

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH
INFORMACÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

AGRICULTURAL ENGINEERING

4

ROČNÍK 40 (LXVII)
PRAHA 1994
CS ISSN 0044-3883

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
SLOVENSKÁ AKADEMIA PÔDOHOSPODÁRSKYCH VIED

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

AGRICULTURAL ENGINEERING

VOLUME 40 (1994)

REDAKČNÍ RADA - EDITORIAL BOARD

Předseda - Chairman

Ing. Jiří F i l a , DrSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha)

Členové - Members

Doc. RNDr. ing. Jiří B l a h o v e c , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha)

Doc. ing. Karel B r z k o v s k ý , CSc. (České vysoké učení technické, Praha)

Prof. ing. Ján J e c h , CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra)

Ing. Petr J e v i č , CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha)

Doc. ing. Jan M a r e č e k , CSc. (Vysoká škola zemědělská, Brno)

Ing. Richard M a r k o v i č , CSc. (Štátna skúšobňa poľnohospodárskych a lesníckych strojov, Rovinka)

Ing. Zdeněk P a s t o r e k , CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha)

Doc. ing. František P t á č e k , CSc. (Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno)

Redaktorka - Editor

Ing. Jovanka V á c l a v í č k o v á

Čtvrtletník pro publikaci původních vědeckých prací z oboru zemědělské techniky, zemědělských technologií a zpracování zemědělských produktů. Příspěvky jsou publikovány v češtině, slovenštině a angličtině. - A quarterly for publication of the original scientific works from the branches of agricultural engineering, agricultural technologies and processing the agricultural products. The articles will be published in Czech, Slovak and English.

MECHANICKÉ VLASTNOSTI ZŔN KUKURICE

J. Dunca, F. Hanzelik

Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra

V práci sa uvádzajú zistené ťahové a tlakové charakteristiky zŕn kukurice na skúšobnom stroji Instron a funkčné empirické vzťahy závislosti sily od vlhkosti pri vytrhnutí zrna kukurice zo šúľka a stláčaní zrna kukurice pre hybridy Carla a Panka.

mechanické vlastnosti; fyzikálne vlastnosti; kukurica; zrná; zber

Objektom meraní boli zrná kukurice hybridov Carla a Panka v období zberu. Pri výmlate a pozberovom spracovaní zŕn kukurice vzniká ich nadmerné mechanické poškodenie, čím sa znižuje kvalita zŕn a vznikajú straty (S o s n o w s k i , J e c h , 1992). Experimentálnym jadrom práce sú zistené ťahové a tlakové diagramy zŕn kukurice a zistené funkčné empirické závislosti maximálnych síl na vytrhnutie zrna kukurice zo šúľka a funkčné empirické závislosti maximálnych síl na deštrukciu zrna kukurice. Výskumom pevnostných vlastností zrna kukurice sa zaoberali D u n c a et al. (1991). Ďalšie výsledky mechanických vlastností zrna kukurice publikovali H a n z e l i k et al. (1993), D u n c a et al. (1994), D u n c a , H a n z e l i k (1994) a H a n z e l i k , D u n c a (1994).

MATERIÁL A METÓDA

Šúľky kukurice hybridov Carla a Panka pochádzajú z Agrokomplexu v Nitre. Zber kukurice sa uskutočnil v septembri a začiatkom októbra roku 1993. Šúľky k meraniu sme odoberali z poľa, bez uskladnenia. Vzorky sa nenavlhčovali – merania sme uskutočňovali pri prirodzenej vlhkosti. Hybridy Carla a Panka sú poloneskoré.

H y b r i d C a r l a registrovaný v roku 1989: typ zrna zub; vegetačné obdobie 152 dní; úrodnosť výborná; stabilita úrody veľmi dobrá; pevnosť stebľa výborná; hustota porastu 65 000 až 80 000 jedincov na hektár; reakcia na dusík veľmi dobrá.

H y b r i d P a n k a registrovaný v roku 1988: typ zrna zub; vegetačné obdobie 155 dní; úrodnosť výborná; stabilita úrody výborná; hustota porastu 60 000 až 65 000 jedincov na hektár; reakcia na dusík dobrá.

V laboratórnych podmienkach sme sledovali závislosť deformácie zrna kukurice v tlaku od zaťažujúcej sily až po deštrukciu zrna. Tiež sme zisťovali priebeh

sily potrebnej na vytrhnutie zrna zo šúľka kukurice. K tomuto účelu sme zhotovili špeciálny prípravok na zachytenie šúľka kukurice na skúšobnom stroji. Šúľok bol pred vytrhnutím zrna upevnený do tvarovaného upínacieho prípravku na matricu stroja. Zrno odlisteného šúľka bolo uchytené medzi dve čeluste tvaru pinzety, ktorá bola pripevnená na indukčný snímač stroja. Pohybom snímača bolo zrno vytrhnuté a stroj zaznamenal deformačnú krivku.

Pri stláčaní zrn bolo zrno vložené medzi dve planoparalelné dosky. Spodná doska bola priskrutkovaná na skúšobný stroj, horná doska bola časťou indukčného snímača sily. Pri meraní bolo zrno položené dlhšou osou kolmo na spodnú dosku. Pohybom snímača bolo zrno stláčané a stroj zaznamenal deformačnú krivku. Deformačná rýchlosť posuvu snímača bola 5 mm/min. Merania sme uskutočnili na skúšobnom stroji Instron Ltd, Model 1112, séria č. H1187, rok výroby 1972.

Celkove sme získali viac ako 1 000 grafických závislostí priebehu síl pri vytrhnutí zrna kukurice zo šúľka a grafických závislostí zaťažujúcej sily pri stláčaní zrna kukurice až po deštrukciu. Obsah vlhkosti v percentách sme u zrn kukurice určovali metódou váženia podľa ČSN 46 0610. Podľa uvedenej normy sme používali aj pojem vlhkosti.

Pohybom kurzora po deformačnej krivke v bode najväčšieho maxima krivky sa určila sila na deštrukciu zrna (pri stlačení). Podobne sa určila maximálna sila na vytrhnutie (uvoľnenie) zrna zo šúľka kukurice.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tab. I uvádzame najmenšie a najväčšie sily potrebné na vytrhnutie zrna zo šúľka a najmenšie a najväčšie deštrukčné sily pri prirodzených vlhkostiach zrn zistených metódou váženia podľa ČSN. V tab. I a II sú uvedené prirodzené vlhkosti v percentách. V tab. I sú uvedené dolná a horná medza zo všetkých experimentálne určených síl na vytrhnutie zrna zo šúľka a dolná a horná medza zo všetkých experimentálne určených síl na deštrukciu a im zodpovedajúce vlhkosti. Z tejto tabuľky je zrejmé veľké rozpätie sily potrebnej na vytrhnutie, ale aj na deštrukciu zrna kukurice.

Z tab. II vidieť veľké rozpätie dráhy najmä na vytrhnutie a stláčanie zrna kukurice. V tejto tabuľke, podobne ako v tab. I, sú uvedené dolná a horná medza dráhy na vytrhnutie a dráhy na stláčanie (pri deštrukcii) zrna kukurice a im zodpovedajúce vlhkosti. Počet zrn (tab. I, II), z ktorých boli zisťované dolné a horné medze, bol 300. Je známe, že všetky fyzikálne vlastnosti biologických materiálov sa menia vplyvom vlhkosti. Vlhkosť biologického materiálu závisí od väzby vody v ňom.

Na obr. 1 uvádzame grafickú závislosť dráhy od sily pri uvoľňovaní zrna zo šúľka kukurice u hybridu Panka pri vlhkosti 30,6 %. Analogická je závislosť

I. Pevnostné charakteristiky zrna kukurice – Strength characteristics of maize grain

Hybridy ¹	Sila na vytrhnutie ² F (N)				Sila na stláčanie ³ F (N)			
	min	ω (%)	max	ω (%)	min	ω (%)	max	ω (%)
Carla	0,78	26,65	10,11	39,4	2,51	49,40	65,79	29,7
Panka	2,09	30,20	18,30	37,0	4,31	42,85	60,41	25,5

ω (%) = vlhkosť zodpovedajúca príslušnej hranici nameranej sily – moisture corresponding to appropriate limit of measured strenght

¹hybrids, ²force for burst, ³force for compression

II. Dráhy na vytrhnutie a stláčanie zrna kukurice – Paths for burst and compression of maize grain

Hybridy	Dráha na vytrhnutie ¹ (mm)				Dráha na stláčanie ² (mm)			
	min	ω (%)	max	ω (%)	min	ω (%)	max	ω (%)
Carla	0,214	26,65	5,8	25,9	1,75	29,40	5,9	49,4
Panka	0,15	32,80	7,0	43,9	2,65	42,85	7,0	42,4

ω (%) = vlhkosť zodpovedajúca príslušnej hranici u nameranej deformácie – moisture corresponding to appropriate limit in measured deformation

¹path for burst, ²path for compression

dráhy od sily pri uvoľňovaní zrna zo šúľka kukurice u hybridu Carla pri vlhkosti 30,1 %.

