have the influence to the moisture of the dried grain.

Such device was made and tested in the laboratory and during the drying. Though the operation of the

device was evaluated satisfactory, the shortcomings of such automation method were noticed:

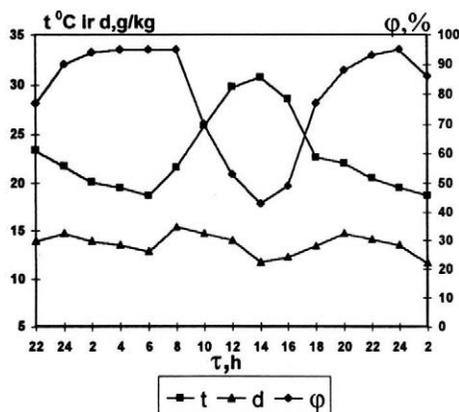
1. This method can be used when the drying under unfavourable weather is continued and the inlet air is heated.
2. When the grain is kept in the bins installed in a close storage, the outlet air temperature of other bins has the influence to the temperature of the outlet air.
3. The sensor measuring the outlet air temperature complicated the drier operation.
4. It is expensive to automate every aggregate that blows and heats the air. The maintenance of such aggregates becomes more complicated.

These shortcomings stimulate the search of the ways to manage without the measurement of the outlet air temperature, when the relative humidity of the ambient air and the temperature as one of its indices are assumed as the drying criterions.

THE INLET AIR TEMPERATURE AS THE INDEX OF RELATIVE HUMIDITY

The relative air humidity is the main factor to influence the moisture absorption from the dried product. The relative air humidity depends on the moisture content of the air, i.e., the absolute air humidity and the temperature. When the absolute air humidity is constant, the relative humidity depends on the temperature alone. Day and night are the periods of the change of the air temperature and the relative humidity. To be able to guess the relative humidity of the air from its temperature one should know the moment in the 24-hour period when the air absolute humidity is known. Such moment can be only at night when the temperature is at minimum, having in mind, that the air is saturated with moisture at that time. The work object was to determine the change of the absolute air humidity during 24-hours and the influence of this change to the relationship of the relative air humidity to the temperature and the meanings of the relative air humidity when the temperature is at minimum.

Fig. 1 shows the weather characteristics of the sunny day. The absolute air humidity at the beginning of the day at 0 a.m. reached the maximum amount. At this time the relative air humidity is close to saturation ($\varphi = 90\%$) and the moisture condensation has started on the ground surface, where the air temperature is the lowest. Thus, the absolute air humidity begins to decrease. The air saturates with moisture and the moisture excess condenses into a dew and a mist when the air temperature still decreases. The absolute air humidity increases but the relative humidity remains constant though the temperature increases by 2.9 °C during this period. At 8.00 a.m. when the sun rises the ground surface heats and the vertical air movement forms. Although the evaporation of the moisture becomes more intensive the vertical airflows transfer more water vapour than it was formed and the absolute air humidity decreases. Such



1. The change of the air temperatures and humidities on a sunny day

t – air temperature; d – absolute air humidity; φ – relative air humidity

decrease of the absolute air humidity lasts until 2.00 p.m. when the intensity of the solar radiation is maximum and reaches the absolute minimum of the day. After 2.00 p.m. the intensity of the solar radiation decreases, the intensity of the vertical airflow decreases faster than the intensity of the water evaporation and the absolute air humidity begins to increase and continues to increase until 8.00 p.m. when the relative humidity reaches the saturation point. After 8.00 p.m. the water vapour begins to condense on the ground surface and the absolute humidity begins to decrease again. Consequently, the absolute air humidity has two minimums and two maximums on a sunny summer day.

The change of the absolute air humidity on a gloomy but rainless day is shown in Fig. 2. In this case the change of the absolute air humidity is similar to that of the absolute air humidity on a sunny day, only the character of the change is not so clearly expressed. The moisture evaporation in the morning, and vertical airflows later are not so intensive.

The rainy day is shown in Fig. 3. During the rain the air is saturated with moisture all the time. Thus the character of the change of the absolute air humidity is analogous to the air temperature change.

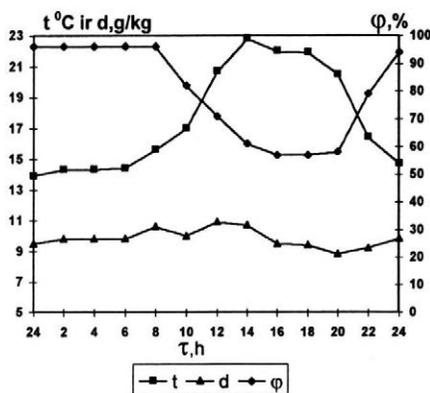
There are not many summer days when it rains all the time. Short showers are the most usual. Such a day is shown in Fig. 4. It was raining from 3.36 p.m. to 5.00 p.m. on that day. As the day was gloomy, the increase of the absolute moisture in the morning was insignificant. The air temperature decreased when the rain started, the absolute moisture increased and the air saturated with humidity. When the rain stopped and the sun began to shine, the moisture of the vertical airflows is raised higher, then the absolute air humidity decreases and only at 8.00 p.m. when the intensity of the solar radiation decreases, the absolute air humidity be-

gins to increase and increases until 10.00 p.m. when the air saturates with moisture that begins to condense. Since then the character of the change of the absolute air humidity becomes similar to that of the temperature change.

The abrupt change of the air temperature and moisture occurs when the new air masses approach bringing warmer or colder, damper or drier air. Then it is difficult to determine the character of the change of the air parameters. Such phenomenon is shown in Fig. 5. At 2.00 p.m. on the first day the air temperature reached 30.7 °C. Then it began to decrease rapidly and at 8. p.m. fell to 22 °C. Then the absolute air humidity reached 14.7 g/kg. Now cold and dry air masses reached the observation place. At 4.00 a.m. on the next day the absolute air humidity was only 9.7 g/kg and remained almost unchanged until 10.00 a.m. The shifted cold air mass forced warm and damp air to rise. The water vapour condensed there and the rain started at 6.15 a.m. The rain lasted until 11.30 a.m. The relative air humidity was 96% during the rain. The subsequent change of the air parameters is similar to that of other days' parameters discussed.

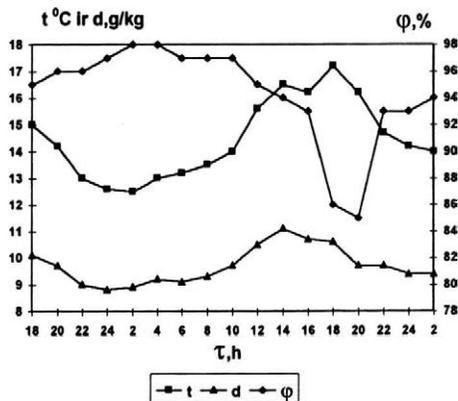
The tests show that the relative air humidity during the day changes because of the influence of various factors. The rate and the character of the change depends on the rain, the cloudiness, moving air masses and other factors.

The conclusion was made that in the summer night when the temperature was minimum the relative air humidity reaches 95–97%, i.e., the air saturates with moisture. From all the days tested only 6.7% did not reach such humidity. Consequently, the assumption that the air at night reaches maximum relative humidity can be made while designing the means for the drying automation.



2. The change of the air temperatures and humidities on a gloomy day

The marking see Fig. 1

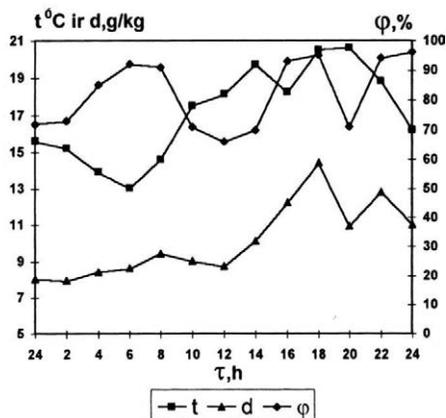


3. The change of the air temperatures and humidities on a rainy day

The marking see Fig. 1

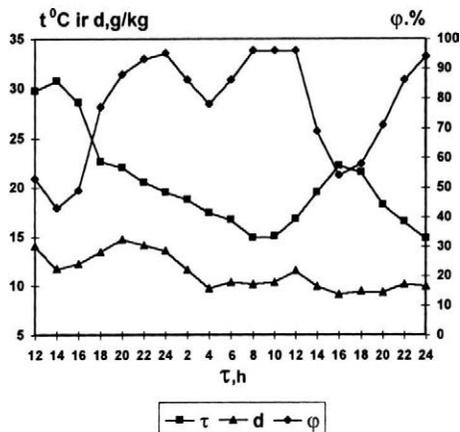
When the absolute air humidity is constant, the inlet air should be heated by 7 °C to get the required value for the grain drying of 65% relative air humidity. Then the temperature of the introduced air is minimum and the relative humidity is maximum. The air heating should be reduced, accordingly, when the temperature increases. When the air is heated by 7 °C, then the drying is possible without artificial air heating.

Fig. 6 shows the block scheme of the control of the grain drying process by dynamics of the ambient air



4. The change of the air temperatures and humidities on a day with a short rain

The marking see Fig. 1



5. The change of the air temperatures and humidities when one air mass changes another

The marking see Fig. 1

temperature (Piatruszjawiczus, Brazdeikis, 1996).

Micro-controller 4 constantly fulfills two algorithms: the search of the 24 hour minimum of the ambient temperature and the control of the heating power of the air introduced into the grain. The temperature minimum is defined when the ambient air temperature begins to increase after the long lasting decreasing (approximately 3–4 hours). The determined minimum is registered in the temporary memory with the reserve feeding source. This memory can preserve information for 3–4 hours after the feeding was stopped.

For the control of the heating power of the blown air the difference of the minimum and the measured temperatures during 24 hours is calculated and the relative air humidity is determined and is subject to this difference:

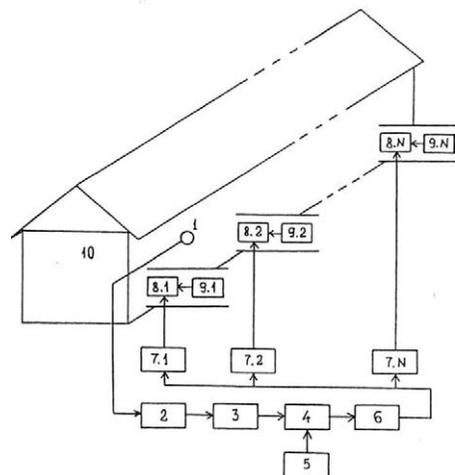
$$\varphi = 100\% - K \cdot \Delta t \quad (1)$$

where: K – proportion coefficient between the change of the temperature and its relative humidity when the absolute humidity remains constant

The heating power P of the blown air is defined by an expression:

$$P = P_n \cdot \frac{\varphi - \varphi_1}{100 - \varphi_1} \quad (2)$$

where: P_n – installed power for the air heating (kW)
 φ – measured relative humidity of the air (%)
 φ_1 – relative air humidity corresponding to the humidity of the dried grain (14%)



6. Control of the grain drying process in accordance with the dynamics of the ambient air temperature (the block scheme)

1 – the sensor of the ambient air temperature (resistance thermal-exchanger); 2 – exchanger resistance-voltage; 3 – analogous-digital exchanger; 4 – micro-controller; 5 – the temporary memory with a reserve feeding; 6 – buffer amplifier; 7 – power controllers; 8 – electrical heaters; 9 – ventilators; 10 – grain storage

What influence has the change of the absolute air humidity to this automation method? When the inlet air temperature is raised to 7 °C, the relative air humidity will change from 73 to 43% on a sunny day. With some accuracy it can be assumed that the moisture of the dried grain corresponds to the average relative humidity of the air introduced during the drying period. The average relative air humidity was 62.7% on a sunny day when the tests were fulfilled. The relative air humidity will change from 71 to 57% and the average relative air humidity will be 62.3 on a gloomy day. The relative air humidity will change from 77 to 63% and the average relative air humidity will be 68.8% on a rainy day. The relative air humidity will change from 90 to 53% and the average relative air humidity will be 68.2% on a day with a short rain. The relative air humidity will change from 70 to 50% and the average relative air humidity will be 58.4% when the front passes. According to the program the heated air still does not reach the required rate of its average humidity on a rainy day or on a day with a short rain. Consequently, the duration of the air heating and the intensity would be adjusted or the temperature sensors would be used under such meteorological conditions.

TEMPERATURE SENSORS

When the air temperature is measured the attention should be paid that the fluxes of the radiant energy from other bodies would have no influence on the thermometer readings. To avoid this the sensitive part of the standard thermometers: these are made with the surface reflecting the rays. The assumption is made that such thermometers get no energy nor transfer to the surroundings when the temperature is constant.

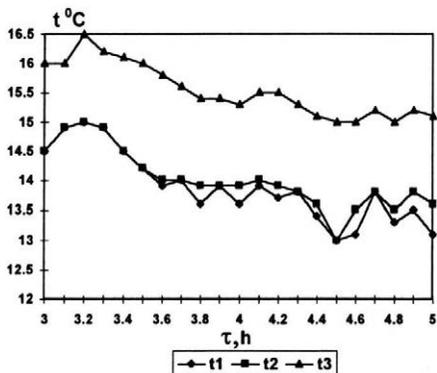
The moisture content in the air and its relative humidity simultaneously increase during the rain and for

some time remain constant after the rain has stopped. The relative air humidity also responds immediately to the changes of the solar radiation. Such thermometers do not react to the rain in case that the temperature is equal to the ambient air temperature. Such thermometers do not respond to the intensity of the solar radiation either.

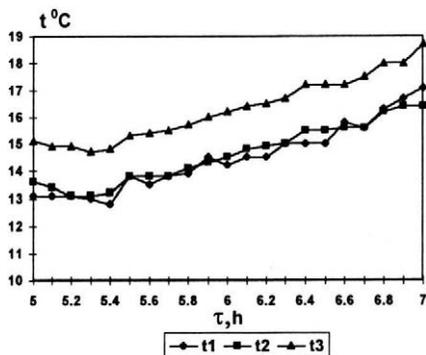
The thermometer covered with a material absorbing the solar rays would respond to the intensity of the solar radiation. To make such thermometer to react to the change of the relative air humidity due to precipitation, the coating material should have high hygroscopic characteristics. The thermometer coated with such material would not respond to the rain in case when the air is saturated with moisture during the rain. Such thermometer would show the lower temperature than the standard one after the rain, when the moisture absorbed by the coating starts to evaporate. To make this thermometer to react to the rain, the moisture from its coating should evaporate during the rain. Consequently, the thermometer should be given some energy. The electric energy is the most suitable for this purpose.

The influence of the meteorological conditions to the readings t_1 , t_2 and t_3 of the standard thermometer R_1 , the thermometer covered with a material absorbing the solar rays R_2 and the heated thermometer coated with a material absorbing the solar rays R_3 , respectively, was determined. The characteristic days – sunny, gloomy and rainy ones – were chosen from the period tested.

The change of the air temperature on a clear night and morning is shown in Figs. 7 and 8. At 3.00–5.00 a.m. the relative air humidity was 87–90%, the average relative air humidity was 89%. At 5.00–7.00 a.m. the relative air humidity was 86–91% and the average relative air humidity was 90%. There is no solar radiation or it is insignificant and equals to $t_2 = t_1(t_2 - t_1)_{\text{average}} = 0.1$ °C



7. The change of the air temperature on a clear night t_1 , t_2 and t_3 measured by the thermometers R_1 , R_2 and R_3 , accordingly



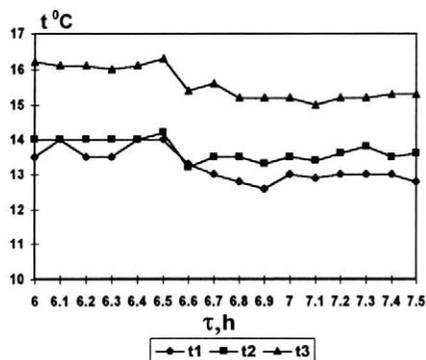
8. The air temperature change on a clear morning

The marking see Fig. 7

at night and in the morning. The temperature t_3 is approximately 1.6 °C higher than the temperature t_1 because of the heating.