Na obr. 2 je závislosť deformácie od zaťažujúcej sily pri stláčaní zrna kukurice u hybridu Carla pri vlhkosti 31,5 %. Analogická je závislosť pre hybrid Panka.

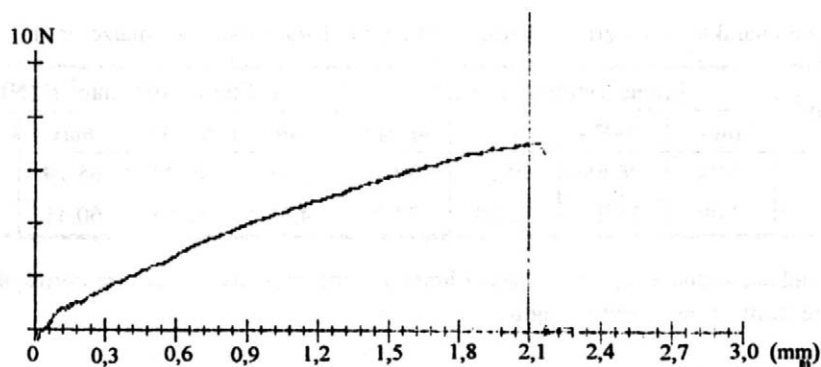
V ďalšej časti výskumu sme zisťovali závislosť sily od vlhkosti pri vytrhnutí zrna kukurice zo šúľka a závislosť sily od vlhkosti (pri stláčaní) zrna potrebnej na deštrukciu zrna kukurice pre oba hybridy (Carla a Panka).

Hodnoty jednotlivých bodov na obr. 3 a 4 sú priemerné hodnoty z 20 nameraných hodnôt síl u 20 rôznych zŕn.

Na obr. 3 je grafická závislosť sily od vlhkosti pri vytrhnutí (uvoľnení) zrna kukurice zo šúľka pre hybrid Carla. Analogická závislosť je pre hybrid Panka.

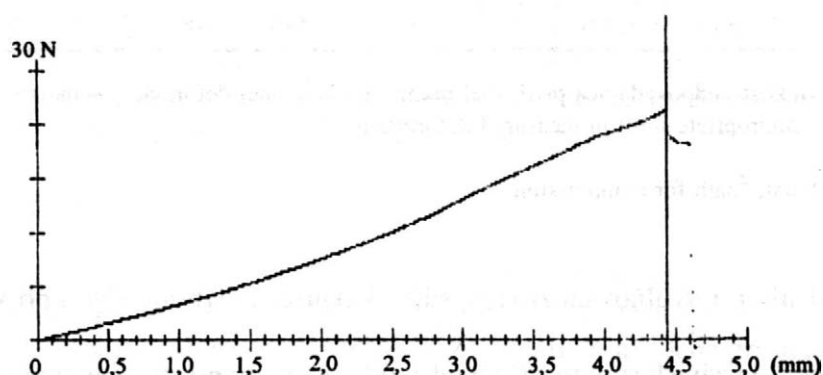
Na obr. 4 je grafická závislosť sily od vlhkosti (pri stláčaní) zrna kukurice pre hybrid Carla. Analogická je závislosť pre hybrid Panka.

Pre posúdenie tesnosti regresných vzťahov sme vypočítali číselné hodnoty Spearmanových koeficientov korelácie. Spearmanov koeficient korelácie vyjad-



1. Závislosť dráhy od sily pri uvoľňovaní zrna zo šúľku kukurice u hybridu Panka (vlhkosť 30 %) – Dependence of path on force at release of grain from maize cob, the hybrid Panka (moisture of 30%)

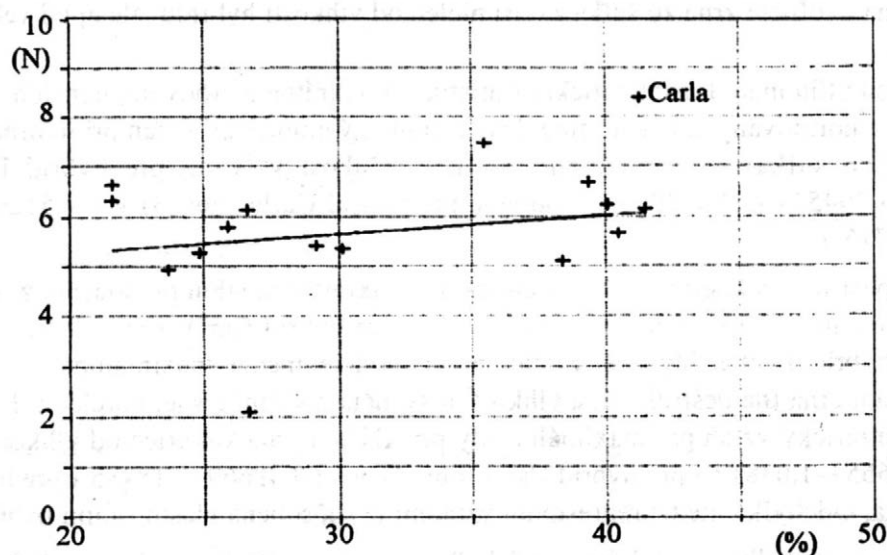
kurzorom vybrané aktuálne hodnoty: sila = 7,4 N; deformácia = 2,1 mm – actual values selected by cursor: force = 7.4 N; deformation = 2.1 mm



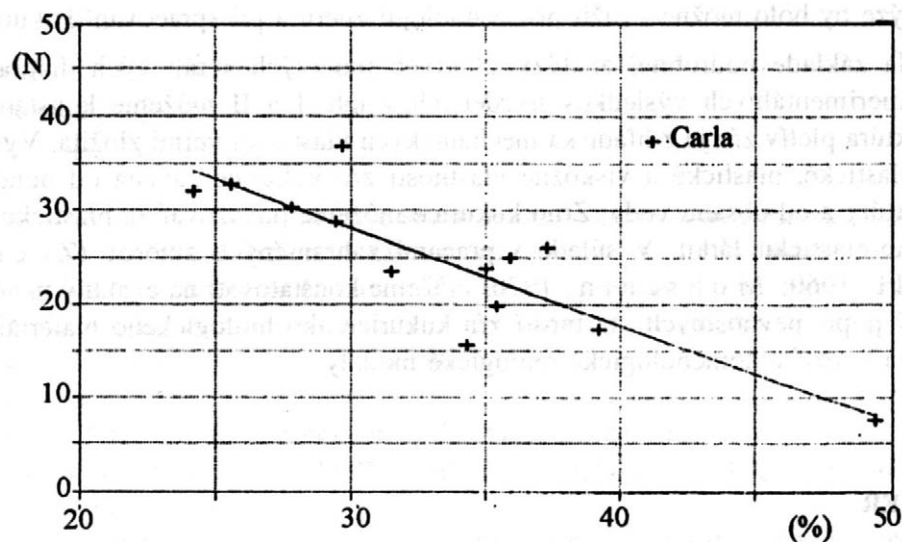
2. Závislosť deformácie od zafazujúcej sily pri stláčaní zrna kukurice u hybridu Carla (vlhkosť 31,5 %) – Dependence of loading force in compression of maize grain in the hybrid Carla (moisture of 31.5%)

kurzorom vybrané aktuálne hodnoty: sila = 25,7 N; deformácia = 4,4 mm – actual values selected by cursor: force = 25.7 N; deformation = 4.4 mm

ruje tesnosť korelácie akejkoľvek závislosti, pričom sa nevyžaduje znalosť rozdelenia meraných veličín, ako je to u obyčajného koeficienta korelácie. Spearmanov koeficient korelácie medzi maximálnou silou na uvoľnenie zrna zo šúľka kukurice a vlhkosťou $r = 0,275$, $n = 15$ pre hybrid Carla; $r = 0,234$, $n = 15$ pre hybrid Panka. Pomerne malé koeficienty korelácie svedčia o tom, že maximálna



3. Závislosť sily od vlhkosti pri vytrhnutí zrna zo šúľku; os x – vlhkosť (%), os y – sila (N) – Dependence of force on moisture in burst of grain from cob; x-axis – moisture (%), y-axis – force (N)



4. Závislosť sily od vlhkosti (pri stláčaní) zrna kukurice; os x – vlhkosť (%), os y – sila (N) – Dependence of force on moisture (in compression) of maize grain; x-axis – moisture (%), y-axis – force (N)

sila na uvoľnení zrna zo šúľka závisí nielen od vlhkosti hybridu, ale aj od veľkosti zrna.