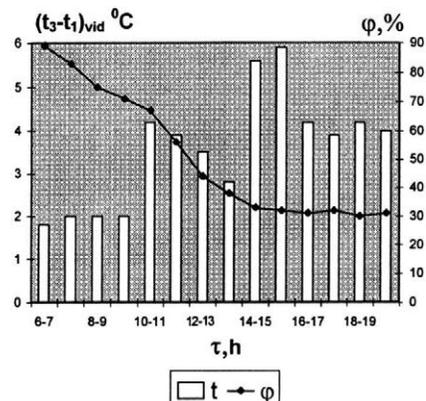
Fig. 9 shows the meteorological conditions of a gloomy and rainy morning. At 6.00–7.30 a.m. the relative air humidity was 90–92%. From 6.00 a.m. to 6.48 a.m. it was gloomy and $(t_2-t_1)_{\text{average}} = 0.3$ °C, i.e., it was almost the same as that on a sunny day, but $(t_3-t_2)_{\text{average}} = 2.1$ °C and $(t_3-t_1)_{\text{average}} = 2.4$ °C. It was raining at 6.48–7.12 a.m.. Now t_2 is higher than t_1 and $(t_2-t_1)_{\text{average}}$ coincides with that on a sunny day morning, $(t_3-t_1)_{\text{average}} = 1.7$ °C and $(t_3-t_1)_{\text{average}} = 2.2$ °C is close to that on a gloomy morning.

On a sunny day when the solar radiation increases and the relative air humidity decreases, the number of the factors influencing the readings of the separate thermometers increases. The temperature readings of the



9. The air temperature change on a gloomy and rainy morning

The marking see Fig. 7

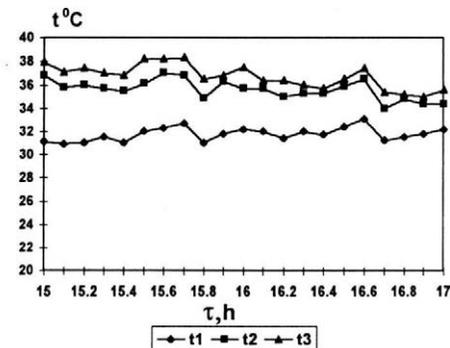


11. The amounts of the average temperature difference $(t_3-t_1)_{\text{average}}$ and the relative air humidity φ on a sunny day

separate thermometers are shown in Fig. 10. The average amounts of $(t_3-t_1)_{\text{average}}$ per hour are shown in Fig. 11. We see that $(t_3-t_1)_{\text{average}}$ constantly increases in the morning from 1.8 °C (at 6.00–7.00 a.m.) to 4.2 °C (at 10.00–11.00 a.m.). At 11.00 a.m. – 2.00 p.m. $(t_3-t_1)_{\text{average}}$ decreases because of a small cloudiness. In the evening the small relative air humidity remains constant longer and at 7.00–8.00 p.m., when $(t_3-t_1)_{\text{average}} = 4$ °C, it still remains 31% (Fig. 11).

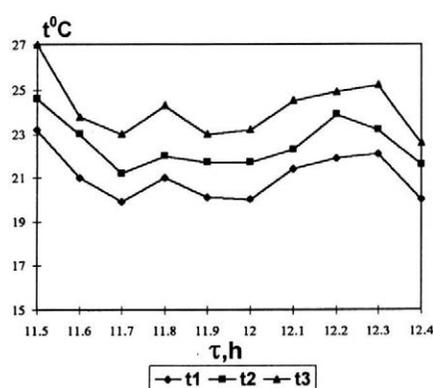
The gloomy day is shown in Fig. 12. On such a day the thermometers R_2 and R_3 heat only from a dispersed radiation. The temperature difference t_3-t_1 during the measurement time was 2.6–3.8 °C.

The most interesting phenomenon is seen in the day time when it rains and after the rain stops. Such a day is shown in Fig. 13. When it was raining at 9.30–10.06 a.m. $t_3-t_1 = 2.3-2.9$ °C, i.e., as in a gloomy or rainy



10. The air temperature change on a sunny day

The marking see Fig. 7



12. The air temperature change on a gloomy day

The marking see Fig. 7

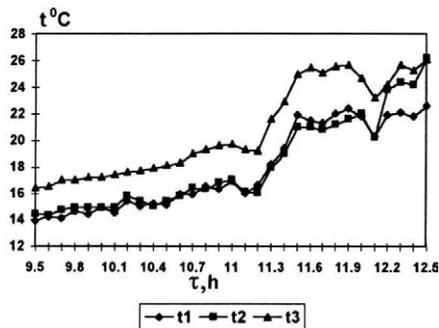
I. Measurement results under different meteorological conditions

Time and meteorological conditions	Time difference		Relative air humidity φ (%)
	t_2-t_1 (°C)	t_3-t_1 (°C)	
Clear night (3.00–5.00 a.m.)	0.0 + 0.5	1.1 + 2.0	87–90
Clear morning (5.00–7.00 a.m.)	-0.3 + 0.5	1.3 + 2.2	86–91
Gloomy morning (6.00–6.48 a.m.)	-0.1 + 0.5	2.1 + 2.7	91–92
Rainy morning (6.48–7.12 a.m.)	0.5 + 0.7	2.1 + 2.6	90–91
Rainy day (9.30–10.00 a.m.)	0.0 + 0.6	2.3 + 2.9	90–91
0–1 h after the rain has stopped	-0.2 + 0.5	2.4 + 3.3	88–90
1–2 h after the rain has stopped	-0.9 + 0.2	2.6 + 4.0	88–70
2–2.5 h after the rain has stopped	-0.1 + 3.6	2.3 + 3.6	69–66
Gloomy day (11.30 a.m.–12.30 p.m.)	0.9 + 2.0	2.6 + 3.8	65–69
Clear day (3.00–5.00 p.m.)	2.8 + 5.7	3.2 + 6.8	31–32

morning. When the rain stops t_3 increases more rapidly than t_1 . This means that the water from the coating of R_3 has evaporated during the rain. The dispersed solar radiation influences the temperature t_3 and the water evaporation from the coating of the thermometer R_3 . We failed to determine the influence of the temperature t_3 to the water evaporation. During the rain and up to 11.06 a.m. the relative air humidity was 90–88% and the water did not evaporate from the coating of R_2 . With the decrease of the relative air humidity the water began to evaporate from the coating of the thermometer R_2 . The temperature reading of the thermometer decreased and at 11.12–11.54 a.m. $t_2-t_1 = -0.5 + -0.9$ °C. At 12.06 p.m. the water from the coating evaporated, t_2-t_1 began to increase and at 12.30 p.m. reached 3.6 °C when the relative humidity was 67%.

The measurement results under different meteorological conditions are given in Tab. I.

The average data of Tab. I is shown in Fig. 14. We can see that clear or gloomy but rainless weather is characterized by the temperature difference t_2-t_1 and



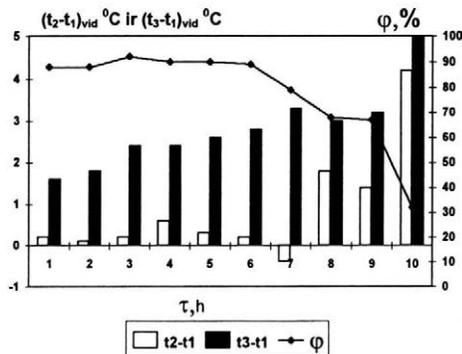
13. The air temperature change during the day when it rains and after the rain

The marking see Fig. 7

t_3-t_1 . When $t_2-t_1 > +2.0$ °C or $t_3-t_1 > +3.8$ °C, then the relative air humidity is smaller than 67% and such air can be used for the drying of agricultural products (Piatruszjawieczius, Brazdeikis, 1996). The temperature difference t_2-t_1 should be used for the automation because this temperature difference is realized by simpler means.

Can the described methods and devices of the grain drying automation be used for the automation of the hay drying?

The hay is dried by the heated air. The blower, that blows the air through the hay, is stopped when the moisture absorption from the hay becomes small and energetically inexpedient. Usually the blowers are switched on in the morning and switched off during the



14. The temperature differences t_2-t_1 and t_3-t_1 at different time during 24-hour period at various meteorological conditions

1 – clear night (3.00–5.00 a.m.); 2 – clear morning (5.00–7.00 a.m.); 3 – gloomy morning (6.00–6.48 a.m.); 4 – rainy morning (6.48–7.12 a.m.); 5 – rainy day (9.30–10.00 a.m.); 6 – 0–1 h after the rain has stopped; 7 – 1–2 h after the rain has stopped; 8 – 2–2.5 h after the rain has stopped; 9 – gloomy day (11.30 a.m.–12.30 p.m.); 10 – clear day (3.00–5.00 p.m.)

rain or in the evening, when the relative air humidity increases. The conclusion was made that it was rational to switch on the blowers in the morning when the temperature difference of the inlet and outlet air was 0.3 °C, when the temperature difference of the inlet and outlet air was taken as a hay drying index, and to switch off in the evening when this difference was 0.6 °C.

During the day the hay heats as the heated air is blown through it, and in the evening when the air temperature decreases, it heats when passing the hay, and, in spite of the fact that the temperature of the air that passed the hay is lower than the temperature of the blown air, the hay dries.

It is inconvenient to use this automation method for the drying with intervals because the blowers cannot be switched on by the temperature difference. In the morning it is possible to switch them on by the time or the lighting increase and this makes automation means more complex and not so reliable. The density of the stacked hayloft is different in various places. The introduced air flows unevenly and it is difficult to determine the places where the temperature sensors would have to be installed. Depending on meteorological conditions the hay is stacked in several days with intervals. The temperature sensors hinder the loading works. In this case every blower needs the separate automation device, the temperature of the air escaping from the other haylofts reduces the control accuracy. The mentioned reasons compel to refuse this drying automation method.

It is more convenient to control the drying of hay or grain by meteorological conditions of the environment. The tests show that it is expedient to switch on the blowers when the relative air humidity is smaller than 80% and to switch them off when the relative air humidity becomes greater. The attempt to use the hay drying automation device (to record minimum temperatures of the day and night) for the grain drying automation was promising.

As the relative air humidity is determined not only by the temperature but by absolute humidity as well, its change during the morning hours, when the absolute humidity increases, is different than in the evening when the absolute humidity decreases. During the tests the air reached 80% relative humidity in the morning when its temperature was 5.5 °C greater than minimum temperature and in the evening smaller than 80% relative humidity remained as long as this difference was greater than 4.0 °C.

It is rational to use temperature difference t_2 and t_1 for the hay drying automation. In such case the hay drying would be stopped not only at night, but also during the rain in the day time.

CONCLUSIONS

1. When the temperature of the drying air is constant, the drying intensity is characterized by the temperature difference of the inlet and outlet air.
2. The temperature difference of the inlet and outlet air as the factor describing the drying intensity can be used for the automation of the drying process when the drying is continuous.
3. The assumption that the air temperature at night is minimum and the air is saturated with moisture can characterize the relative air humidity on clear days.
4. The rainy weather can be characterized by the temperature difference when the temperatures are measured by the thermometers with various ray absorbing and hygroscopic characteristics.
5. During the rain the water evaporates from the thermometer coating and do not characterize the relative air humidity decrease after the rain. The change of the relative air humidity is described by the temperature difference t_2 and t_1 .
6. When agricultural products (e.g., hay) are dried with intervals, the temperature difference t_2 and t_1 can be taken as the drying criterion.

LITERATURE

- BAUMGARTNER, J.: Die Heubelüftung von A bis Z. FAT-Bericht, 1991 (406).
- MÜHLBAUER, W.: Körnertrocknung. Jahrbuch Agrartechnik, VDI, 1991: 113–117.
- PIATRUSZJAWICZIUŠ, W. – BRAZDEIKIS.: Automatyżacja suszenia zboża z aktywnym przewietrzaniem. Automatyżacja w produkcji rolniczej. Materiały na konferencje. Warszawa IBMER, 19–21 wrzesnia 1996: 96–101.
- SHARP, I. R.: A review of low temperature drying simulation models. J. Agric. Eng. Res., 27, 1982 (3): 169–190.
- SMITH, E. A.: Interactive computer program for evaluating the control options for near ambient grain driers. Agric. Engin., 39, 1984 (3): 105–111.

Received on December 4, 1996

Contact Address:

Victoras Petruševičius, Prof., Habil. Doct., Lithuanian Institute of Agricultural Engineering, Randonvaris, LT-4320 Kauno r., Lithuania

EXERGETICKÉ HODNOCENÍ VÝMĚNÍKŮ PRO VYUŽITÍ TEPLA VĚTRACÍHO VZDUCHU

EXERGY EVALUATION OF EXCHANGERS FOR UTILIZATION OF HEAT OF VENTILATING AIR

R. Adamovský¹, J. Kára²

¹Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

²Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepy, Czech Republic

ABSTRACT: The contribution presents the design, verification and analysis of the method of evaluation of the quality of construction and operating properties of exchangers for heat recuperation from ventilating air by exergy balance and exergy efficiencies. Determination of exergy balance of exchanger given by relation (3) is based on $T_p/T-Q$ diagram, presented in Fig. 2. Exergy of different heat flows was calculated according to the relation (4). By the ratio of exergies of heat flows of heated and cooled air according to the relation (5) is expressed exergy efficiency of heat transfer $\eta_{ex,p}$ obtained from dissipated cooled air into heated air. Exergy efficiency of heat utilization from ventilating air $\eta_{ex,i}$ is evaluated by the equation (6). The total exergy efficiency of exchanger $\eta_{ex,c}$ was defined by relation (7). A proposed method of evaluation has been verified by measurement of board recuperation exchanger ZV 3-022 in stable for milk nutrition for 615 to 620 calves. Operating parameters of an exchanger (Fig. 1 and 3) were measured immediately after its installation and again after eleven months of operation. Results of measurements required for determination of exergy balance of a new exchanger (A) and an exchanger after eleven months of operation (B) are processed in Tab. I. Tab. II presents calculated values of exergies of heat flows and values of exergy efficiencies. In view of qualitative evaluation of operating parameters, i.e. especially after contamination of heat-exchange areas in exchanger, the measurement showed: – decrease in exergy efficiency of heat transfer from dissipated, cooled air $\eta_{ex,i}$ by 2.4% caused by contamination of heat-exchanging areas on the side of dissipated air, – decrease in exergy efficiency of heat transfer from dissipated air conducted into heated air $\eta_{ex,p}$ by 7.2% influenced by contamination of heat-exchanging areas on both sides, – decrease in total exergy efficiency of exchanger $\eta_{ex,c}$ by 4.5%. Increase in exergy E_{12} given by reduction of efficiency $\eta_{ex,i}$ and decrease in exergy E_{e2} , induced by decrease in efficiency $\eta_{ex,p}$ and increase of loss flow of exergy E , follow from diagram of percentage distribution of exergies of heat flows in a new exchanger (A) and in exchanger after eleven months of operation (B), processed in Fig. 4. In evaluation of measured variables was showed that more significant results of changes of exergy efficiencies of exchangers characterizing its operating properties should be obtained during measurements in dusty, operation-demanding stable, e.g. for fattening of chick broilers on deep litter and dry feeding. Results of measurements and calculations showed that a proposed method of evaluation of exchangers for heat recuperation from ventilated air by means of exergy analysis gives a complex view of passing thermodynamic actions and allows to optimize them. The method takes down in detail the quality of construction of exchanger as well as the changes in its properties given by operation of exchanger.

ventilation of stables; recuperation exchanger; exergy; energy; efficiency

ABSTRAKT: V příspěvku je navržena a analyzována metoda hodnocení kvality konstrukce a provozních vlastností výměníků pro zpětné získávání tepla z větracího vzduchu pomocí exergetické bilance a exergetických účinností využití tepla z odváděného větracího vzduchu a přenosu tepla získaného z odváděného ochlazovaného vzduchu do přiváděného ohřivaného vzduchu. Metoda byla aplikována při hodnocení deskového rekuperačního výměníku ZV 3-022, instalovaného v pavilonu mléčné výživy telat. Výsledky měření ukázaly, že po jedenácti měsících provozu v poměrně málo prašném prostředí poklesla exergetická účinnost využití tepla z větracího vzduchu o 2,4 % a účinnost přenosu tepla z odvětrávaného vzduchu do přiváděného ohřivaného vzduchu o 7,2 %. Navržené hodnocení provozních vlastností výměníků pomocí exergetické bilance dává komplexní pohled na probíhající termodynamické děje a umožňuje tyto děje hodnotit i optimalizovat.

větrání stájí; rekuperační výměník; exergie; energie; účinnost

ÚVOD

Energetické bilance výměníků tak, jak se v technické praxi běžně počítají, vycházejí z I. termodynamické věty a zahrnují pouze okamžité kvantitativní stránky tepelných toků. Nelze proto vůbec (nebo jen ve velmi omezené míře) definovat ztráty energie podmíněné nevrátností dějů a ztráty, které můžeme omezit účelným vedením procesů přenosu tepla. Tyto vlastnosti můžeme vyjádřit exergiemi tepelných toků, které mají přirozený nulový bod ve stavu okolí a ohodnocují tak v souladu s II. zákonem termodynamiky kvalitu přenosu tepelných toků, resp. transformovatelnost energie.

Prof. Z. Rant z Univerzity v Braunschweigu formuloval v roce 1953 na konferenci o teple v Lindau/Bad Schachen pomocí exergie a anergie I. i II. termodynamickou větu. Zákony formuluje takto:

I. zákon o zachování energie = při všech procesech zůstává suma exergie a anergie konstantní;

II. zákon o znehodnocování energie = při všech nevrátných procesech se mění exergie na anergii, pouze u vratných procesů zůstává exergie konstantní.

Ve smyslu těchto zákonů lze energii tepelného toku Q sděleného ve výměníku rozdělit na exergii E (využitelnou, transformovatelnou energii) a anergii B (nevyužitelnou energii). Exergie a anergie jsou veličiny komplementární, tzn., že díl energie, který není exergií, je anergií.

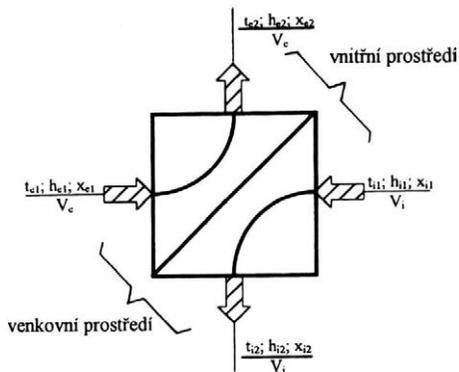
Metoda hodnocení kvality konstrukce i provozních vlastností výměníků pomocí exergetické bilance a účinnosti nebyla podle našich znalostí dosud publikována. Exergetické bilance se výjimečně používají při hodnocení elektrárenských provozů (L i e r, 1963), procesů spalování (R a n t, 1961) či procesů chlazení (G r a s s m a n n, 1961). Teoretickými rozborů exergií tepelných toků při sdílení tepla ve výměnících se zabývali B e r g m a n a S c h m i d t (1969) při hodnocení výměníků tepla pro regenerační ohřívání napájecí vody v elektrárně. V publikaci je však řešena zejména otázka finančního ohodnocení exergie jako nákladové veličiny.

Uvedené skutečnosti a přesvědčení o tom, že hodnocení konstrukce a provozních vlastností výměníku pomocí exergetické bilance může průkazně vypovídat o procesech sdílení tepla, nás vedly ke zpracování tohoto příspěvku. Cílem práce je navrhnout, ověřit a analyzovat metodu hodnocení výměníku pro zpětné získávání tepla z větracího vzduchu pomocí exergií tepelných toků a exergetických účinností.

METODA

1. TEORETICKÝ ROZBOR

Uvažujeme-li dílčí úsek výměníku tepla (obr. 1), ve kterém teplý odvětrávaný vzduch i odevzdává energii ve formě tepla chladnému vzduchu e , pak vzduch i předává tokem tepla dQ tok exergie:



1. Výpočtové schéma rekuperačního výměníku – Calculation scheme of recuperation exchanger

vnitřní prostředí – internal medium
venkovní prostředí – external medium

$$dE_i = \left(1 - \frac{T_o}{T_i}\right) \cdot dQ \quad (\text{W}) \quad (1)$$

Chladný vzduch e však dostane pouze tok exergie:

$$dE_e = \left(1 - \frac{T_o}{T_e}\right) \cdot dQ \quad (\text{W}) \quad (2)$$

kde: T_e – termodynamická teplota tepelného toku e (K)
 T_i – termodynamická teplota tepelného toku i (K)
 T_o – termodynamická teplota okolního prostředí (K)

Rozdíl $dE_i - dE_e$ je tok ztracené exergie, tedy tok exergie, který se následkem konečného rozdílu $T_i - T_e$ přemění na anergii.

Při stanovení exergetické bilance výměníku jsme vycházeli z obr. 1 a diagramu $\frac{T_o}{T} - Q$ (B e r g m a n n a S c h m i d t, 1969). V diagramu na obr. 2 je vyneseno

poměr $\frac{T_{e1}}{T}$ v závislosti na sděleném teple Q . Teplota T_{e1} je termodynamickou teplotou venkovního vzduchu vstupujícího do výměníku, tedy termodynamickou teplotou okolního prostředí. Poměr $\frac{T_{e1}}{T_o} = 0$, protože T_o je

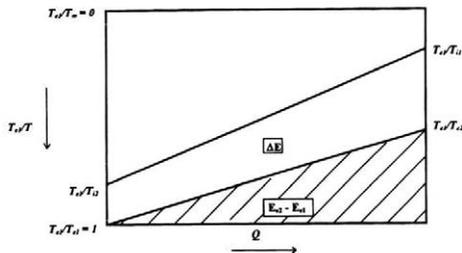
nekonečně vysokou teplotou. Dolní poměr $\frac{T_{e1}}{T_i} = 1$.

Protože exergie tepelného toku Q je definovaná jako součin $Q \cdot \left(1 - \frac{T_{e1}}{T}\right)$, představují plochy mezi rovnoběžnou

přímkou $\frac{T_{e1}}{T} = 1$ a přímkami průběhu teplot $\frac{T_{e1}}{T}$

exergie tepelných toků, které se podílejí na sdílení tepla ve výměníku. Platí tedy podle obr. 2:

$$E_{e2} + E_{e1} + \Delta E = E_{i1} - E_{i2} \quad (\text{W}) \quad (3)$$



2. Exergetická bilance výměníku tepla – Exergy balance of heat exchanger

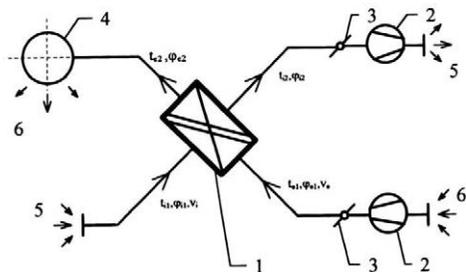
kde: E_{e1} – exergie tepelného toku ohřívávaného venkovního vzduchu (W)
 E_{e2} – exergie tepelného toku ohřátého venkovního vzduchu (W)
 E_{i1} – exergie tepelného toku ochlazovaného vnitřního vzduchu (W)
 E_{i2} – exergie tepelného toku ochlazeného vnitřního vzduchu (W)
 ΔE – ztrátový tok exergie (W)

Jednotlivé exergie tepelných toků jsme vypočetli ve smyslu rovnic (1) a (2) podle vztahu:

$$E = \frac{V \cdot \rho}{(1+x)} \cdot (h - h_{e1}) \cdot \left(1 - \frac{T_{e1}}{T}\right) \quad (\text{W}) \quad (4)$$

kde: V – objemový tok vzduchu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
 ρ – měrná hmotnost vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 x – měrná vlhkost vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.v.)
 h – měrná entalpie vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Z rovnice (4) vyplývá, že exergie tepelného toku ohřívávaného venkovního vzduchu $E_{e1} = 0$, protože $T = T_{e1}$. Poměrem exergií tepelných toků ohřívávaného a ochlazovaného vzduchu vyjadřujeme exergetickou účinnost $\eta_{ex,p}$ přenosu tepla získaného z odváděného ochlazovaného vzduchu do vzduchu ohřívávaného:



3. Schéma instalace rekuperačního výměníku a měření – Scheme of installation of recuperation of exchanger and measurement

1. deskový rekuperační výměník ZV 3-022 – board recuperation exchanger ZV 3-022
 2. axiální ventilátor LAN W 450.4 – axial ventilator LAN 450.4
 3. klapky obtoků výměníku – valves of bypasses of exchanger
 4. perforovaný foliový rukávce – perforated foil sleeve
 5. odvod vnitřního ochlazovaného vzduchu – dissipation of internal cooled air
 6. přívod venkovního ohřívávaného vzduchu – supply of external heated air

$$\eta_{ex,p} = \frac{E_{e2} - E_{e1}}{E_{i1} - E_{i2}} \quad (-) \quad (5)$$

Exergetickou účinnost využití tepla z odváděného větracího vzduchu $\eta_{ex,i}$ hodnotíme podle rovnice:

$$\eta_{ex,i} = 1 - \frac{E_{i2}}{E_{i1}} \quad (-) \quad (6)$$

Celkovou exergetickou účinnost výměníku $\eta_{ex,c}$ jsme pak definovali vztahem:

$$\eta_{ex,c} = \eta_{ex,p} \cdot \eta_{ex,i} = \frac{E_{e2}}{E_{i1}} \quad (-) \quad (7)$$

Tato účinnost odpovídá termické, resp. entalpické účinnosti výměníku, definované poměrem rekuperovaného tepelného výkonu k celkovému výkonu, který je možné získat, kdyby se podařilo využít celý teplotní spád mezi vnitřním a venkovním vzduchem.

Při výpočtu měrných parametrů ochlazovaného a ohřívávaného vzduchu jsme použili známých vztahů (Recknagel et al., 1994).

2. METODIKA MĚŘENÍ

Měření jsme uskutečnili ve stáji pro mléčnou včívku pro 615 až 620 telat v ZD Zálší v Kosofině. Ve stáji z lehké ocelové konstrukce s hliníkovým opláštěním a tepelnou izolací byla telata ustájena v bezstelivové technologii na ocelových rostech s vyvýšeným stáním. Tekuté krmení dávalo do koryt mobilní krmný stroj.

V této stáji jsme ověřovali deskový rekuperační výměník ZV 3-022, vyrobený ZD Horní Brusnice.

Technické parametry výměníku:

- rozměry: délka 0,98 m, šířka 0,57 m, výška 0,63 m
- hmotnost: 280 kg
- počet článků: 16
- světlost vzduchového kanálu mezi články: 0,015 m
- teplosměnné plochy: ploché desky z pozinkovaného plechu o síle 0,55 mm
- objemový průtok vzduchu: 0,4–0,7 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- vstupní průřez pro odváděný vzduch: 0,62 m^2
- vstupní průřez pro přiváděný vzduch: 0,34 m^2
- dva ventilátory LAN W 450.4

Provozní parametry výměníku jsme měřili ihned po jeho instalaci a po jedenácti měsících provozu. Pro stanovení exergetické bilance výměníku byly měřeny hodnoty podle obr. 3:

- a) teploty ochlazovaného odváděného stájového vzduchu t_{i1} , t_{i2} ($^{\circ}\text{C}$),
- b) teploty ohřívávaného venkovního vzduchu t_{e1} , t_{e2} ($^{\circ}\text{C}$),
- c) rychlosti proudění ochlazovaného a ohřívávaného vzduchu v_{i1} , v_{e1} ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
- d) relativní vlhkosti ochlazovaného vzduchu φ_{i1} , φ_{i2} ,
- e) relativní vlhkosti ohřívávaného vzduchu φ_{e1} , φ_{e2} .

Pro měření teplot a relativních vlhkostí jsme použili odporová teplotní čidla PT 100 s napětovým výstupem a psychrometry s nuceným ochlazením mokrého teploty

I. Výsledky měření deskového rekuperačního výměníku ZV 3-022 – Results of measurement of board recuperation exchanger ZV 3-022

Měření ¹	Naměřené hodnoty ²									
	V_i (m ³ .s ⁻¹)	V_e (m ³ .s ⁻¹)	t_{i1} (°C)	Φ_{i1} (-)	t_{i2} (°C)	Φ_{i2} (-)	t_{e1} (°C)	Φ_{e1} (-)	t_{e2} (°C)	Φ_{e2} (-)
A	0,58	0,42	19,60	0,48	12,8	0,42	-6,00	0,70	9,20	0,37
B	0,54	0,28	21,7	0,40	14,80	0,63	2,20	0,80	14,80	0,35

¹measuring, ²measured values

V_i, V_e – dojemový tok ochlazovaného a ohřívávaného vzduchu – rates of flowing of cooled and heated air

t_i – teploty ochlazovaného odváděného stájového vzduchu – temperatures of cooled dissipated stable air

t_e – teploty ohřívávaného venkovního vzduchu – temperatures of heated outdoor air

Φ_i – relativní vlhkosti ochlazovaného vzduchu – relative moisture of cooled air

Φ_e – relativní vlhkosti ohřívávaného vzduchu – relative moisture of heated air

II. Exergie tepelných toků a exergetické účinnosti – Exergy of heat flows and exergy efficiency

Měření ¹	E_{i1} (W)	E_{i2} (W)	E_{e2} (W)	ΔE (W)	$\eta_{ex,p}$ (-)	$\eta_{ex,i}$ (-)	$\eta_{ex,c}$ (-)
A	2 308,71	1 126,52	494,66	687,53	0,418	0,512	0,214
B	1 118,36	572,91	188,60	386,85	0,846	0,488	0,169

¹measuring

E_{i1} – exergie tepelného toku ochlazovaného vnitřního vzduchu – exergy of heat flow of cooled internal air

E_{i2} – exergie tepelného toku ochlazeného vnitřního vzduchu – exergy of heat flow of cooled internal air

E_{e2} – exergie tepelného toku ohřátého venkovního vzduchu – exergy of heat flow of heated external air

ΔE – ztrátový tok exergie – loss flow of exergy

$\eta_{ex,p}$ – exergetická účinnost přenosu tepla z ochlazovaného vzduchu do vzduchu ohřívávaného – exergy efficiency of heat transfer from cooled air into heated air

$\eta_{ex,i}$ – exergetická účinnost využití tepla z odváděného větracího vzduchu – exergy efficiency of heat utilization from dissipated ventilating air

$\eta_{ex,c}$ – celková exergetická účinnost výměníku – total exergy efficiency of exchanger

měru s proudovým výstupem. Rychlosti proudění vzduchu jsme měřili anemometrem firmy Ahlborn. Vzhledem k tomu, že teploty ani rychlosti proudění vzduchu nebyly ve výtokových průřezích konstantní, rozdělili jsme průřezy na n stejných ploch o velikosti F_n , změřili hodnoty v jednotlivých polích a vypočetli střední hodnoty pro celý průřez.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky měření využité pro stanovení exergetické bilance nového výměníku (A) a výměníku po jedenácti měsících provozu (B) jsou zpracované v tab. I. V obou případech pracovaly výměníky v suchém provozu bez kondenzace vody z odváděného vzduchu $x_{i1} = x_{i2}$.