Použitím metód matematickej štatistiky (konkrétne metódy najmenších štvorcov) a normovaných rovníc sme dostali funkčný empirický vzťah pri uvoľňovaní zrna zo šúľka – y (maximálna sila), x (vlhkosť v tvare) pre hybrid Panka $y = 4,794517 + 0,042963 x$, podobne pre hybrid Carla (obr. 3) $y = 4,512986 + 0,03775 x$.

Spearmanov koeficient korelácie medzi maximálnou silou pri stláčaní zrna (na deštrukciu) a vlhkosťou $r = -0,747$, $n = 13$ pre hybrid Carla; $r = -0,923$, $n = 13$ pre hybrid Panka. Vysoké koeficienty korelácie medzi maximálnou silou pri stláčaní zrna (na deštrukciu) a vlhkosťou svedčia o veľmi tesnej korelácii. Funkčný empirický vzťah pre maximálne sily pri stláčaní zrna kukurice od vlhkosti $y = 59,26653 - 1,03817 x$ pre hybrid Carla (obr. 4), $y = 69,49669 - 1,18485 x$ pre hybrid Panka. Odchýlka medzi regresnými vzťahmi je spôsobená vlastnosťami hybridov.

Naše výsledky sú obdobné s výsledkami v zahraničí čo sa týka priebehu získaných funkčných vzťahov uvedených na obrázkoch (obr. 3 a obr. 4).

Maximálne sily potrebné na vytrhnutie zŕn zo šúľka kukurice sú v kladnej korelácii s nedomlatkom. Maximálne sily na deštrukciu zŕn pri stláčaní sú v zápornej korelácii s poškodením zŕn pri výmlate (D u n c a et al., 1993). Dosiahnuté experimentálne výsledky v laboratórnych podmienkach po podrobnej analýze by bolo možné využiť pri technológii zberu a pri spracovaní kukurice.

Na základe podrobnej analýzy všetkých tlakových a ťahových diagramov a experimentálnych výsledkov uvedených v tab. I a II môžeme konštatovať: štruktúra pletív zŕn je z hľadiska mechanických vlastností veľmi zložitá. Výsledné elastické, plastické a viskózne vlastnosti zŕn kukurice závisia od bunečnej štruktúry a od obsahu vody. Zrno kukurice môžeme považovať za plasticko-viskózne-elastickú látku. V súlade s prácami zahraničných autorov (Z o e r b , H a l l , 1960; M o h s e n i n , 1970) môžeme konštatovať: na exaktný matematický popis pevnostných vlastností zŕn kukurice ako biologického materiálu sa musia použiť fenomenologické reologické modely.

ZÁVER

V práci sú uvedené tlakové a ťahové diagramy zŕn hybridov kukurice Carla a Panka získané pomocou skúšobného stroja Instron. Výsledky sa dajú aplikovať pri štúdiu mechanických vlastností zŕn kukurice z hľadiska nových technológií pri zbere.

Literatúra

- DUNCA, J. – HANZELIK, F.: Niektoré pevnostné vlastnosti zŕn kukurice. Poľnohospodárstvo, 40, 1994 (v tlači).
- DUNCA, J. – HANZELIK, F. – HLOZÁK, K.: Výskum pevnostných vlastností zŕn kukurice. In: Zborník z výročného seminára výskumných projektov M-1. Nitra, VŠP 1991: 35–37.
- DUNCA, J. – HANZELIK, F. – SRNKA, F.: Príspevok k poznaniu vzťahu mlátiťelnosti kukurice a sily na vytrhnutie zrna zo šúľky. Acta technol. agric. Univ. agric. Nitra, 1994.
- HANZELIK, F. – DUNCA, J.: A kukoricaszem mechanikai tulajdonságai. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő 1994.
- HANZELIK, F. – DUNCA, J. – HLOZÁK, K.: Pevnostná charakteristika zŕn kukurice. In: Zborník anotácií z medzinárodného vedeckého seminára SAPAM' Agrofyzikálne vlastnosti poľnohospodárskych produktov a ich využitie v konštrukcii strojov. Nitra, VŠP 1993: 23–24.
- MOHSENIN, N. N.: Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach, New York 1970. 734 s.
- SOSNOWSKI, S. – JECH, J.: Prístroj pre dynamické zaťažovanie zŕn s možnosťou snímmania zaťažujúcej sily. Zeměd. Techn., 38, 1992 (6): 353–357.
- ZOERB, G. C. – HALL, C. W.: Some mechanical and rheological properties of grains. J. agric. Engng Res., 5, 1960 (1): 83–93.
- ČSN 46 0610. Zkoušení osiva. Praha 1983.

Došlo 9. 3. 1994

DUNCA, J. – HANZELIK, F. (University of Agriculture, Nitra):

Mechanical properties of maize grains.

Zeměd. Techn., 40, 1994 (4): 241–248.

The object of measurements were maize grains of the hybrids Carla and Panka in the time of harvesting. Experimental core of the study are found tensile charts of maize grains and functional empiric dependences of maximal forces on destruction of the maize grain. Measurements were carried out on the testing device Instron Ltd., Model 1112, lot H 1187, year of production 1972.

More than 1,000 graphic dependences in total per cob and graphic dependences of loading force during compression of the maize grain to destruction. The moisture of maize grains was detected by the method of weighing according to the standard ČSN 46 0610.

Tab. I gives the smallest and greatest forces needed for burst of the from the cob and the smallest and greatest forces at natural moistures.

Tab. II gives the lower and upper limits of path required for burst and path to compress (in destruction) the maize grain and moistures corresponding to them.

Figs. 1 to 4 present graphic dependence of path from force in release of grain from cob of maize and the hybrid Panka at a moisture of 30.6 %, dependence of deforma-

tion on loading force in compression of maize grain of the hybrid Carla at a moisture of 31.5 %, dependence of force on moisture in burst (release) of maize grain from cob for the hybrid Carla and dependence of force on moisture (in compression) of maize grain for the hybrid Carla. The experimental results achieved in laboratory conditions following detailed analysis should be used in the technology of harvesting and maize processing. Based on the detailed analysis of all pressure and pull charts and experimental results as reported in Tabs. I and II, it can be said: the maize grain can be considered as plastic-viscous-elastic substance. Phenomenological and rheological models have to be used for exact mathematical description of strength properties of maize grains as a biological material.

mechanical properties; physical properties; maize; grains; harvesting

Kontaktná adresa:

**Doc. RNDr. Juraj D u n c a , CSc., Vysoká škola poľnohospodárska,
Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika**

MERANIE A VYHODNOCOVANIE ZAŤAŽENÍ V SPODNÝCH ŤAHADLÁCH TRAKTORA PRI ZAHĽBOVANÍ PLUHU

J. Salanci, A. Sloboda, T. Bugár

Technická univerzita, Košice

Pre optimálne prevádzkovanie orbovej súpravy je dôležité poznať aj menovité a zvýšené zaťaženia v pracovnom cykle. Pri orbe sa zaťaženie zvyšuje hlavne pri zahľbovaní pluhu. Pre meranie bol použitý traktor Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422. Namerané otáčky motora, rýchlosť orbovej súpravy a zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora boli zaznamenané na disketu osobného počítača B 200 podľa osobitného programu. Výsledky boli vyhodnotené a spracované do grafov a tabuliek. Výsledky skúšok dokázali, že pri zahľbovaní pluhu pri orbe dochádza k značným dynamickým zaťaženiam. Dynamické zaťaženia vyjadrené súčiniteľom preťaženia sa pohybovali v rozsahu 1,52 až 2,68. Dynamické zaťaženie je závislé od rýchlosti orbovej súpravy a je rozdielne v ľavom a pravom ťahadle. Meraním bolo tiež dokázané, že motor pri nižších prevodových stupňoch pracoval normálne, avšak už pri rýchlosti $3,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ dochádzalo k preťaženiu motora v čase zahľbovania pluhu pri hĺbke nad 250 mm. Výsledky merania môžu nájsť praktické uplatnenie pri vývoji pluhov a pri hodnotení pôdneho prostredia.

traktor; pluh; ťahadlo; zahľbovanie pluhu; dynamické preťaženie

Pri overovaní spoľahlivosti a únavovej životnosti súčiastok a funkčných skupín traktora je dôležité poznať aj prevádzkové zaťaženie. Osobitnú pozornosť je nutné venovať krátkodobým preťaženiam pri ťažkých prácach, medzi ktoré patrí aj hlboká orba. V našich podmienkach sa orba uskutočňuje takmer vyhradne radličnými pluhmi. Pri orbe dochádza k odrezaniu, drobeniu, premiešaniu, kypreniu a obracaniu pôdnych odvalov, čo má za následok veľkú spotrebu energie. Táto spotreba sa zvyšuje aj nedodržaním zásad správnej obsluhy a nastavenia orbovej súpravy.

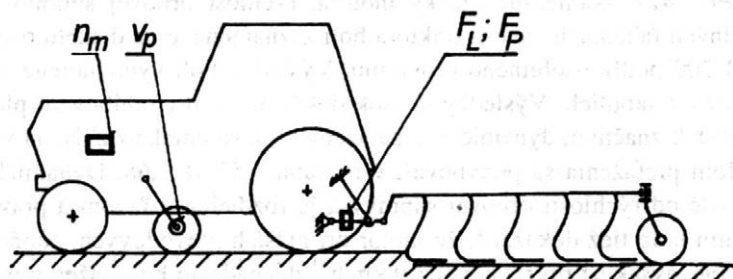
Orbová súprava predstavuje zložitý dynamický systém, a preto pri zahľbovaní pluhu dochádza k veľkým dynamickým rázom, teda aj ku krátkodobým preťaženiam. Dynamické rázy sa môžu ešte zvýšiť nesprávnou voľbou prevodového stupňa traktora, ako aj krátkou dobou zahľbovania pluhu. Ak chceme znížiť energetickú náročnosť pri základnom spracovaní pôdy, ako aj znížiť dynamické rázy pri zahľbovaní pluhu, musíme poznať veľkosť silových účinkov v spodných ťa-

hadlách traktora v časovej závislosti. Získanie týchto zaťažení u orbovej súpravy v okamihu zahĺbovania pluhu je možné iba meraním v prevádzkových podmienkach pri rôznych rýchlostiach.

METÓDA

Pri experimentálnych meraniach sme použili traktor Zetor 163 45 NT v agregácii s návesným 5-radličným pluhom PH1-422. Do traktora boli zabudované snímače otáčok motora, pojazdovej rýchlosti a tenzometrické snímače sily do spodných ťahadiel závesu.

Schéma traktora v agregácii s pluhom so snímačmi je uvedená na obr. 1.



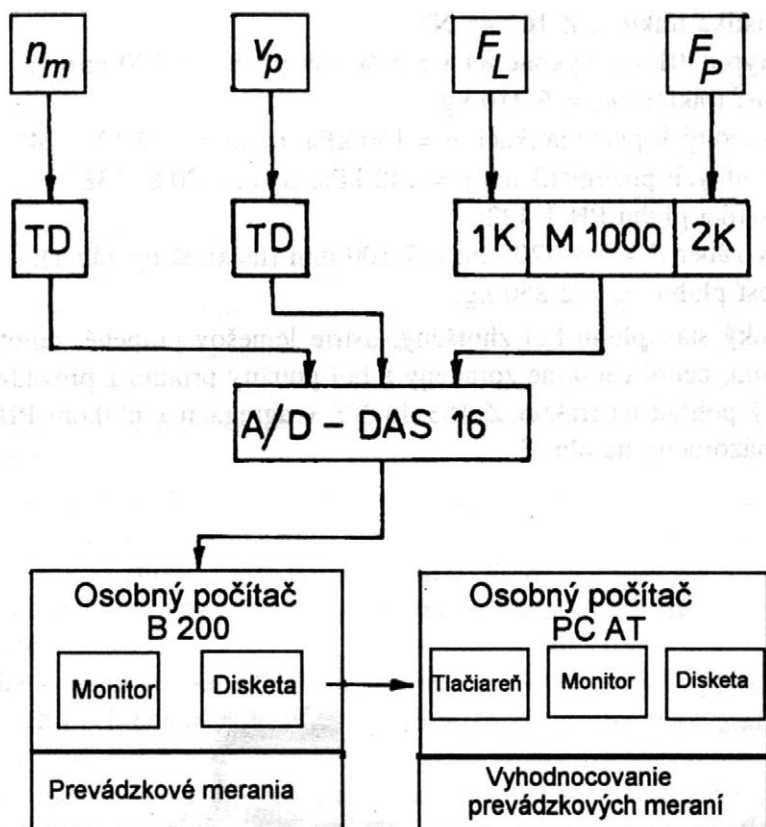
1. Rozmístnenie snímačov na traktore Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 – Distribution of readers on the tractor Z 163 45 NT in aggregation with the plough PH1-422

n_m – snímač otáčok motora, v_p – snímač rýchlosti orbovej súpravy, F_L , F_P – tenzometrické odporové snímače síl v ľavom a pravom ťahadle závesu traktora; n_m – reader of revolutions of the motor, v_p – reader of speed of tillage aggregate, F_L , F_P – tensometric resistance readers of strengths in right and left drawbars of tractor trailer

Otáčky motora traktora boli snímané cez tachodynamo a prevodník. Údaje z prevodníka boli zaznamenané na disketovú jednotku osobného počítača B 200. Rýchlosť orbovej súpravy bola snímaná tachodynamom cez konštrukčne upravené bicyklové koleso a cez prevodník bola zaznamenaná na disketovú jednotku osobného počítača B 200.

Sily v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT boli snímané cez odporové tenzometre a meráciu súpravu M 1000 a cez prevodník boli zaznamenané na disketovú jednotku osobného počítača B 200. Všetky meracie prístroje boli napájané z 12V batérie, pričom osobný počítač B 200 má vlastný zdroj.

Bloková schéma meracích kanálov na traktore v agregácii s pluhom je znázornené na obr. 2.



2. Bloková schéma meracích kanálov na traktore v agregácii s pluhom – Block scheme of measuring channels in tractor in aggregation with plough

n_m – otáčky motora, v_p – rýchlosť orbovej súpravy, F_L , F_P – sily v ľavom a pravom ťahadle závesu traktora, TD – tachodynamo, M-1000 – meracia súprava, A/D-DAS 16 – 16-kanálový analogovo-digitálny prevodník; n_m – revolutions of motor, v_p – speed of tillage aggregate, F_L , F_P – strengths in right and left drawbars of tractor trailers, TD – speed-dynamo, M-1000 – measuring device, A/D-DAS 16 – 16-chanel analog-to-digital converter

Skúšanie orbového agregátu bolo realizované na pozemku (strnisku) o svahovitosti 3° v smere orby. Prevádzkové podmienky boli nasledovné:

- pôda stredne ťažká s odporom okolo 80 kPa,
- vlhkosť ornej pôdy v rozsahu 19,5 až 19,9 %,
- teplota ovzdušia pri skúšaní v rozsahu 19 až 21°C ,
- objemová hmotnosť ornice $\rho_w = 1,6 \text{ t.m}^{-3}$,
- merná hmotnosť pôdy pred orbou $\rho = 2,2 \text{ t.m}^{-3}$,
- súčiniteľ odporu valenia $f = 0,08$.

Charakteristika traktora Z 163 45 NT:

motor typ 8701.1 o výkone $84,8 \pm 5 \text{ \% kW}$ pri $n = 2\,200 \text{ min}^{-1}$;

hmotnosť traktora $m_t = 6\,210 \text{ kg}$;

tlak v predných pneumatikách $p = 150 \text{ kPa}$, rozmer 14,9/13 – 24";

tlak v zadných pneumatikách $p = 140 \text{ kPa}$, rozmer 20,8 – 38".

Charakteristika pluhu PH 1-422:

celkový záber $B = 5 \times 420 \text{ mm} = 2\,100 \text{ mm}$ (maximálny záber);

hmotnosť pluhu $m_p = 2\,850 \text{ kg}$.