V tab. II jsou uvedeny vypočtené hodnoty exergií tepelných toků a hodnoty exergetických účinností.

Z hlediska kvalitativního hodnocení provozních parametrů, tj. v našem případě znečištění teplosměnných ploch výměníku po jedenácti měsících provozu, měření prokázalo:

1. pokles exergetické účinnosti využití tepla z odváděného ochlazovaného vzduchu $\eta_{ex,i}$ o 2,4 %, přičemž relativní pokles účinnosti vůči účinnosti nového výměníku dosáhl hodnoty 4,69 %. Toto snížení účinnosti je zřejmě způsobeno znečištěním teplosměnných ploch na straně odváděného vzduchu;

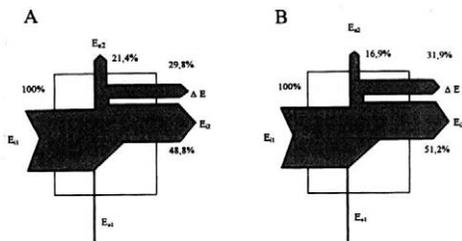
2. pokles exergetické účinnosti přenosu tepla z odváděného vzduchu do přiváděného, ohřívávaného vzduchu $\eta_{ex,p}$ o 7,2 %. V relativní hodnotě činí pokles účinnosti 17,22 %. Snížení účinnosti přenosu tepla je ovlivněno znečištěním teplosměnných ploch na obou stranách;

3. Celková exergetická účinnost výměníku $\eta_{ex,c}$ se snížila o 4,5 %, tj. v relativní hodnotě o 21,04 %.

Exergetická účinnost nového výměníku dosahuje relativně nízké hodnoty 21,4 %. Tato hodnota naznačuje možnosti zlepšení prostupu tepla v dělicí stěně, např. vhodným tvarováním teplosměnných ploch za účelem dosažení turbulentního proudění při nižších rychlostech vzduchu. Uvedenou hodnotu exergetické účinnosti však nelze považovat za mimořádně nízkou. Exergetické analýzy procesů světové důležitosti, jako je vytápění budov, ukázaly (B o s n j a k o v i č, 1969), že exergetická účinnost dosahuje hodnoty sotva 10 %, tzn. že pro vytápění budov spotřebujeme desetinásobek nebo i vícenásobek teoreticky potřebného paliva.

Diagram procentuálního dělení exergií tepelných toků nového výměníku (A) a výměníku po jedenácti měsících provozu (B) je zpracovaný na obr. 4. Z diagramu vyplývá zvýšení exergie E_{i2} dané snížením účinnosti $\eta_{ex,i}$ a snížením exergie E_{e2} vyvolané snížením účinnosti $\eta_{ex,p}$ a zvýšením ztrátového toku exergie ΔE .

Při vyhodnocování naměřených veličin se ukázalo, že průkaznějších výsledků změn exergetických účinností



4. Schéma toků exergie v deskovém rekuperačním výměníku ZV 3-022 – Scheme of flows of exergies in board recuperation exchanger ZV 3-022

A – nový výměník – new exchanger

B – výměník po jedenácti měsících provozu – exchanger after eleven months of operation

ností výměníku charakterizujících jeho provozní vlastnosti bychom dosáhli při měření v prašné, provozně náročné stáji, např. pro výkrm kuřecích brojlerů na hluboké podestýlce a při suchém krmení. V takovém provozu dochází k významnému znečištění teplosměnných ploch již po několika dnech (Adamovský et al., 1996).

ZÁVĚR

Výsledky měření a výpočtů prokázaly, že navržená metoda hodnocení výměníků pro zpětné získávání tepla z větracího vzduchu pomocí exergetické analýzy dává komplexní pohled na probíhající termodynamické děje a umožňuje je optimalizovat. Metoda podrobně zachycuje kvalitu konstrukce výměníku i změny jeho vlastností dané provozem výměníku.

Měření deskových rekuperačních výměníků ZV 3-022 vyrobených ZD Horní Brusnice ukázalo, že po jedenácti měsících provozu v poměrně málo náročném prostředí z hlediska prašnosti i požadovaných teplot poklesla exergetická účinnost využití tepla z větracího vzduchu o 2,4 % a účinnost přenosu tepla z ochlazovaného do ohřívajícího vzduchu o 7,2 %.

LITERATURA

- ADAMOVSÝ, R. – HUTLA, P. – BLAŽEK, M.: Analysis of heat efficiency of the recuperation exchangers in microclimate exacting stables. In: *Scientia Agriculturae Bohemica*, 27 (4), Praha, Czech University of Agriculture 1996: 303–313.
- BERGMANN, E. – SCHMIDT, K.R.: K technicko-ekonomické optimalizaci výměníků tepla pro regenerační ohřívání napájecí vody v elektrárně. In: *Energie a exergie*. Praha, SNTL 1969: 64.
- BOSNJAKOVIČ, R.: Vyhodnocování tepelně technických procesů pomocí exergie. In: *Energie a exergie*. Praha, SNTL 1969: 9.
- GRASSMANN, P.: Der thermodynamische Mittelwert der Temperatur und der Wirkungsgrad von Kaltgasmaschinen. *Bauzeitung*, 79, 1961(46): 797.
- LIER von, J. J. C.: Thermodynamische processen in de centrale en mogelijkheden tot het verbeteren van deze processen. 1 ed. Amsterdam, Argus, 1963. 73 s.
- RANT, Z.: Zur Bestimmung der spezifischen Exergie der Brennstoffe. *Wärmetechnik*, 10, 1961: 172.
- RECKNAGEL, H. – SPRENGER, E. – SCHRAMEK, E. R.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. 67. ed. R. Oldenbourg Verlag München, Wien. 1994. 1899 s.

Došlo 12. 3. 1997

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Radomír Adamovský, CSc., Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel. 02/24 38 31 80, fax 02/20 92 13 61

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION
Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic
Fax: (00422) 24 25 39 38

In this institute scientific journals dealing with the problems of agriculture and related sciences are published on behalf of the Czech Academy of Agricultural Sciences. The periodicals are published in the Czech or Slovak languages with long summaries in English or in English language with summaries in Czech or Slovak.

Subscription to these journals should be sent to the above-mentioned address.

Periodical	Number of issues per year
Rostlinná výroba (Plant Production)	12
Živočišná výroba (Animal Production)	12
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12
Lesnictví – Forestry	12
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4
Zahradnictví (Horticultural Science)	4
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6

POSOUZENÍ EXTRAHOVANÝCH ŘEPKOVÝCH ŠROTŮ JAKO PALIVA

CONSIDERATION OF EXTRACTED RAPE GROATS AS A FUEL

H. Kolomazníková¹, J. Ondráček¹, Z. Skála²

¹Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

²Technical University, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: Larger utilization of rape oil for technical purposes raises requirements for using of by-products arisen in press oil process. Besides all these by-products are extracted rape groats whose contents of residual oil is 2–3%. Except utilization as foodstuff it is necessary to find another way of their employing above all in the energy utilization. We solved combustion of the groats. We found out essential fuel characteristics and we carried out practical burning tests for emission determination releasing in their combustion. Calorimetric tests proved lineary dependence of heating value on increasing oil contents and decreasing water contents. Heat of combustion of standard groats sample (water contents to 10%, oil contents 2.6%) is 18.6 MJ.kg⁻¹ and calculated heating value is 17.1 MJ.kg⁻¹. Combustion of extracted rape groats in boiler ARK 1000 with fluid pre-boiler showed that it was possible to burn groats without any problems. All of emission limits formulated by law were fulfilled, except CO contents in flue gas caused by bad technical state of boiler.

rape; extracted rape groats; combustion; emission

ABSTRAKT: Rozvíjející se využívání řepkového oleje k technickým účelům klade zvýšené požadavky také na využití vedlejších produktů vznikajících v procesu lisování oleje. Těmito produkty jsou mimo jiné extrahované řepkové šrotky zbytkovým obsahem tuku 2 až 3 %. Kromě krmivářského využití je nutné najít jiné možnosti, především energetického zpracování šrotů. Přspěvek řeší otázku spalování extrahovaných šrotů, tzn. zjištění základních palivářských charakteristik a uskutečnění topné zkoušky, k určení obsahu plyných škodlivin vznikajících při jejich spalování. Kalorimetrické zkoušky prokázaly lineární závislost výhřevnosti na rostoucím obsahu tuku a na snižující se vlhkosti. Spalné teplo standardního vzorku šrotů (vlhkost do 10 %, obsah tuku 2,6 %) je 18,6 MJ.kg⁻¹ a z něho vypočtená výhřevnost 17,1 MJ.kg⁻¹. Spalování extrahovaných řepkových šrotů v kotli ARK 1000 s fluidním předtopeništěm prokázalo, že šrotky lze bez problémů spalovat, přičemž emisní limity dané zákonem byly splněny až na obsah CO ve spalinách, způsobený špatným technickým stavem kotle.

řepka; extrahované řepkové šrotky; spalování; emise

ÚVOD

V roce 1991 byl v České republice nastartován „Oleoprogram“ MZe, zaměřený na využití řepky pro výrobu biopaliv a biomaziv jako náhrady tradičních fosilních zdrojů. Během pěti let byly v ČR vybudovány výrobní kapacity na 60 tis. tun bionafty za rok. Největší podíl na této produkci má podnik MILO Olomouc (30 tis. tun), který v rámci technologického postupu využívá horkého lisování řepky s následnou extrakcí zbytkového tuku. Produktem jsou extrahované řepkové šrotky s obsahem oleje 2 až 3 %. Malé lisovny řepkového oleje v procesu studeného lisování produkují řepkové pokruty s obsahem oleje 14 až 17 %, které jsou hodnotným krmivem a s jejich odbytem nejsou větší problémy.

Odbyt extrahovaných řepkových šrotů pro krmivářské účely během let kolísal; v současnosti, kdy se znač-

ná část exportuje do zahraničí, je poptávka na trhu větší než nabídka. Do budoucna, především v konkurenci se sójovými šrotky, je ale třeba zvažovat také jiné možnosti jejich využití. Současně s evropským trendem snižovat využití půdy pro potravinářskou produkci může stejná situace nastat i u nás. Produkce řepky pak bude muset být využita čistě pro technické účely, a to řepkový olej pro výrobu bionafty a biomaziv a řepkové šrotky pro energetické zpracování.

Naše práce je zaměřena na tuto energetickou oblast využití extrahovaných řepkových šrotů (ERŠ), a to na jejich spalování. Z hlediska energetické bilance je to nejvýhodnější cesta; poměr energetického vstupu ku výstupu činí u varianty výroby a užití bionafty (bez dobropisů – glycerin, sláma, šrot) 1 : 1,17, u varianty výroby bionafty a užití šrotu jako krmiva 1 : 1,78 a u varianty výroby bionafty a termického zpracování šrotů i řepkové slámy 1 : 3,42 (IFEU Heidelberg,

I. Analýza extrahovaných řepkových šrotů (obsah v % hm.) – Analysis of extracted rape groats-ERŠ (contents in wt. %)

Palivo ¹	C	H	N	S	O	Cl	Mg	Ca	K	Si	P
ERŠ	41,74	5,31	5,47	0,54	31,20	0,044	0,51	0,63	1,01	0,018	0,564

¹fuel

II. Dodatek k analýze extrahovaných řepkových šrotů (obsah v mg.kg⁻¹ v sušině) – Addition to extracted rape groats analysis (mg.kg⁻¹ d.b.)

Palivo ¹	F	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	As	Hg	Mn	Fe	Ni
ERŠ	<2	33,0	<0,5	<0,5	<0,5	5,5	<0,5	0,03	38,5	121	1,23

¹fuel

III. Palivářský rozbor extrahovaných řepkových šrotů – Fuel characteristics of extracted rape groats

Stanovení ¹	Jednotka ²	Vzorek ³
Voda ⁴	% hm.	9,21
Popel ⁵	% hm.	6,49
Spalitelné látky ⁶	% hm.	84,30
Prchavá hořlavina ⁷	% hm.	65,84
Spalné teplo ⁸	MJ.kg ⁻¹	16,87
Výhřevnost ⁹	MJ.kg ⁻¹	15,50
CO ₂ max	% obj.	19,13

¹determination, ²unit, ³sample, ⁴water, ⁵ash, ⁶combustible substances, ⁷volatile combustible, ⁸heat of combustion, ⁹heating value

SRN). Metodika výpočtu energetických bilancí se liší podle autora a podle rozsáhlosti vstupů, které do bilance započítává.

Cílem práce bylo zjistit, zda jsou ERŠ vhodné ke spalování, a vykonat praktickou topnou zkoušku ke zjištění koncentrací škodlivin ve spalinách.

METODA

Podkusným materiálem byly ERŠ. Jejich palivářské vlastnosti jsou, stejně jako u ostatních paliv, posuzovány podle několika charakteristik. Jsou to: chemické složení, spalné teplo a výhřevnost, obsah prchavé hořlaviny a obsah popele (tab. I–III). Parametry charakterizující ERŠ dodané podnikem MILO Olomouc, a. s., byly v souladu s ČSN 07 0305 „Hodnocení kotlových ztrát“ a se souvisejícími normami ČSN a ISO stanoveny na VŠCHT Praha, Ústavu energetiky.

STANOVENÍ SPALNÉHO TEPLA

Závislosti spalného tepla na vlhkosti a obsahu tuku jsme zjišťovali kalorimetrickými měřeními. Měřicím zařízením byl kalorimetr s dvojitým vodním pláštěm a uzavřenou kalorimetrickou bombou plněnou kyslíkem KL-5. Pro analýzu obsahu tuku byly sesbírány řepkové pokruty z několika výroben používajících rozdílné technologie lisování řepky. Obsah tuku byl

stanoven extrakcí vzorku éterem. Jeden vzorek šrotů o obsahu tuku 2,6 % byl vlhčen na různý obsah vlhkosti a podroben kalorimetrické zkoušce.

Výhřevnost paliva byla stanovena výpočtem z naměřeného spalného tepla odečtením výparného tepla vody vzniklé při spálení šrotů:

$$Q_s = Q_i - 24,58 (W + 8,94 H) \quad (\text{kJ.kg}^{-1})$$

kde: Q_s – spalné teplo (kJ.kg⁻¹)

Q_i – výhřevnost (kJ.kg⁻¹)

W – vlhkost paliva vztahovaná na sušinu (%)

H – hmotnostní podíl vodíku v palivu (%)

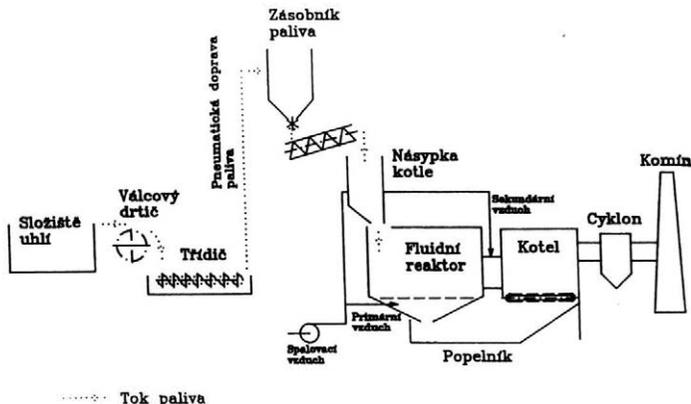
STANOVENÍ KONCENTRACÍ ŠKODLIVIN

Dále byla provedena praktická topná zkouška. Měřeným zařízením byl kotel Vihorlat Snina ARK 1000 s upravenou zadní stěnou pro předřazený fluidní reaktor. Technologické zařízení je tvořeno čtyřmi provozními celky: zauhlování a příprava paliva, kotel s fluidním předtopeništěm, odpopelňování, zařízení umělého tahu a odpopílkování (obr. 1). Ze tří provozních kotlů byl vybrán jeden pod označením K3 o jmenovité výkonnosti 1 160 kW. Během topné zkoušky byl provozován na 60 % jmenovitého výkonu. Odběrové místo spalin bylo zvoleno bezprostředně na výstupu spalin z kotle v místě snímání jejich teploty pro měření a regulaci kotelný. Měření se konalo v kotelně ZOD Ploština-Loučka 24. 9. 1996, a to při spalování:

- aditivovaného hnědouhelného hruboprahu (Hp 4 ad 748),
- směsi 20 % ERŠ a 80 % aditivovaného hnědouhelného hruboprahu,
- směsi 40 % ERŠ a 60 % aditivovaného hnědouhelného hruboprahu,
- extrahovaných řepkových šrotů.

MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Měřicím přístrojem byl FLUE GAS ANALYSER GA-60, jehož měřicí princip je založen na využití elektrochemických převodníků. Přístroj ukazuje koncentrace těchto složek spalin: kyslík, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, oxid siřičitý, oxid dusnatý, oxid dusičitý a chlorovodík. Současně byly měřeny teplota spalin a pře-



I. Schéma měřeného zařízení – Scheme of measured equipment

složisté uhlí – coal dump
 válcový drtič – cylindrical crusher
 třídíč – separator
 pneumatická doprava paliva – pneumatic transport of fuel
 zásobník paliva – fuel bin
 spalovací vzduch – heating air
 primární vzduch – primary air

násypka kotle – filling of boiler
 fluidní reaktor – fluid reactor
 sekundární vzduch – secondary air
 kotel – boiler
 popelník – ash pan
 cyklon – cyclone
 komin – chimney
 tok paliva – fuel flow

bytek vzduchu. Intervál měření byl stanoven na dvě minuty.

VÝPOČTY

Naměřené výsledky jsou uváděny ve třech variantách:

- objemová koncentrace v ppm,
-

IV. Naměřené hodnoty spalného tepla (MJ.kg^{-1}) v závislosti na obsahu tuku (%), vypočítaná výhřevnost (MJ.kg^{-1} , obsah H = 5,31 %) – Total heating value (MJ.kg^{-1}) in dependence on oil contents (%) and calculated heating value (MJ.kg^{-1} , content of H = 5.31%)

Vzorek číslo ¹	Tuk ² (%)	Spalné teplo ³ (MJ/kg)	Vlhkost ⁴ (%)	Výhřevnost ⁵ (MJ/kg)
1	2,63	18,60	12,27	17,131
2	3,10	18,77	9,40	17,372
3	13,89	21,23	8,71	19,849
4	14,04	21,40	7,40	20,051
5	14,56	21,72	7,22	20,375
6	14,76	21,16	7,51	19,808
7	14,95	22,12	10,26	20,700
8	16,20	22,26	8,70	20,879
9	17,25	22,03	7,59	20,676
10	19,97	22,56	7,57	21,207
11	21,46	23,29	8,69	21,909

¹sample No., ²fat, ³heat of combustion, ⁴moisture, ⁵heating value

- hmotnostní koncentrace za normálních podmínek (273 K; 101,33 kPa) v mg.Nm^{-3} ,
- hmotnostní koncentrace za normálních podmínek (273 K; 101,33 kPa), vztažená na zadaný obsah kyslíku v mg.Nm^{-3} .

Podle Opatření FVŽp (1992) platí emisní limity pro spalování tuhých paliv přepočtené na obsah kyslíku ve spalinách ve výši 6 % obj. pro uhlí a 11 % obj. pro spalování dřevního odpadu. ERŠ nejsou v tomto zákoně výslovně uváděny jako palivo, proto pro jejich hodnocení byly použity emisní limity platné pro dřevo. Koncentrace na referenční obsah kyslíku byly přepočteny podle vztahu:

$$C_{př} (6\% \text{ resp. } 11\% \text{ O}_2) = C_{měř} \cdot \left[\frac{20,95 - (6,11)}{20,95 - \text{O}_2} \right]$$

kde: $C_{př}$ (6% resp. 11% O₂) – koncentrace znečišťující látky přepočítaná na 6%, resp. 11% obsah kyslíku ve spalinách
 $C_{měř}$ – naměřená koncentrace znečišťující látky ve spalinách
 O₂ – naměřený obsah kyslíku ve spalinách

Integraci, průměrování hodnot a přepočty koncentrací z ppm na mg.m^{-3} vykonává zabudovaný mikroprocesor automaticky.

VÝSLEDKY

Podle elementárního rozboru šrotů lze říci, že obsahují zhruba stejné množství C, H, O jako dřevo. Nižší obsah kyslíku u šrotů je nahrazen vyšším zastoupením

V. Naměřené hodnoty spalného tepla (MJ.kg^{-1}) v závislosti na obsahu vody (%), vypočtená výhřevnost (MJ.kg^{-1} , obsah H = 5,31 %, obsah tuku = 2,6 %) – Total heating value (MJ.kg^{-1}) in dependence on water contents (%) and calculated heating value (MJ.kg^{-1} , content of H = 5.31, oil = 2.6%)

Vzorek číslo ¹	Vlhkost ² (%)	Spalné teplo ³ (MJ/kg)	Výhřevnost ⁴ (MJ/kg)
1	4,87	19,40	18,113
2	12,27	18,60	17,132
3	18,53	17,27	15,648
4	21,77	17,37	15,668
5	23,79	16,41	14,658
6	30,59	14,42	12,501
7	33,43	13,78	11,791
8	38,45	12,31	10,198
9	43,25	11,68	9,450
10	47,93	9,84	7,495
11	48,66	9,79	7,427

¹sample No., ²moisture, ³heat of combustion, ⁴heating value

popelovin a dusíku. Na rozdíl od ostatních druhů biomasy obsahují šrotů také určité procento síry, přestože se dnes pěstuje pouze „OO“ řepka.

Naměřené hodnoty spalného tepla, vypočtená výhřevnost a závislosti spalného tepla na vlhkosti a obsahu tuku jsou uvedeny v tab. IV a V a graficky vyjádřeny na obr. 2 a 3.

Hodnoty naměřených plynných znečišťujících látek vznikajících při spalování uvedených druhů paliv a hodnoty doprovodných veličin jsou uvedeny v tab. VI a VIII a grafické hodnoty středních hodnot plynných emisí na obr. 4 až 7.

Výhřevnost aditivovaného hnědouhelného hruboprachu je $9,34 \text{ MJ.kg}^{-1}$, výhřevnost extrahovaných řepkových šrotů $15,50 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

DISKUSE

Výhřevnost extrahovaných řepkových šrotů roste se vzrůstajícím obsahem tuku ve šrotech a klesá s obsa-

VI. Koncentrace škodlivin ($\text{O}_2\text{ref} = 11 \%$) – Concentrations of pollutants ($\text{O}_2\text{ref} = 11\%$)

Měření ¹		Jednotka ²	Uhlí ³	Směs 20/80 ⁴	Směs 40/60 ⁵	ERŠ ⁶	Emisní limity ⁷
Pomocné veličiny ⁸	O_2	%	13,73	15,3	17,9	18,1	
	CO_2	%	6,9	5,2	2,6	2,3	
	teplota spalování ⁹	$^{\circ}\text{C}$	173	186	188	190	
	lambda		2,77	3,67	7,3	8,3	
Plynné emise ¹⁰	CO	mg/Nm^3	1 634	1 034	1 112	614	250
	NO	mg/Nm^3	321	370	398	248	
	SO_2	mg/Nm^3	1 159	989	945	377	2 500
	HCl	mg/Nm^3	358	376	385	206	
	NO_x	mg/Nm^3	497	573	616	384	650

Poznámka – Note:

3. aditivovaný hnědouhelný hruboprach – additive brown coal rough dust

4. směs 20 % extrahované řepkové šrotů + 80 % aditivovaný hnědouhelný hruboprach – mixture of 20% extracted rape groats + 80% additive brown coal rough dust

5. směs 40 % extrahované řepkové šrotů + 60 % aditivovaný hnědouhelný hruboprach – mixture of 40% extracted rape groats + 60% additive brown coal rough dust

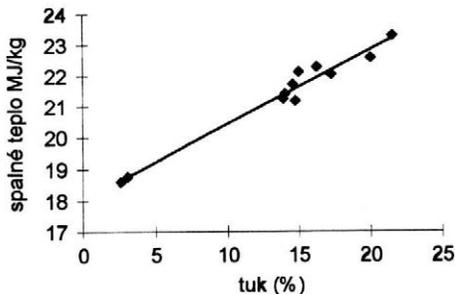
6. extrahované řepkové šrotů – extracted rape groats

¹measurement, ²unit, ³coal, ⁴mixture 20/80, ⁵mixture 40/60, ⁶extracted rape groats, ⁷emission limits, ⁸auxiliary variables, ⁹burning temperature, ¹⁰flue emissions

VII. Koncentrace škodlivin ($\text{O}_2\text{ref} = 6 \%$) – Concentrations of pollutants ($\text{O}_2\text{ref} = 6\%$)

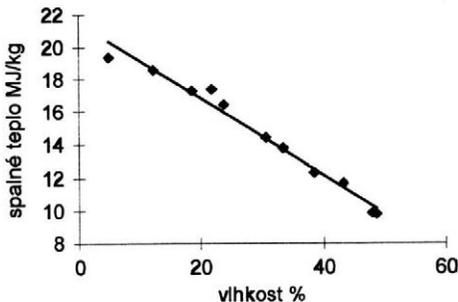
Měření ¹		Jednotka ²	Uhlí ³	Směs 20/80 ⁴	Směs 40/60 ⁵	ERŠ ⁶	Emisní limity ⁷
Pomocné veličiny ⁸	O_2	%	13,73	15,3	17,9	18,1	
	CO_2	%	6,9	5,2	2,6	2,3	
	teplota spalování ⁹	$^{\circ}\text{C}$	173	186	188	190	
	lambda		2,77	3,67	7,3	8,3	
Plynné emise ¹⁰	CO	mg/Nm^3	2 455	1 547	1 650	910	250
	NO	mg/Nm^3	482	553	590	367	
	SO_2	mg/Nm^3	1 741	1 479	1 403	559	2 500
	HCl	mg/Nm^3	538	563	571	305	
	NO_x	mg/Nm^3	747	858	915	569	650

For 1–10 see Tab. VI



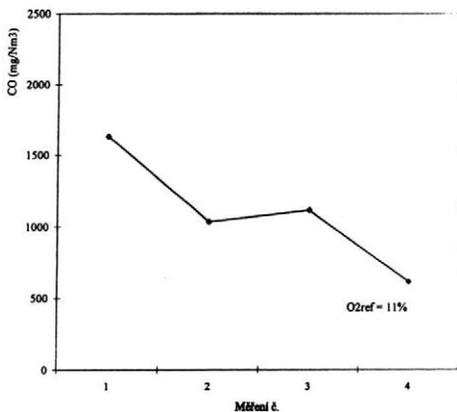
2. Závislost výhřevnosti na obsahu tuku – Dependence of heating value on oil contents

spalné teplo – heat of combustion
tuk – fat



3. Závislost výhřevnosti na obsahu vody – Dependence of heating value on water contents

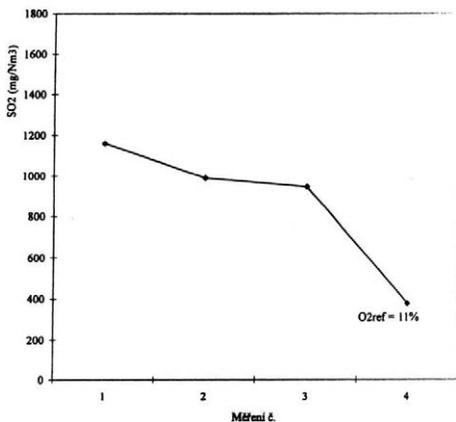
spalné teplo – heat of combustion
vlhkost – moisture



4. Grafický průběh středních hodnot plynných emisí (CO) – Mean values of flue emissions (CO)

Měření č. – measuring No:

- 1 – aditivovaný hnědodlouhelný hruboprach – additive brown coal rough dust
- 2 – směs 20/80 – mixture 20/80
- 3 – směs 40/60 – mixture 40/60
- 4 – extrahované řepkové šrotů – extracted rape groats



5. Grafický průběh středních hodnot plynných emisí (SO₂) – Mean values of flue emissions (SO₂)

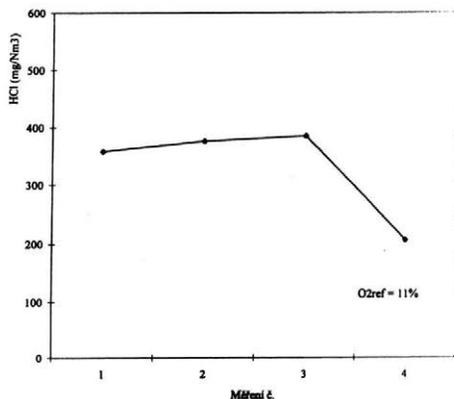
hem vlhkosti. Technologický proces lisování a extrakce řepkového oleje produkuje extrahované šrotů s konstantním procentem zbytkového tuku a v ustálené sypké formě, která je nejvhodnější pro spalování ve fluidním topeništi. Pro spalování v roštovém kotli by bylo nutné formu šrotů upravit granulací. Jako optimální se projevuje spalování šrotů o vlhkosti do 15 %.

Topná zkouška ukázala dobrou spalitelnost šrotů. Z hlediska splnění emisních limitů se jako nejvýhodnější zdá být spalování extrahovaných řepkových šrotů. Výrazný je zejména pokles emisí CO, což je způsobeno lepším promícháním uvolněné hořlaviny a spalovacího vzduchu. Měření sazového čísla Bacharachovou meto-

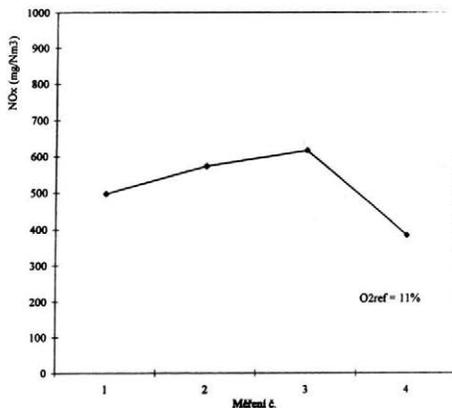
dou ukázalo postupné snižování jeho hodnoty během měření, přičemž u šrotů pokleslo až na hodnotu 4. Také emise SO₂ se značně snížily. Důvodem je nižší obsah síry v extrahovaných řepkových šrotech.

Průběh měření obsahu NO_x ve spalinách odpovídá vzniku NO_x z dusíkatých látek obsažených v palivu. Při spalování uhlí a směsí extrahovaných řepkových šrotů mírně nárůstá obsah NO_x v důsledku zvyšování procentuálního obsahu dusíkatých látek ve spalované směsi. Při spalování samotných extrahovaných řepkových šrotů změnou spalovacího režimu, dosahované teploty hoření a především rychlosti pyrolýzy dochází k vyhoření dusíkatých látek v oblasti nižšího přebytku vzduchu, a tím k nižší výsledné tvorbě NO_x.

Výhřevnější EŘŠ by při dlouhodobějším spalování mohly způsobit poškození vyzdívky kotle, proto v případě praktického využití doporučujeme spalování smě-



6. Grafický průběh středních hodnot plyných emisí (HCl) – Mean values of flue emissions (HCl)



7. Grafický průběh středních hodnot plyných emisí (NO_x) – Mean values of flue emissions (NO_x)

si 20 % EŘŠ a 80 % uhlí, která při měření vykazala nižší obsah škodlivin než směs 40 % EŘŠ a 60 % uhlí.