Technický stav pluhu bol zhoršený, ostrie lemešov otupené, polomer ostria 1,5 až 2 mm, nebol osobitne zoradený a bol použitý priamo z prevádzky.

Celkový pohľad na traktor Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 pri práci je znázornený na obr. 3.



3. Traktor Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 v činnosti – Tractor Z 163 45 NT in aggregation with plough PH1-422 in operation

VÝSLEDKY

Radličný pluh je pri orbe vystavený pôsobeniu reakcií od pôdy. Celková pôdna reakcia na pluh je závislá od viacerých činiteľov, ako sú: vlastnosti pôdy, typ odhrnovačky, naostrenie lemešov, hĺbka orby, záber pluhu, správne nastavenie pluhu, technika jazdy, rýchlosť jazdy, nesymetričnosť plužných telies k vertikálnej pozdĺžnej rovine a ďalšie. Charakteristika väčšiny hlavných činiteľov pri skúškach orbovej súpravy je uvedená v metóde.

Cieľom experimentu orbovej súpravy bolo namerať zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora v čase zahľbovania pluhu a porovnať ho so zaťažením po zahľbení. Pôsobením uvedených činiteľov dochádzalo v experimente ku krátkodobým preťaženiam, ktoré sa prejavovali značnými dynamickými účinkami na orbovú súpravu.

Orbová súprava sa skúšala pri rôznych rýchlostiach v dôsledku radenia rôznych prevodových stupňov. Pri skúškach bol zapnutý predný náhon a uzávierka diferenciálu, aby sa znížil prekľz hnacích kolies. Plynový pedál bol nastavený na plnú dodávku paliva a násobič krútiaceho momentu pracoval na nižšom prevodovom stupni.

Zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora v agregácií s pluhom namerané počas jeho zahľbovania do pôdy pri rôznych rýchlostiach sú graficky znázornené na obr. 4, 6 a 8.

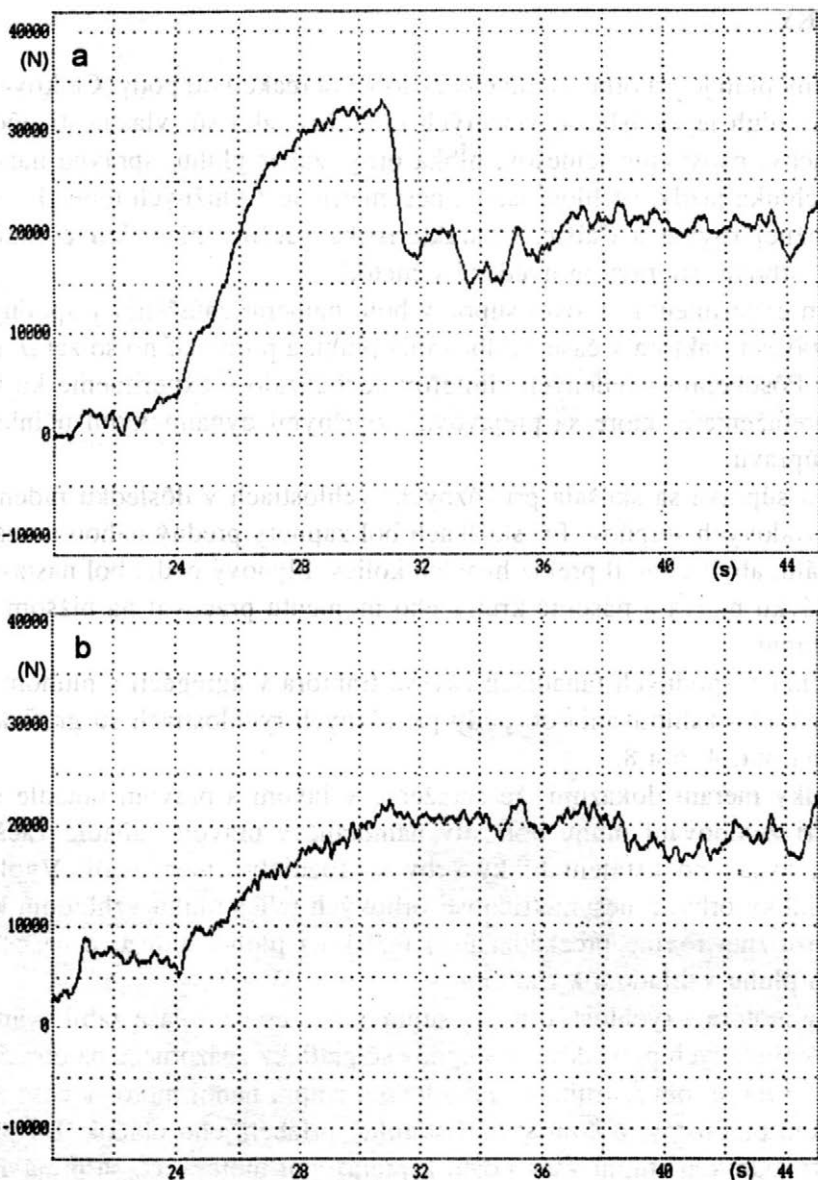
Výsledky meraní dokazujú, že zaťaženie v ľavom a pravom ťahadle sú rozdielne. Pri zahľbovaní pluhu boli sily namerané v pravom ťahadle väčšie ako v ľavom, avšak po ustálení hĺbky orby sa rozdiely zmenšovali. Vyplýva to z rôznej hĺbky orby, z nesymetričnosti orbových telies pluhu vzhľadom k vertikálnej pozdĺžnej rovine prechádzajúcej ťažiskom pluhu, ako aj z nesprávneho zoradenia pluhu vzhľadom k traktoru.

Otáčky motora a rýchlosti orbovej súpravy namerané v čase zahľbovania pluhu pri radení rôznych prevodových stupňov sú graficky znázornené na obr. 5, 7 a 9.

Pri práci na prvom a druhom prevodovom stupni nebol motor v čase zahľbovania pluhu preťažený, o čom svedčí stabilný priebeh jeho otáčok. Pri práci na treťom prevodovom stupni však došlo k preťaženiu motora, čo sa prejavilo pulzovaním jeho otáčok (obr. 9). Pri práci na druhom prevodovom stupni v čase od 24. do 26. sekundy (obr. 7) došlo k preťaženiu motora v dôsledku zvýšeného odporu pluhu (jazda cez kamenitú pôdu).

Vyhodnotené výsledky z prevádzkových meraní v čase zahľbovania pluhu pri rôznych rýchlostiach sú spracované v tab. I a II.

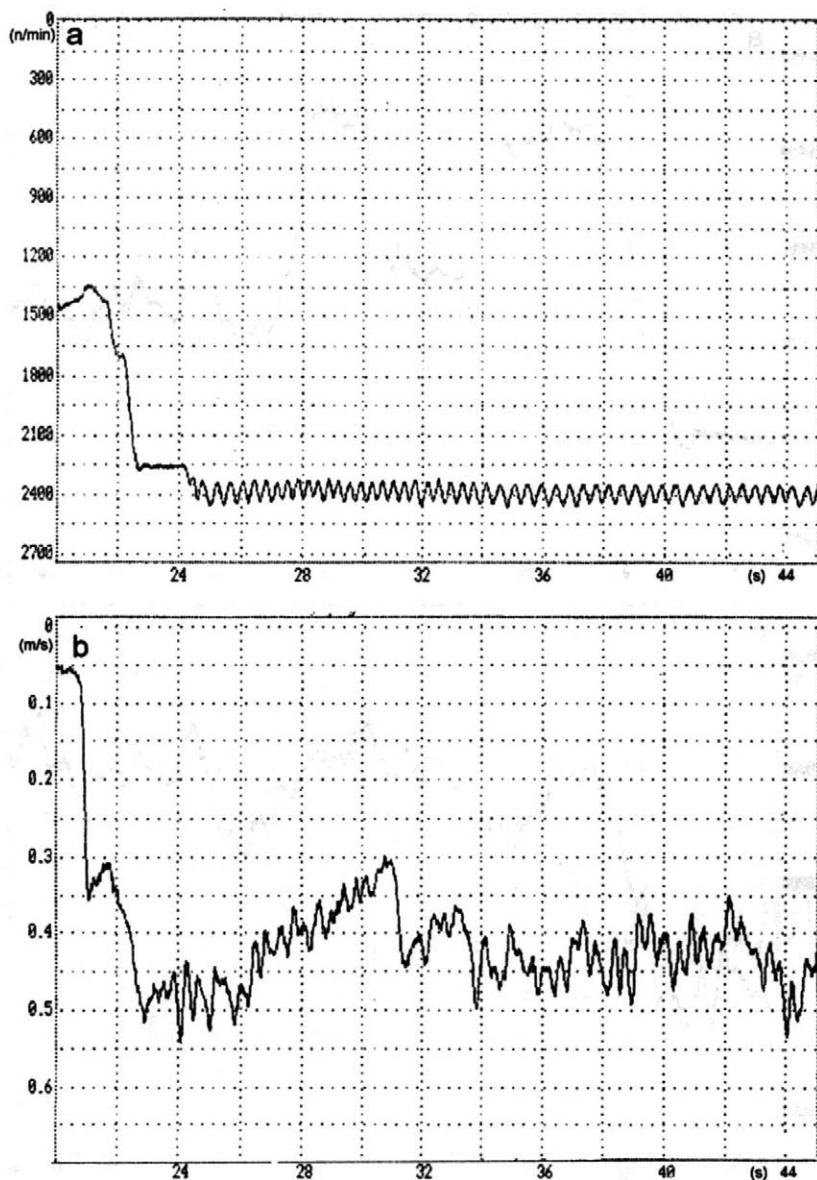
Výsledky skúšok dokazujú, že pri zahľbovaní pluhu dochádza k značným dynamickým rázom, ktoré sa pohybujú v rozsahu 1,52 až 2,68-násobku menovitých zaťažení po ustálení zahľbenia. Merania tiež dokázali nárast dynamických rázov pri zvyšujúcej sa rýchlosti orbovej súpravy.



4. Zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 namerané počas jeho zahlbovania do pôdy pri prvom prevodovom stupni (hĺbka orby 240 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Loadings in lower drawbars of tractor trailer Z 163 45 NT in aggregation with plough PH1-422 measured during its recessing into soil at the first gear (tillage depth 240 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – pravé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 32 960 N – right drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 32 960 N

b – ľavé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 22 745 N – left drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 22 745 N
 úsek – section 1 6000..3 600 vzorků – samples = 20 000318.. 45 000 717 s

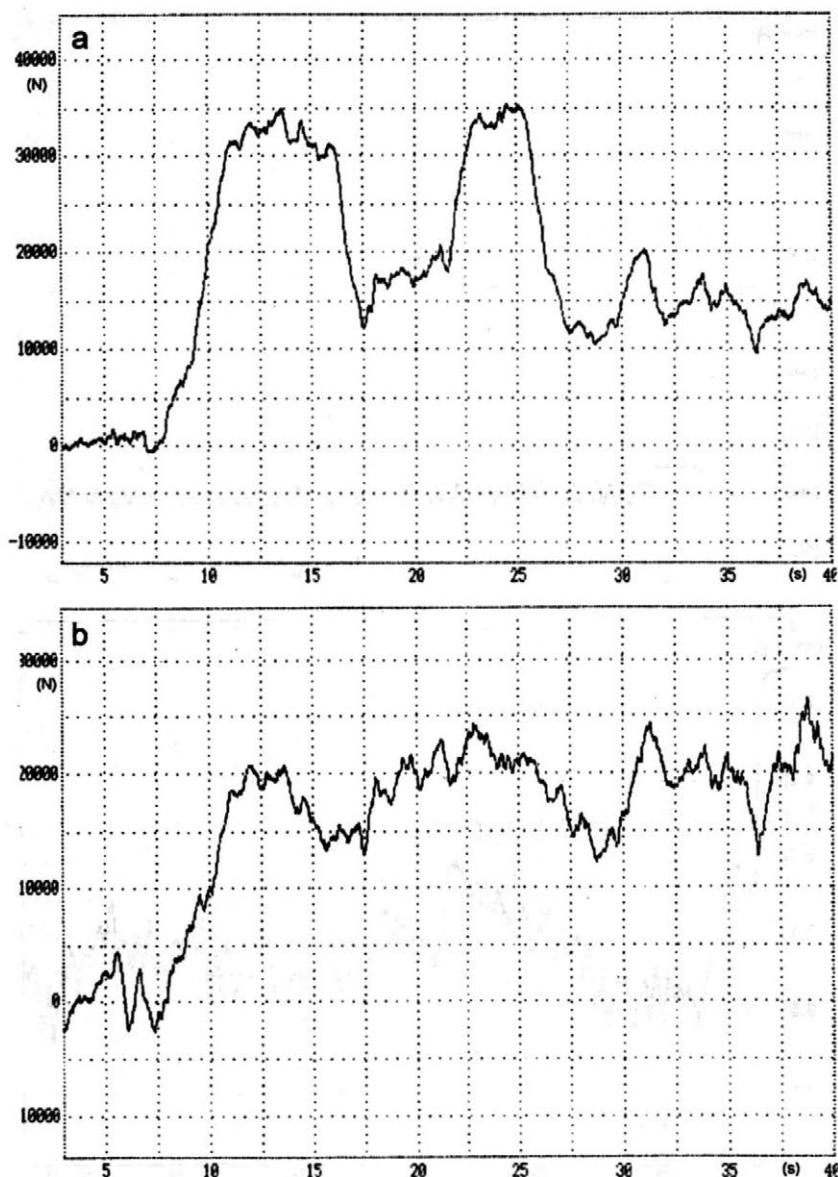


5. Otáčky motora traktora Z 163 45 NT a rýchlosť orbovej súpravy namerané v čase zahĺbovania pluhu PH1-422 do pôdy pri prvom prevodovom stupni (hĺbka orby 240 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Revolutions of motor of the tractor Z 163 45 NT and speed of the tillage aggregate measured during plough (PH1-422) recessing into soil at the first gear (tillage depth 240 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – otáčky motora – revolutions of motor

b – rýchlosť orbovej súpravy – speed of tillage aggregate

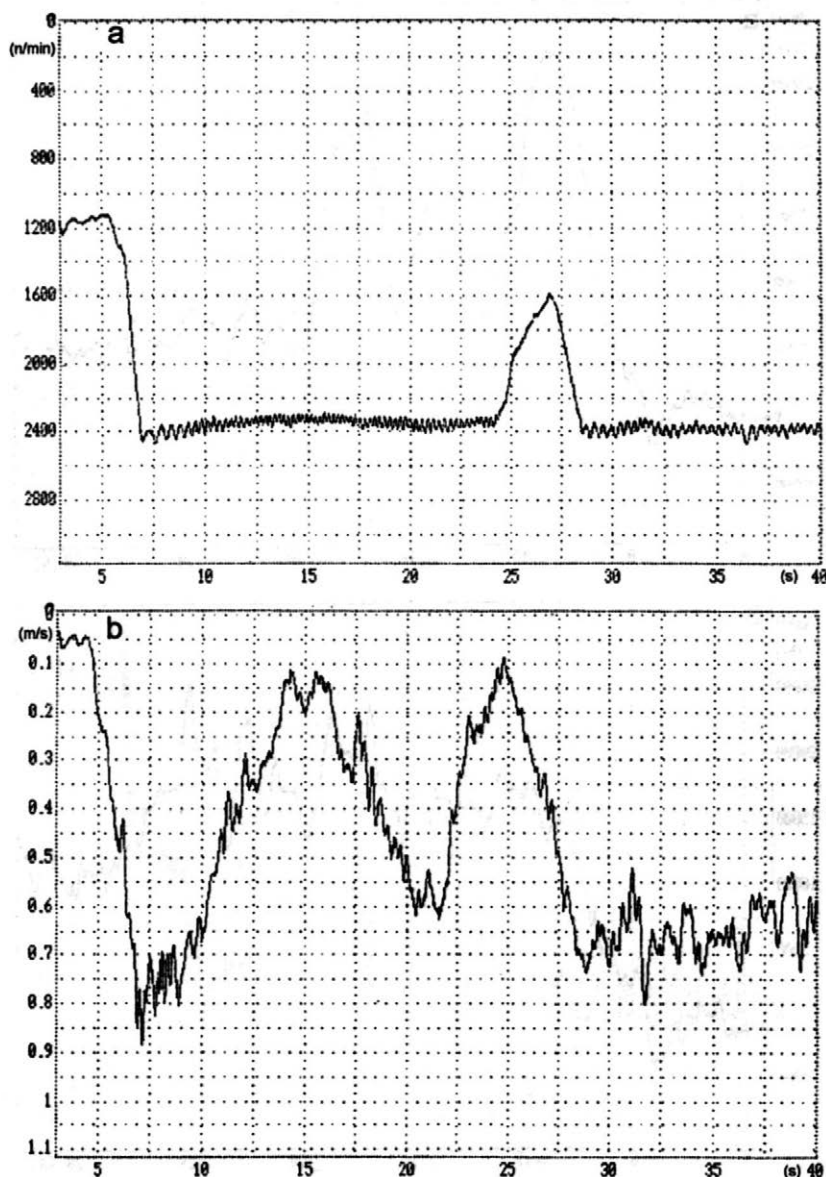
úsek – section 1 600..3 600 vzorků – samples .. 20 000318.. 45 000717 s



6. Zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 namerané počas jeho zahĺbovania do pôdy pri druhom prevodovom stupni (hĺbka orby 250 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Loadings in lower drawbars of tractor trailer Z 163 45 NT in aggregation with plough PH1-422 measured during its recessing into soil at the second gear (tillage depth 250 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – pravé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 35 276 N – right drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 35 276 N; b – ľavé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 26 476 N – left drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 26 476 N

úsek – section 240.. 3 200 vzorků – samples.. 3 0000478.. 40 000637 s

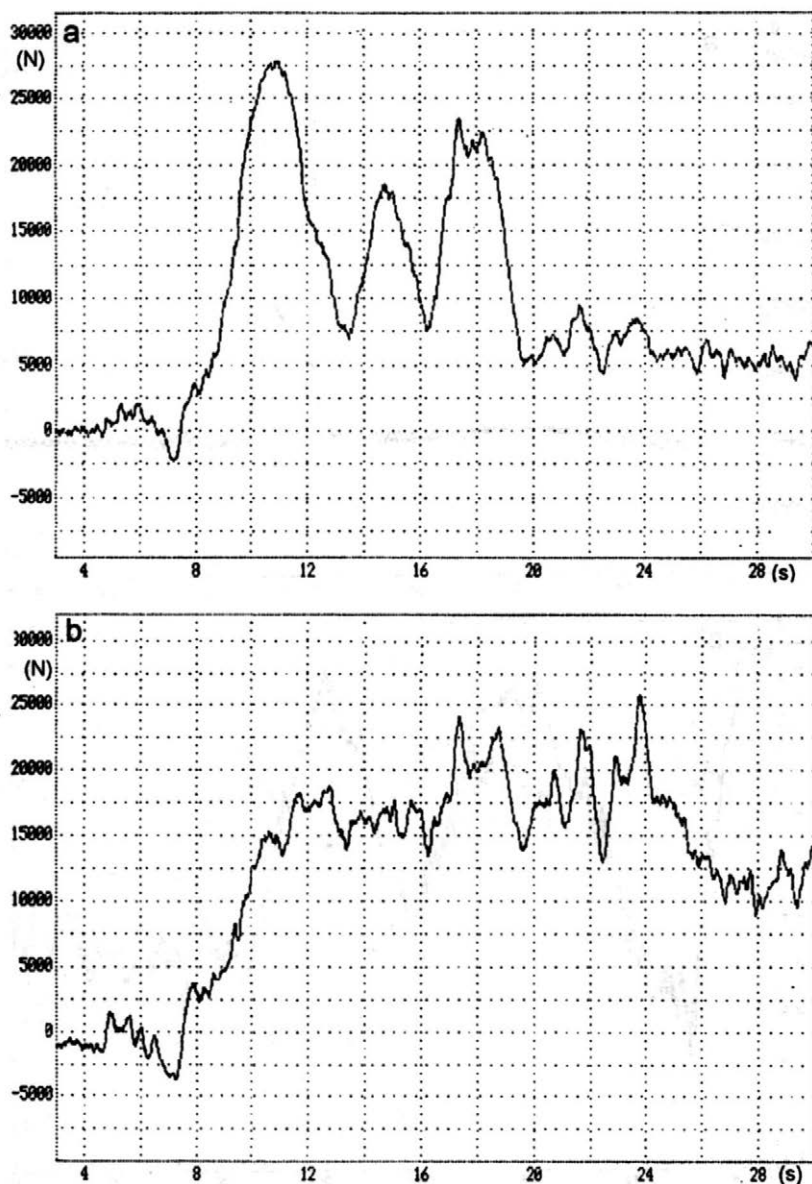


7. Otáčky motora traktora Z 163 45 NT a rýchlosť orbovej súpravy namerané v čase zahľbovania pluhu PH1-422 do pôdy pri druhom prevodovom stupni (hĺbka orby 250 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Revolutions of motor of the tractor Z 163 45 NT and speed of the tillage aggregate measured during plough (PH1-422) recessing into soil at the second gear (tillage depth 250 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – otáčky motora – revolutions of motor

b – rýchlosť orbovej súpravy – speed of tillage aggregate

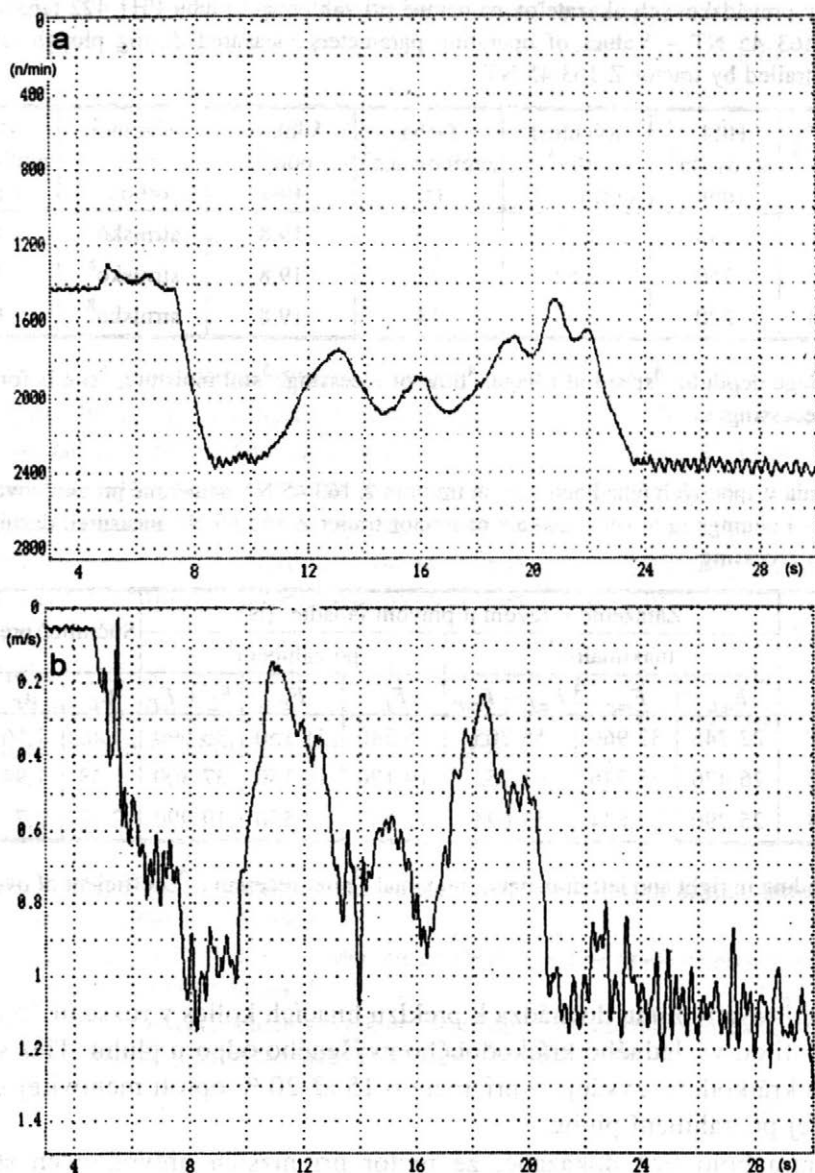
úsek – section 240.. 3 200 vzorků – samples.. 3 0000478..40 000637 s



8. Zaťaženie v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT v agregácii s pluhom PH1-422 namerané počas jeho zahĺbovania do pôdy pri treťom prevodovom stupni (hĺbka orby 220 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Loadings in lower drawbars of tractor trailer Z 163 45 NT in aggregation with plough PH1-422 measured during its recessing into soil at the third gear (tillage depth 220 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – pravé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 27 834 N – right drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 27 834 N

b – ľavé ťahadlo, maximálne zaťaženie $F_{\max}$ 25 790 N – left drawbar, maximal loading $F_{\max}$ 25 790 N
 úsek – section 240.. 2 400 vzorků – samples.. 3 0000478.. 30 000478 s