LITERATURA

LADOMERSKÝ J. a kol.: Spařování dřevního odpadu z ekologického a energetického hlediska. Vedecké a pedagogické aktuality, 1993 (6). 68 s.

Zákon 309/1991 Sb. ze dne 19. 7. 1991 o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami + výklady.

Opatření FVŽp č. 84/1992 ze dne 23. 6. 1992 k zákonu 309/91 o ochraně ovzduší.

ČSN 07 0305. Hodnocení kotlových ztrát.

Došlo 21. 3. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Helena K o l o m a z n í k o v á, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 0420/05/45 13 20 96, fax: 0420/05/45 13 20 93, e-mail: helena_k@pok0.vszbr.cz

APLIKÁCIA MIKROLEGOVANEJ VYSOKOPEVNEJ OCELE PRE POĽNOHOSPODÁRSKE NÁSTROJE

APPLICATION OF MICROALLOYED HIGH-STRENGTH STEEL FOR AGRICULTURAL IMPLEMENTS

E. Zdravecká¹, A. Šimon²

¹Technical University, Košice, Slovak Republic

²Research and Testing Institute of VSŽ Oceľ, Košice, Slovak Republic

ABSTRACT: In this article the results of abrasive wear of selected materials are given. These materials from domestic production of VSŽ, a.s., Košice, Slovakia are intended to substitute the materials imported from abroad for production of star wheel. At the present state it is obvious that in designing of implements for soil cultivation, the sources of desirable solutions should be found in the material-technical area. The possibilities of utilization of microalloyed high-strength steel KODUR E 700 TS in the abrasion conditions on the basis of experimental results are the aim of this contribution. Not only the selection of materials is important from the point of view of wear resistance but also their adequate life-time to their costs.

cultivation of soil; star wheel; abrasion wear with mild impacts; resistance of material; microalloyed steel

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je na základe experimentálnych výsledkov poukázať na možnosti použitia vysokopevnej mikrolegovanej ocele KODUR E 700 TS v podmienkach abrázie. Pri súčasnej ustálenosti konštrukčných riešení náradia pre spracovanie pôdy je zrejme, že zdroje potrebných riešení je treba hľadať hlavne v materiálovo-technickej oblasti ich výroby. V článku sú uvedené výsledky abrazívneho opotrebenia vybraných materiálov určených pre výrobu hviezdice drviča pôdy používaného pre kultiváciu pôdy. Materiály sú na báze tuzemskej výroby z produkcie VSŽ, a. s. Pri výbere materiálov pre podmienky intenzívneho opotrebenia nie je prvoradé iba hľadisko odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu, ale aj to, aby náklady na výrobu týchto nástrojov boli primerané ich životnosti.

kultivácia pôdy; hviezdice drviča pôdy; abrazívne opotrebenie; odolnosť materiálu; mikrolegovaná oceľ

ÚVOD

Mnohé súčasť a náradia pre spracovanie pôdy sú v prevádzke intenzívne opotrebované účinkom tvrdých častíc. Na odolnosť proti opotrebeniu pre pracovné nástroje v poľnohospodárstve má vplyv veľa faktorov. Je to samotný materiál nástroja, jeho tvrdosť, mikroštruktúra a fyzikálno-mechanické vlastnosti. Pôdny nástroj je v interakcii s okolitým prostredím a pôdou, ktoré tiež opotrebenie ovplyvňujú.

Zloženie pôdy, vlhkosť, štruktúra, pôdna reakcia aj s okolitým prostredím sa podieľajú na výslednej životnosti opotrebovaných nástrojov. Medzi faktory, ktoré sa zvažujú pri výbere materiálov pre podmienky abrázie, sa často ako kritérium uvádza tvrdosť materiálu. Mikroštruktúra materiálov, veľkosť a typ karbidickej fázy sa spolupodieľajú na výslednej odolnosti proti abrázii (Ballal, 1996; Tolnai, 1996).

Krehkolomové vlastnosti, hodnoty medze skľuzu a pevnosti sa uplatňujú najmä v podmienkach abrázie s miernymi rázmi. Pri riešení náhradného materiálu pre výrobu hviezdice drviča pôdy, ktorý je v súčasnosti dovozovým prvkom, sme skúmali vysokopevnú mikrole-

govanú oceľ tuzemskej výroby. Pri výbere boli akceptované vysoké hodnoty medze skľuzu a pevnosti, hodnoty vrúbovej húževnatosti a charakteristická jemnozrnná mikroštruktúra tejto ocele.

MATERIÁLY A METÓDA

Na základe teoretických predpokladov a experimentálnych prác sme pre naše podmienky vybrali materiál systému Fe-C-Mn-Si-Ti-Nb-B-Mo-Zr, vysokopevnú komplexne mikrolegovanú oceľ KODUR E 700 TS.

Chemické zloženie ocele KODUR E 700 TS:

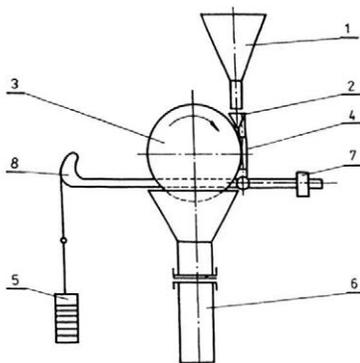
C = 0,09 %	Mn = 1,73 %	Si = 0,19 %
S = 0,007 %	P = 0,007 %	Al = 0,046 %
Zr = 0,012 %	N = 0,012 %	Nb = 0,062 %
Mo = 0,168 %	Ti = 0,169 %	B = 0,008 %

Materiál ocele KODUR E 700 TS sa vyznačuje vysokými hodnotami medze skľuzu a pevnosti:

Re = 700 MPa, Rm = 790–960 MPa, A₅₀ = 15 %, KCU pri 0 °C = 60 J.cm⁻², KCU pri -20 °C = 40 J.cm⁻², uhol ohybu pri skúške lámavosti α = 180° pri priemere tŕňa D = 3.t (t = hrúbka plechu). Tento materiál vyka-

zuje okrem uvedených základných mechanických charakteristík veľmi dobre únavové vlastnosti, krehkolo-mové a tvárne vlastnosti a zvýšenú odolnosť proti erozív-nému opotrebeniu (Hudák, 1989; Buršák et al., 1996; Jurko, Šimon, 1996; Zdravcová et al., 1996).

Pôda ako mnohotvárne pracovné médium má z tri-bologického hľadiska širokú škálu trecích vlastností, ktoré nemožno jednoznačne aplikovať pri laboratór-nych skúškach. Použitá metodika skúšok, opísaná v tomto príspevku, umožňuje simulovať podmienky opotrebenia v oblasti dotyku abraziva s nástrojom. Pre laboratórne skúšky bol použitý prístroj s pružným ko-túčom (obr. 1).



1. Schéma prístroja s pružným kotúčom – Diagram of device with elastic disk

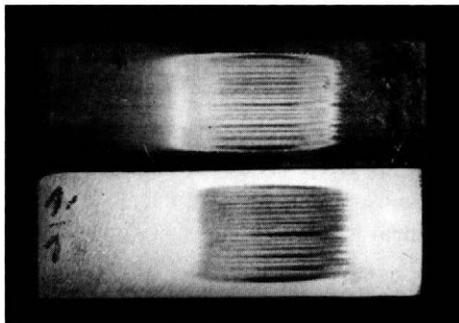
- 1 – zásobník abraziva – reservoir for abrasive
- 2 – dýza – nozzle
- 3 – pružný kotúč – elastic disk
- 4 – skúšobná vzorka s držiakom – testing sample with holder
- 5 – závažie – weight
- 6 – zberač abraziva – collector of abrasive
- 7 – protizávažie – counter-weight

Abrazívny účinok vyvolávali častice sypané medzi vzorky a rotujúci pružný kotúč. Modelujú sa tak podmienky blízke prevádzke strojných zariadení pracujúcich v zemi.

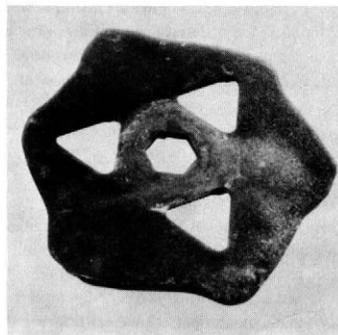
Parametre pri skúške: klzná dráha 716 m, obvodová rýchlosť kotúča $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zaťažujúca sila na vorku 40,52 N.

Použitá abrazivo: zlievarenský piesok O-36 Provodín KO-III-32-38-C/D-ČSN 72 015, preosiaty na site s veľkosťou oka 0,8 mm.

Pri svojom prechode oblasťou kontaktu vzorky a kotúča spôsobuje abrazivo opotrebenie na povrchu vzorky. Pohľad na opotrebený povrch vzoriek je na obr. 2. Na obr. 3 je pohľad na nástroj pre kultivovanie pôdy, pre ktorý bola overovaná materiállová inovácia. Kritériom pri hodnotení bola pomerná odolnosť proti abra-zív-nému opotrebeniu určovaná zo vzťahu:



2. Opatrený povrch vzoriek po skúške – Worn surface of samples during the test



3. Pohľad na opotrebenú hviezdicu drviča pôdy – View of worn star wheel

$$\psi = \frac{W_{hE} \text{ ETALON}}{W_{hVZ} \text{ VZORKY}} \quad (1)$$

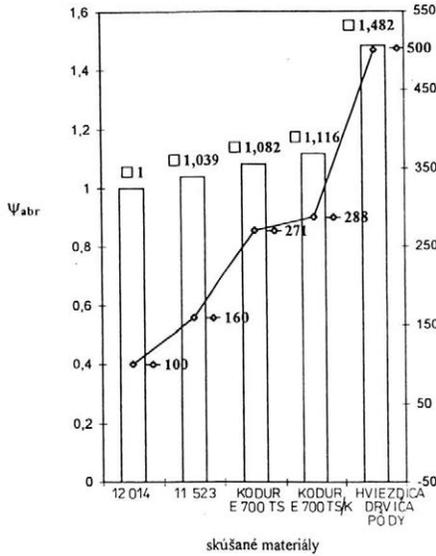
kde: W_{hE} – hmotnostný úbytok etalónu
 W_{hVZ} – hmotnostný úbytok vzorky

Na základe uvedeného vzťahu boli hodnotené hmotnostné úbytky s presnosťou 10^{-4} g. Vzorky o rozme-roch $68 \times 22 \times 6$ mm boli merané v poradí 1 – 2 – 1, aby sa vylúčilo prípadné kolísanie abrazivity kremičitého piesku. Výsledné hodnoty W_h boli spracované ako aritmetický priemer z troch meraní.

V procese opotrebenia sa na výslednom efekte odolnosti proti abrázii spolupodieľa aj samotná mikroštruktúra opotrebovávaných povrchov. Pri analýze procesu opotrebenia sme použili optickú mikroskopiu a analýzu morfológie opotrebovávaných povrchov na REM.

VÝSLEDKY

Na základe nameraných hodnôt hmotnostných úbytkov bol podľa vzťahu (1) spracovaný grafický priebeh pomernej veľkosti proti abrazív-nému opotrebeniu (obr. 4).



4. Porovnanie tvrdosti a pomernej odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu skúšaných ocelí – Comparison of hardness and relative abrasion resistance of tested steels

Výsledné hodnoty sú spracované v pomere hmotnostných úbytkov etalónu a skúšanej vzorky. Etalón tvoril materiál ocele 12 014 normalizačne žihanej o tvrdosti 100 HV.

Ďalším hodnoteným materiálom bola oceľ 11 523 s feriticko-perlitickou štruktúrou. Táto oceľ sa obvykle v rámci VSŽ porovnáva s inými druhmi ocelí tejto skupiny, preto bola orientačne zahrnutá do skúšok. S použitím tohto materiálu pre poľnohospodárske nástroje sa však neráta. Hodnotenie oteruvzdornosti malo špecifický význam pre podnikové účely.

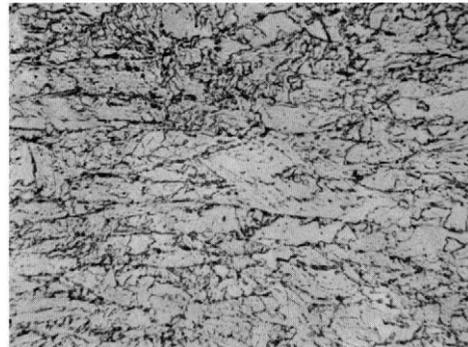
Materiál KODUR E 700 TS, ktorý bol tepelne spracovaný (ohrev 880 °C, výdrž 10 min, ochladenie vo vode), má na obr. 4 označenie KODUR E 700 TS/K.

Metalografické pozorovania boli vykonané pre pôvodný materiál hviezdice drviča pôdy (obr. 5), ktorý má štruktúru martenziticko-bainitickú pri hodnote tvrdosti 500 HV10.

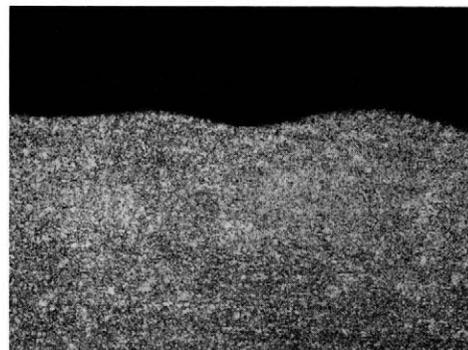
Základná štruktúra materiálu KODUR E 700 TS je zrejmä z obr. 6. Je to jemnozrná štruktúra acikulárneho feritu a bainitu s hodnotou tvrdosti 270 HV10. Charakter povrchu po skúške pôvodného materiálu hviezdice drviča pôdy vidno na obr. 7. Výsledný ryhovací účinok abrazívnych zŕn na povrchu sa prejavil menšou hĺbkou a šírkou rýh, čo korešponduje jednak s nameranou hodnotou oteruvzdornosti tejto ocele, jednak s prítomnosťou martenzitickej matrice v jej štruktúre. Porovnávaný materiál KODUR E 700 TS má väčšiu hĺbkou a šírkou rýh pri rovnakých podmienkach skúšky (obr. 8), čo súvisí s jeho štruktúrou a tvrdosťou.



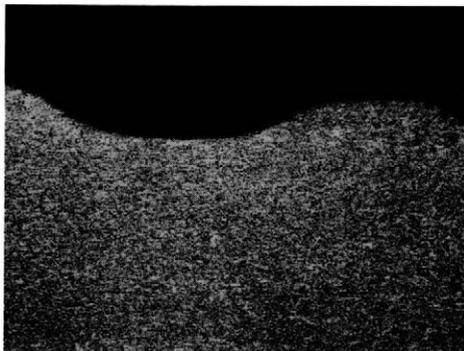
5. Mikroštruktúra materiálu hviezdice drviča pôdy (zv. 1000x) – Microstructure of the material of star wheel (1,000 times magnification)



6. Mikroštruktúra materiálu ocele KODUR E 700 TS (zv. 1000x) – Microstructure of the material of steel KODUR E 700 TS (1,000 times magnification)



7. Charakter ryhovacieho účinku abraziva pre pôvodný materiál hviezdice (zv. 50x) – Character of grooving effect of abrasive for original material of star (50 times magnification)



8. Charakter ryhovacieho účinku pre materiál KODUR E 700 TS (zv. 50x) – Character of grooving effect for material KODUR E 700 TS (50 times magnification)

DISKUSIA

Štruktúra opotrebovávaneho povrchu výrazne ovplyvňuje intenzitu abrazívneho opotrebenia a jej priebeh. Podľa literatúry (Tolnai, 1996; Zdravecká et al., 1996) dochádzame k záveru, že najmenšiu odolnosť proti abrázii majú ocele s feritickou maticou a ocele s martenzitickou maticou majú odolnosť väčšiu než perlitické ocele. S týmito závermi korešpondujú aj získané výsledky, podľa ktorých feritická matica ocele 12 014 má odolnosť proti abrázii najnižšiu a materiál hviezdice s martenzitickou maticou má hodnotu najvyššiu 1,482. Materiál KODUR E 700 TS má odolnosť proti abrázii o hodnote 1,082. V reálnej prevádzke poľnohospodárskych nástrojov sa na opotrebení spolupodieľa aj účinok dynamického namáhania vplyvom miernych rázov. Superponovaním experimentálne nameraných výsledkov a vysokých mechanických vlastností ocele KODUR E 700 TS a z laboratórnych skúšok možno vysloviť pozitívny záver v prospech materiálovej náhrady pôvodného dielu drviča pôdy. Predpokladaná životnosť pre túto náhradu hviezdice z ocele KODUR E 700 TS je cca 65 až 70 %.

Každý výsledok laboratórnych skúšok sa dá chápať ako určitý druh výberu materiálov, pričom konečný záver bude stanovený po prevádzkových skúškach.

ZÁVER

Cieľom práce bolo na základe experimentov porovnať odolnosť proti abrazívnemu opotrebeniu rôznych druhov ocelí v podmienkach namáhania poľnohospodárskych zariadení. Z výsledkov je možné stanoviť tieto závery:

1. Nie je priama úmernosť medzi opotrebením a tvrdosťou použitého materiálu, ale rozhodujú aj ďalšie charakteristiky, ako je pevnosť, húževnatosť, nárazová odolnosť, štruktúra materiálu atď.

2. Z hľadiska životnosti vykazuje ocel KODUR E 700 TS cca 65 až 70% životnosť v porovnaní so zahraničnou, analyzovanou v príspevku. Praktické skúšky a ekonomické aspekty sú rozhodujúce pre ich použitie spotrebiteľom. Pri uplatnení v prevádzke sa rozhodujúcou mierou budú podieľať na výslednom efekte druh a stav spracovávanej pôdy, čím prepokladaná životnosť môže kolísaf v širších hraniciach.

LITERATÚRA

- BALLA, J.: Modelovanie povrchových interakcií medzi nástrojom a pôdou. In: Intertribo 96, Stará Lesná 1996.
- BURŠÁK, M. – MICHEL, J. – ŠIMON, A.: Vplyv technológie valcovania na úžitkové vlastnosti mikrolegovaných ocelí. Acta metallurgia Slovaca, 1996 (2).
- JURKO, V. – ŠIMON, A.: Vysokopevné mikrolegované ocele vývojového radu KODUR. Nové konštrukčné ocele z VSŽ. Košice, 1996.
- HUDÁK, J.: Tvárniteľnosť plechov VSŽ hodnotená rôznymi kritériami. In: V. Vedecko-technická konferencia pri príležitosti 30. výr. VSŽ. Košice. 1989: 112–118.
- TOLNAI, R.: Vplyv kontaktných procesov na vlastnosti abrazívne opotrebených povrchov. In: Intertribo 96, Stará Lesná 1996.
- ZDRAVECKÁ, E. – SUCHÁNEK, J. – MATTA, M. – ŠIMON, A.: Ocele s vyššími úžitkovými vlastnosťami a ich zvariteľnosť. Zváranie, 1996 (9).

Došlo 27. 11. 1996

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Zdravecká, CSc., Technická univerzita, Strojnícka fakulta, Košice, Mäsiarska 74, 040 01 Košice, Slovenská republika, tel.: 095/622 27 42–5, kl. 365, fax: 095/622 51 86, e-mail: evaz@ccsun.tuke.sk

PŘEDBĚŽNÉ SDĚLENÍ

EVALUATION OF PNEUMATIC BIO-COLLECTOR AND THERMAL PROPANE FLAMER FOR THE CONTROL OF COLORADO POTATO BEETLE (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* [Say])

ZHODNOCENÍ POUŽITÍ PNEUMATICKÉHO SBĚRAČE HMYZU A ZAŘÍZENÍ S PROPANOVÝM PLAMENEM PŘI REGULACI VÝSKYTU MANDELINKY BRAMBOROVÉ (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* [Say])

M. N. Rifai¹, V. Táborský², M. Hodik²

¹*Nova Scotia Agricultural College, Truro, Canada*

²*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

ABSTRACT: A front-mounted insect pneumatic collector „bio-collector“, and rear-mounted propane flamer Reinert DA-211 were tested in the potato fields. The functional performance of the two machines were evaluated for their quality of work, ease of operation and adjustment, rate of work, power requirements, safety and reliability. Measurements were taken and observations were made to determine the effectiveness of these machines in the control of the Colorado Potato Beetle. This study demonstrates the potential of pneumatic control for Colorado Potato Beetle adults and larvae. About 87% of dislodged adults were collected but dislodging efficacy averaged 60%. Efficacy on larvae was even lower, about 46% of dislodged larvae were collected but only about 45% were dislodged.

pneumatic bio-collector; propane flamer; physical methods; Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*)

ABSTRAKT: Čelně nesený pneumatický sběrač hmyzu typu „biokolektor“ a plamenometné zařízení Reinert DA-211 pro ochranu brambor k hubení mandelinky bramborové propanovým plamenem byly použity v polních pokusech. Funkčnost obou strojů byla vyhodnocena z hlediska kvality práce, snadnosti obsluhy a seřízení, výkonu a nároků na výkon traktoru, bezpečnosti práce a spolehlivosti. Měření byla soustředěna na účinnost uvedených strojů při regulaci výskytu mandelinky bramborové. Tato studie ukázala na potenciální schopnost pneumatického sběrače redukovat počet dospělců asi o 53 % při jednom průjezdu. U larev byl výsledek horší, bylo dosaženo redukce asi o 24 % larev bez rozdílu vývojového stadia při jednom průjezdu. Pneumatický sběrač hmyzu typu „biokolektor“ pracuje při pojezdové rychlosti 4 až 5 km/h. Stroj má pět odnímatelných pracovních sekcí se záběrem čtyř řádků a sekce jsou nastavitelné podle sponu řádku. Každá pracovní sekce má svůj vlastní hydraulický motor, kterým lze regulovat účinnost sběru. Pro kvalitu sběru je kritickým momentem výsledná rychlost proudění vzduchu. Každý hydromotor je řízen hydraulickým systémem zavěšeným na zadním závěsu traktoru, který obsahuje olejovou nádrž a hydrogenerátor. Také pracovní část stroje je seřiditelná podle profilu řádků a stavu půdy. Zařízení Reinert DA-211 se připojuje na zadní závěs traktoru a má záběr tři až čtyři řádky. Pracovní pojezdová rychlost je 4 až 5 km/h. Pracovní sekce – plamenné hofáky – jsou horizontálně i vertikálně posuvné a také úhel nastavení plamene hofáku ve směru pojezdu je ovladatelný. Úhel vstupu plamene do porostu se zdá být významným faktorem pro výsledek použití plamenometu. Zařízení obsahuje dvě 11kg propanové láhve, které jsou uloženy v nádrži s vodou, což má řadu výhod, zejména bezpečnostních. Mezi jiným se tím tlumí otřesy při pojezdu a zabraňuje prudkým výkyvům teploty, a tím tvoření námrazy. Pro oba stroje je nutné použít traktor o výkonu nejméně 60 kW.

pneumatický sběrač hmyzu; propanový plamenomet; fyzikální metody; mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*)

INTRODUCTION

According to Norman et al. (1981), more than one hundred years has passed since the first uses of chemicals to repress the Colorado Potato Beetles (CPB), *Leptinotrasa Decemlineata*. The use of chemical insecticides for crop protection has greatly contributed to the increase in crop yields. Nevertheless, many pest insects have demonstrated a remarkable ability to develop a considerable resistance to such kind of chemicals. A good example of course is CPB which is considered to be the most defoliating potato insect in North America and Europe.

The trend of using tremendous amount of chemical pesticides for the past forty years certainly keep increasing at least for the few coming decades despite the implementation of some alternative control methods of CPB. This heavy reliance on chemicals to control insects has resulted in severe environmental and health problems. Consequently, continuous efforts have been deployed by researches in the pesticide application area in order to find some other efficient alternative for chemicals. To achieve this objective several control methods were developed in the recent years.

One of these alternatives is the pneumatic insect controller. This technology has been used since the fifty's in the cotton fields in the USA. Unfortunately, it disappeared as soon as more efficient pesticides were introduced. But now, because of the public awareness and the danger resulting from the use of those chemicals the idea of using pneumatic insect controllers have been emerged again.

To date, about eight companies throughout the world have tried to manufacture insect vacuums (CRIQ, 1991). However, the efficiency of the vacuums developed is very variable despite the degree of success to some extent reported for some crops. Boiteau et al. (1991) evaluated vacuum collector developed in Massachusetts. The machine was able to remove at least 48 and 40% of the adults and small larvae, respectively, but only some 27% of the large larvae. Boiteau concluded that this device would yield maximum efficacy when targeted at the control of colonizing adult CPB, and also of young larvae, that both drop less readily from the potato plants.

During the past few years, several thermal methods have been evaluated for the control of CPB. Some of these methods, such as the use of microwaves (Colpitts et al., 1992, 1993) and propane flamer (Duchesne et al., 1992; Moyer et al., 1992), take advantage of the susceptibility of the insect to high temperature. The propane flamer can be used also for weed control. The tests of one year study indicated that flaming may find an important spot in a weed-control program from corn, onion, and carrot (Rifai et al., 1996). A small Backpack Propane flamer is available in the market for vegetable gardens and small organic farms. Results of two years' experimental work showed

flame weeding as a very labour saving and profitable support for organic farmers (Rifai et al., 1996).

The CPB populations have risen dramatically in the Maritime during recent years, mainly as a results of development of resistance to chemical insecticides in local beetle populations. In an effort to curtail the cycle of resistance, the Nova Scotia Agricultural College, Truro concentrated its efforts on the development of new control methods which utilized alternative strategies to diminish beetle populations in potato fields. For this reason two new machines were purchased, the pneumatic bio-collector and the thermal propane flamer to investigate their potential in a North Eastern Canadian potato production system.

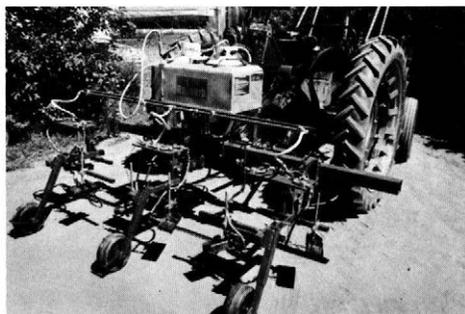
MATERIALS AND METHODS

A pneumatic insect bio-collector designed for the control of the CPB, and Propane flamer were tested on potatoes in 1995.

The bio-collector unit was manufactured by Fritz Engelhardt, Bio-Landtechnik Mauehlhausen, Germany. The pneumatic insect collector is mounted on a three point hitch on the front of the tractor. The bio-collector blows two opposite and offset horizontal air streams across the plant rows to dislodge the insects and collect them into floating trays (Fig. 1). The flow of the air stream and the creation of vacuum is controlled by five hydraulic motors mounted in hoods above each of five trays. The motors' speeds are controlled individually by separate flow control valves, which supply each motor with its oil flow. The oil supply for the motors is directed from a hydraulic system consisting of a reservoir and a pump mounted on the rear three point hitch of the tractor and powered by the PTO shaft. The working height of the machine is controlled by two castor wheels and two depth wheels and the front three point hitch of the tractor. The average forward velocity of the vacuum unit was 4 km/h. Two varieties of potato were used, Yukon Gold and Red Pontiac. Four different air-



1. Bio-collector, front-mounted pneumatic pest control machine



2. Reinert-DA 211, rear-mounted thermal propane flamer

flow speeds with three replications were used on each of the two varieties. The potato was planted on May 23, and the hilling took place on June 20. The experimental plot was eight rows, 90 cm apart and 15 m long. The plots were chemically treated for weed control using Gramoxone.

Fig. 2 illustrates the propane flame thrower Reinert-DA 211 which has six burners 250 mm wide each with two propane gas tanks, each has capacity of 11 kg. It is equipped with preheating unit for preventing the liquid gas tank from icing up and for raising evaporation rate, with an integrated temperature monitoring device and safety cut-off valve (cuts off at a temperature of 35 °C). According to Rifai and Terry (1995) this results in the following advantages:

- greatest possible reliability and safety in operation,
- more output from lower gas stock,
- gas tank does not ice up,
- no burn-on when switching over from operation to pilot flame (no residues of gas in the pipeline).

The flame thrower has seven valves, each has its function:

- tank's valve,
- pressure regulator valve with manometer which can be set from 0.8–2.5 bars,
- master cut-off valve,
- switch-over valve with facility for changing over from operation to pilot flame, within easy reach of operator,
- regulating valve (pilot flame),
- quick closing valve,

I. Dislodging and captured efficacies of CPB adults

Treatments Air speed (m/s)	Mean capture efficacy SD* (%)		Mean dislodging efficacy SD* (%)	
	Yukon Gold	Red Pontiac	Yukon Gold	Red Pontiac
20	42 (31)	64 (31)	54 (20)	71 (21)
25	48 (9)	57 (7)	54 (16)	59 (10)
30	51 (5)	55 (17)	53 (11)	64 (13)
35	47 (25)	60 (15)	62 (21)	63 (13)

SD* – standard deviation

7. safety cut-off valve.

For the evaluation of the propane flamer only one variety was used, Golden Yukon.

Three replications and four treatments were used:

- T1 – control
- T2 – one flaming June 29
- T3 – two flamings, June 29 and July 6
- T4 – three flamings, June 29, July 6 and July 12

The propane flamer was operated at a pressure of 250 kPa and travelled at a speed of 6 km/h. The angles of burners were set at 60° from the horizontal and 30° from the row centre line. Thiodan was applied to all plots on July 25 to reduce larval populations. Field data on CPB adults and larvae were collected weekly from July 12 to August 20.

RESULTS

With the bio-collector the dislodging of CPB adults was not improved by increasing the speed of the air (Tab. I). Average dislodging efficacy was $60 \pm 16\%$. This lower dislodging efficacy could be explained by the higher foliage density of the potato plants. More adults of CPB could be shielded from airstream by plant leaves under these conditions. No improvement in capture efficacies of CPB adults was reached. Average capture efficacies were $53 \pm 18\%$. An average collection ratio estimated from dislodging and capture values was for all treatments $87 \pm 23\%$.

Tab. II illustrates the dislodging and capture efficacies of CPB larvae. Higher air velocity has improved both insect dislodging and capture, but the effects of different treatments were not significant. Average dislodging and capture efficacies were $45 \pm 16\%$, $24 \pm 15\%$ respectively, and collection ratio was $46 \pm 24\%$.

Field data on Colorado Potato Beetle adults and larvae were collected weekly from June 29 to August 20. Fig. 3 represents a typical graph that illustrates the number of CPB adults that were collected. The population of adults in the field were significantly lower in the flamed plots than in the untreated ones. The average number of adults in the flamed plots was 8–20% of the number of adults in the untreated plots.

Similarly the number of larvae on potato plants was significantly lower in the flamed plots than in the un-

II. Dislodging and capture efficacies of CPB larvae

Treatments Air speed (m/s)	Mean capture efficacy SD* (%)		Mean dislodging efficacy SD* (%)	
	Yukon Gold	Red Pontiac	Yukon Gold	Red Pontiac
20	12 (11)	18 (14)	33 (16)	32 (13)
25	26 (10)	17 (11)	41 (7)	48 (11)
30	25 (27)	32 (17)	54 (20)	40 (32)
35	38 (23)	24 (9)	49 (17)	63 (13)

SD* – standard deviation

treated. The graph in Fig. 4 shows that the average number of larvae counted in the flame plots was only 9–21% of the number counted in the untreated plot.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Since the ban on the use of some insecticides such as aldicarb because of environmental concerns, other insecticides are currently used at higher dosage, thus increasing production costs. The expected development of resistance to new insecticides, the increasing development costs of these products, and the increase demand for potatoes free of pesticide residues may all contribute into making pneumatic and thermal CPB control an interesting alternatives for growers.

The two machines are relatively expensive at this time but the situation may change. If these technologies continue to improve, volume business will make possible more efficient production lines and more competition, two factors that exert downward pressure on prices. In case of satisfactory implements for pest control with an acceptable working capacity are developed and marketed, flame and pneumatic equipment will also be of interest as a supplement to chemical pest control. The improvement development of these machines is going in a promising way, which perhaps means that there will be acceptable implements on the market in few years.

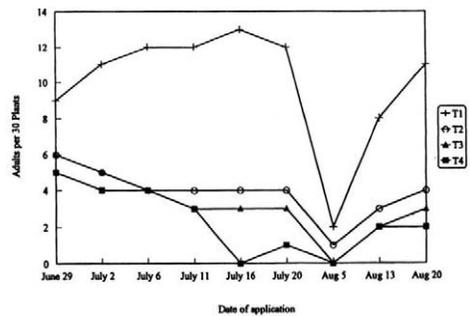
The test of this one year study indicates that these machines may find an important spot in pest-control program for CPB. Flaming and pneumatic technologies promise to be more attractive as an added pest-control method rather than a replacement for standard chemical control. It is impossible to rely on thermal method over the length of the growing season, because the damage to the plant will be higher. Therefore the thermal method should be recommended in early spring.

The major inconvenience of the pneumatic and thermal machines at this stage is that they cause soil compaction, eliminate beneficial insects, and sometimes even damage the plants themselves.

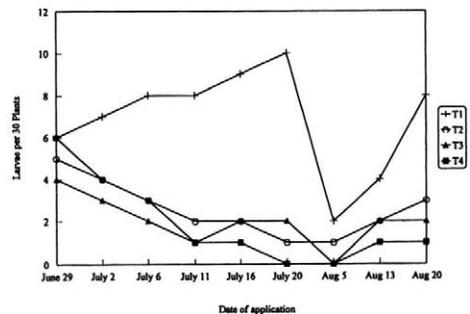
Flame and pneumatic insect control methods have more room to be used on all organic farms with considerable vegetable areas. Furthermore, these two pest control methods could be of interest in relation to the

production of the so-called pesticide-free vegetables for infant's food and public institutions.

A 60 kW tractor is the minimum tractor size recommended to operate both the propane flamer and the bio-collector. The two machines were safe to operate provided that normal safety precautions were observed. The most important adjustments that should be performed with special care are the height and the angle of each burner and the pressure setting of the propane gas. With respect to the pneumatic insect collector the speed of the air flow is very critical for the dislodging and transport of the insects by the pneumatic control system.



3. The population of Colorado Potato Beetle adults per 30 plants



4. The population of Colorado Potato Beetle larvae per 30 plants

REFERENCES

- BOITEAU, G. – MISENER, G. C. – SINGH, C. P. – BERNARD, G.: Evaluation of vacuum collector for insect pest control in potato. *Amer. Potato J.*, 1991 (69): 157–166.
- COLPITTS, B. G. – PELLETIER, Y. – COGSWELL, S. R.: Complex permittivity measurements of Colorado Potato Beetle using coaxial probe techniques. *J. Microwave Power Electromagnetic Energy*, 27, 1992 (3): 175–182.
- COLPITTS, B. G. – PELLETIER, Y. – SLEEP, D. P.: Lethal energy densities of Colorado Potato Beetle and potato plant at 2450 MHz. *J. Microwave Power Electromagnetic Energy*, 28, 1993 (3): 132–139.
- CRIQ.: *Systems d'aspiration pour le contrôle des insectes ravageurs*. Report submitted to Université Laval. Québec Industrial Research Centre. Sainte-Foy, Québec. 1991.
- DUCHESNE, R. M. – BERNIER, D. – JEAN, C.: Utilization of a propane flamer in potato fields in Quebec. *Amer. Potato J.*, 69, 1992: 578.
- MOYER, D. D. – DESKEN, R. C. – MCLEOD, M. J.: Development of a propane flamer for Colorado Potato Beetle control. *Amer. Potato J.*, 69, 1992: 599–600.
- NORMAN, L. – GAUTER, N. – HOFMASTE, R. – SEMEL, M.: History of Colorado Potato Beetle control in advances in potato pest management. Ed. J. Lashomb and R. Casagrade, Hushison Ross Publishing Co., Pennsylvania 1981: 13–33.
- RIFAI, M. N. – LACKO-BARTOŠOVÁ, M. – PUŠKARO-VÁ, V.: Weed control for organic vegetable farming. *Rostl. Vyr.*, 42, 1996 (10): 463–466.
- RIFAI, M. N. – TERRY, G. E. – MOJŽIŠ, M.: Evaluation of LP-gas flame weeder. Factsheet, Canada/Nova Scotia Agri-Food Development Agreement and Cooperation Agreement on Sustainable Economic Development. 1995.
- RIFAI, M. N. – ŽIKLA, T. – MOJŽIŠ, M.: Flame and mechanical cultivation for weed control. *Zeměd. Techn.*, 42, 1996 (3): 109–103.

Received on May 23, 1997

Contact Address:

M. Nabil R i f a i, Ph.D., Professor, Nova Scotia Agricultural College, P.O.Box 550, Truro, Nova Scotia, Canada, B2N 5B1, Tel.: (902)893-6710, Fax: (902)893-1859

ÚSTŘEDNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ KNIHOVNA, PRAHA 2, SLEZSKÁ 7

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna v Praze (dále jen ÚZLK), která je jednou z největších zemědělských knihoven na světě, byla založena v roce 1926. Již od počátku šlo o knihovnu veřejnou. Knihovna v současné době obsahuje více než jeden milion svazků knih, cestovních zpráv, dizertací, literatury FAO, svázaných ročníků časopisů z oblastí zemědělství, lesnictví, veterinární medicíny, ekologie a dalších oborů. Knihovna odebírá 750 titulů domácích a zahraničních časopisů. Informační prameny získané do fondu jsou v ÚZLK zpracovávány do systému katalogů – je budován jmenný katalog a předmětový katalog jako základní katalogy knihovny a dále různé speciální katalogy a kartotéky. Počátkem roku 1994 přistoupila ÚZLK k automatizovanému zpracování knihovního fondu v systému CDS/ISIS.

Pro informaci uživatelů o nových informačních pramenech ve fondech ÚZLK zpracovává a vydává knihovna následující publikace: Přehled noviněk ve fondu ÚZLK, Seznam časopisů objednaných ÚZLK, Přehled rešerší a tematických bibliografií z oboru zemědělství, lesnictví a potravinářství, AGROFIRM – zpravodaj o přírůstcích firemní literatury (je distribuován na disketách), AGROVIDEO – katalog videokazet ÚZLK.

V oblasti mezinárodní výměny publikací knihovna spolupracuje s 800 partnery ze 45 zemí světa. Knihovna je členem IAALD – mezinárodní asociace zemědělských knihovníků. Od září 1991 je členem mezinárodní sítě zemědělských knihoven AGLINET a od 1. 1. 1994 je depozitní knihovnou materiálů FAO pro Českou republiku.

Knihovna poskytuje svým uživatelům následující služby:

Výpůjční služby

Výpůjční služby jsou poskytovány všem uživatelům po zaplacení ročního registračního poplatku. Mimopražští uživatelé mohou využít možností meziknihovní výpůjční služby. Vzácné publikace a časopisy se však půjčují pouze prezenčně.

Reprografické služby

Knihovna zabezpečuje pro své uživatele zhotovování kopií obsahů časopisů a následné kopie vybraných článků. Na počkání jsou zhotovovány kopie na přání uživatelů. Pro pražské a mimopražské uživatele jsou zabezpečovány tzv. individuální reproslužby.

Služby z automatizovaného systému firemní literatury

Jsou poskytovány z databáze firemní literatury, která obsahuje téměř 13 000 záznamů 1 700 firem.

Referenční služby

Knihovna poskytuje referenční služby vlastních databází knižních noviněk, odebíraných časopisů, rešerší a tematických bibliografií, vědeckotechnických akcí, firemní literatury, videotéky, dále z databází převzatých – Celostátní evidence zahraničních časopisů, bibliografických databází CAB a Current Contents. Cílem je podat informace nejen o informačních pramenech ve fondech ÚZLK, ale i jiné informace zajímavé zemědělskou veřejnost.

Půjčování videokazet

V AGROVIDEO ÚZLK jsou k dispozici videokazety s tematikou zemědělství, ochrany životního prostředí a příbuzných oborů. Videokazety zasílá AGROVIDEO mimopražským zájemcům poštou.

Uživatelům knihovny slouží dvě studovny – všeobecná studovna a studovna časopisů. Obě studovny jsou vybaveny příručkovou literaturou. Čtenáři zde mají volný přístup k novinkám přírůstků knihovního fondu ÚZLK.

Adresa knihovny:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna
Slezská 7
120 56 Praha 2

Výpůjční doba:

pondělí, úterý, čtvrtek:	9.00–16.30
středa	9.00–18.00
pátek	9.00–13.00

Telefonické informace:

vedoucí:	24 25 50 74, e-mail: IHOCH@uzpi.agrec.cz
referenční služby:	24 25 79 39/linka 520
časopisy:	24 25 66 10
výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 415
meziknihovní výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 304
Fax:	24 25 39 38
E-mail:	ÚZLK@uzpi.agrec.cz

REJSTŘÍK JMENNÝ

Adamovský R., Kára J.: Exergetické hodnocení výměníků pro využití tepla větracího vzduchu Exergy evaluation of exchangers for utilization of heat of ventilating air	137
Bohuslávěk Z.: Teoretická a experimentální analýza fotometrického měření pevných nečistot v exploatovaných motorových olejích Theoretical and experimental analysis of photometric measurement of solid contaminants in exploited engine oils.	1
Grečenko A., Matějka J., Bartolomějev A.: Zhutnění půdy koly a jeho modelování Soil compaction by wheels and its modelling	41
Jech J., Ružbarský J.: Zhodnotenie pneumatického a mechanického výsevného ústrojenstva v prevádzkových podmienkach pri výseve cukrovej repy Evaluation of pneumatic and mechanical drill mechanisms in working conditions of sugar beet drilling	99
Kavka M., Kolek L., Vašák J., Faměra O., Pošar B.: Optimalizace počtu a využití sklízecích mlátiček s ohledem na faktor včasnosti sklizně Optimization of the number and utilization of combines according to the term of harvest	59
Kolomazníková H., Ondráček J., Skála Z.: Posouzení extrahovaných řepkových šrotů jako paliva Consideration of extracted rape groats as a fuel	143
Kroupa P.: Ošetřování a skladování potravinářských zrnin v zásobnících o kapacitě 200 t Treatment and storage of food cereals in storage silos of capacity 200 t	29
Kubík L.: Fraktálna dimenzia a základné vlastnosti pôdy Fractal dimension and basic soil properties	81
Mišun V., Bauer F.: Dynamic load acting on a tractor during ploughing Dynamická zatížení traktoru působící při orbě	21
Petruševičius V.: The variants of drying automation of agricultural production by active ventilation Varianty automatizace sušení zemědělských produktů aktivním větráním	129
Piszczalka J.: Poloha šífka kukurice na začiatku jeho výmlatu vo vzťahu k poškodeniu zrna The position of maize spadix at the beginning of its threshing in relationship to the grain damage	125
Skubisz G., Blahovec J.: A method for rapid quasi-static testing of the mechanical properties of plant stalks Metoda rychlého kvazistatického testování mechanických vlastností rostlinných lodyh	93
Sloboda A.: Zber hrachu širokozábervými žacími ústrojenstvami Peas harvest by wide-engagement cutting equipments	105
Smutný M.: Vzduchopriepustné strechy pre ustajňovacie objekty Air-permeable roofs for housing buildings	109
Stoyanov S. T., Popova S. N.: Computer investigation of the fruit-tree free vibrations using finite element method Vyšetřování vlastních kmitů ovocného stromu metodou konečných prvků	89
Tanimoto E., Yamamoto R.: Change in cell wall extensibility during gibberellin-regulated growth of pea roots Změny pružnosti buněčných stěn při gibberelinem řízeném růstu kořínků hrachu	15
Ulrich R., Schlaghamerský A.: Aplikace nízkotlakých pneumatik s průběžnou regulací huštění ke snížení zátěže lesních půd kolovou technikou The use of low-ground-pressure tyres with continuous tyre inflation regulation for reducing the forest soil load by vehicle tyres	115
Vitliemov V. G., Ivanov I. V., Tanov R. R.: Particles flight modelling and optimisation for technological processes in mechanised agriculture: identification problems Modelování letu částic a optimalizace technologických prvků při mechanizaci zemědělství: určování koeficientů	9

Vitliemov V. G., Ivanov I. V., Tanov R. R.:	
Particles flight modelling and optimisation for technological processes in mechanised agriculture: maximum range of flight	
Modelování letu částic a optimalizace technologických prvků při mechanizaci zemědělství: nejdelší dráha doletu	75
Zdravecká E., Šimon A.:	
Aplikácia mikrolegovanej vysokopevnej ocele pre poľnohospodárske nástroje	
Application of microalloyed high-strength steel for agricultural implements	149
Zeman S.:	
Dávkovanie jadrových krmív pri väznom ustajnení hovädzieho dobytku	
Dosage of concentrates during stanchion housing of cattle	35
PŘEDBĚŽNÉ SDĚLENÍ – SHORT COMMUNICATION	
Rifai M. N., Táborský V., Hodik M.:	
Evaluation of pneumatic bio-collector and thermal propane flamer for the control of Colorado Potato Beetle (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> [Say])	
Zhodnocení použití pneumatického sběrače hmyzu a zařízení s propanovým plamenem při regulaci výskytu mandelinky bramborové (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> [Say])	153

POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doplněny krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratky jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratky nepoužívat.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

Krátký souhrn (Abstrakt) je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komprimovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

Metoda se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

Výsledky – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatecích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvních autorů. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSC, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including the key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). A PC diskette should be provided with the paper, written in an editor program, preferably T602, and with graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The **title** of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

Abstract is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise base numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

Introduction has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

Discussion contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telephone and fax number or e-mail.

OBSAH – CONTENT

Piszczalka J.: Poloha šúlka kukurice na začiatku jeho výmlatu vo vzťahu k poškodeniu zrna – The position of maize spadix at the beginning of its threshing in relationship to the grain damage	125
Petruševičius V.: The variants of drying automation of agricultural production by active ventilation – Varianty automatizace sušení zemědělských produktů aktivním větráním	129
Adamovský R., Kára J.: Exergetické hodnocení výměníků pro využití tepla větracího vzduchu – Exergy evaluation of exchangers for utilization of heat of ventilating air	137
Kolomazníková H., Ondráček J., Skála Z.: Posouzení extrahovaných řepkových šrotů jako paliva – Consideration of extracted rape groats as a fuel	143
Zdravěcká E., Šimon A.: Aplikácia mikrolegovanej vysokopevnej ocele pre poľnohospodárske nástroje – Application of microalloyed high-strength steel for agricultural implements	149
PŘEDBĚŽNÉ SDĚLENÍ – SHORT COMMUNICATION	
Rifai M. N., Táborský V., Hodik M.: Evaluation of pneumatic bio-collector and thermal propane flamer for the control of Colorado Potato Beetle (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> [Say]) – Zhodnocení použití pneumatického sběrače hmyzu a zařízení s propanovým plamenem při regulaci výskytu mandelinky bramborové (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> [Say])	153