9. Otáčky motora traktora Z 163 45 NT a rýchlosť orbovej súpravy namerané v čase zahĺbovania pluhu PH1-422 do pôdy pri treťom prevodovom stupni (hĺbka orby 220 mm, vlhkosť pôdy 19,8 %, pozemok: strnisko) – Revolutions of motor of the tractor Z 163 45 NT and speed of the tillage aggregate measured during plough (PH1-422) recessing into soil at the third gear (tillage depth 220 mm, soil moisture 19.8 %, site: stubble)

a – otáčky motora – revolutions of motor

b – rýchlosť orbovej súpravy – speed of tillage aggregate

úsek – section 240 .. 2 400 vzorků – samples.. 3 0000478..30 000478 s

I. Hodnoty prevádzkových ukazateľov namerané pri zahľbovaní pluhu PH1-422 ťahaného traktorom Z 163 45 NT – Values of operating parameters measured during plough (PH1-422) recessing trailed by tractor Z 163 45 NT

Prevodový stupeň ¹	Hĺbka orby do ² (mm)	Rýchlosť orby ³ (km.h ⁻¹)	Doba zahľbovania ⁴ (s)	Vlhkosť pôdy ⁵ (%)	Pozemok pred orbou ⁶	Dráha zahľbovania ⁷ (m)
Red I/1	240	1,65	10	19,8	strnisko ⁸	4,5
Red I/2	250	2,52	12	19,8	strnisko ⁸	8,4
Red I/3	220	3,96	14	19,8	strnisko ⁸	15,4

¹gear, ²tillage depth to, ³speed of tillage, ⁴time of recessing, ⁵soil moisture, ⁶site before tillage, ⁷path of recessing

II. Zaťaženia v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT namerané pri zahľbovaní pluhu PH1-422 – Loadings in lower drawbars of tractor trailer Z 163 45 NT measured during plough (PH1-422) recessing

Prevodový stupeň ¹	Zaťaženie v ľavom a pravom ťahadle ² (N)						Súčiniteľ preťaženia ⁵		
	maximálne ³			po zahĺbení ⁴					
	F_{mL}	F_{mP}	$F_{mL} - F_{mP}$	F_L	F_P	$F_L + F_P$	μ_L	μ_P	$\bar{\mu}$
Red I/1	22 745	32 960	55 705	15 540	21 150	36 690	1,46	1,56	1,52
Red I/2	26 476	35 276	61 752	19 120	18 180	37 300	1,38	1,94	1,65
Red I/3	25 790	27 834	53 624	12 440	7 550	19 990	2,07	3,7	2,68

¹gear, ²loading in right and left drawbars, ³maximal, ⁴after recessing, ⁵coefficient of overloading

Pri zahľbovaní pluhu dochádza k prekľžu hnacích kolies v rozsahu 15 až 50 % v závislosti od výsledného krátkodobého zvýšeného odporu pluhu. Tiež spotreba paliva sa krátkodobe zvyšuje v priemere o 15 až 20 % oproti menovitej spotrebe nameranej po zahľbení pluhu.

Meraním bolo tiež dokázané, že motor pri nižších prevodových stupňoch pracoval normálne, avšak už pri rýchlosti 3,9 km.h⁻¹ dochádzalo k preťaženiu motora v čase zahľbovania pluhu. Dôležité je poznať, ktorý prevodový stupeň máme zvoliť z hľadiska maximálnej výkonnosti orbovej súpravy a nepreťaženia motora.

DISKUSIA

Obsahom experimentálnych meraní bolo skúmanie dynamických síl v spodných ťahadlách závesu traktora Z 163 45 NT pri zahľbovaní pluhu pri rôznych

rýchlostiach. Súčasne boli merané aj zmeny otáčok motora a rýchlosť orbovej súpravy. Otázkami merania zaťaženia súprav sa zaoberali viacerí autori (N o z - d r o v i c k ý , B e l u s k ý , 1989; B a u e r et al., 1990 a ďalší), avšak nerozoberali zaťaženie pri zahĺbovaní. Zaťažením orbovej súpravy pri zahĺbení pluhu sa zaoberali S a l a n c i et al. (1990), ktorí zistili, že pri zahĺbovaní pluhu sa dynamické rázy zvyšujú v rozsahu 1,2 až 3,3-krát oproti menovitým zaťaženiam po ukončení zahĺbovania.

ZÁVER

Namerané a vyhodnotené výsledky prevádzkových skúšok traktora v agregácii s návesným pluhom pripojeným cez dvojbodové pripojenie závesu traktora ukázali, že pri zahĺbovaní pluhu dochádza k značným dynamickým rázom, ktoré sa prejavujú krátkodobým preťažením orbovej súpravy. Namerané dynamické rázy pri zahĺbovaní pluhu, vyjadrené cez súčinitele preťaženia, sa pohybovali v rozsahu 1,52 až 2,68, a to v závislosti od rýchlosti orbovej súpravy. Zvyšovaním rýchlosti orbovej súpravy ako aj nesprávnym nastavením pluhu sa zvyšujú dynamické rázy.

Praktické využitie merania môže nájsť uplatnenie pri vývoji pluhov, pri hodnotení pôdneho prostredia, ako aj pre simuláciu zaťaženia pri zrýchlených životnostných skúškach v laboratórnych podmienkach.

Literatúra

- BAUER, F. – MIŠUN, V. – LOPRAIS, A.: Teorie výpočtu výsledných účinků pluhu při orbě. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9): 553–565.
- NOZDROVICKÝ, L. – BELUSKÝ, V.: Meranie a vyhodnocovanie pracovného odporu pri orbe. Zeměd. Techn., 35, 1989 (8): 449–457.
- SALANCI, J. et al.: Experimentálny výskum overovania prevádzkových zaťažení traktora Z 163 45 NT s náradím. [Záverečná správa.] Košice, SJF VŠT, 1990.

Došlo 16. 11. 1993

SALANCI, J. – SLOBODA, A. – BUGÁR, T. (University of Technology, Košice):
Measurement and evaluation of loading in lower drawbars of the tractor at plough recessing.

Zeměd. Techn., 40, 1994 (4): 249–262.

To test the reliability of components and functional groups of the tractor and plough, it is important to know operating loadings of the tillage aggregate during deep tillage. The tillage aggregate is a complex dynamic system, for that reason, dynamic impacts occur during the plough recessing, that is short-time overloadings. Dynamic

impacts may be higher due to incorrect choice of speed gears of the tractor, as well as by shortening of time of plough recessing.

The clearness of loading of tillage aggregate during plough recessing was achieved through the measurement in operating conditions at various speeds of tillage aggregate. The tractor Z 163 45 NT in aggregation the five-mouldboard plough PH1-422. Engine speed and speed of the tillage aggregate and loading in lower drawbars of the trailer of tractor, measured in time dependence, were recorded on the computer disquette. The results were assessed and processed into charts and tables.

The result of tests confirmed that at plough recessing during tillage up to a depth of 250 mm, dynamic loading expressed by coefficient of overloading ranged from 1.52 to 2.68 time of nominal loadings after stabilizing of recessing. Measurements also proved that an increase in dynamic impacts with increasing speed of the tillage aggregate. During plough recessing in right drawbar greater forces were measured as in the left one, but after stabilizing the deep tillage, smaller differences appeared. This follows from different depth of tillage, from asymmetry of tillage implements of plough with respect to vertical longitudinal plane passing through the centre of gravity and from incorrect mounting of plough to the tractor as well.

The practical use of taken data can be seen in designs of new ploughs and tractors as well as in optimization of technical and exploitation properties of the tillage aggregate aimed at minimizing operating expenses.

tractor; plough; plough recessing; drawbar; dynamic loading; tillage aggregate

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Ján S a l a n c i , CSc., Technická univerzita, Letná 9,
041 87 Košice, Slovenská republika

ŘÍDÍCÍ POČÍTAČOVÁ JEDNOTKA V SYSTÉMU S TENZOMETRICKOU VÁHOU A VELKOPLOŠNÝM DISPLEJEM PRO ŘÍZENÍ PŘÍPRAVY A VÝDEJE TEKUTÉHO KRMIVA PRO PRASATA POTRUBNÍM ROZVODEM

J. Vegricht, P. Kettner, M. Češpiva, J. Svoboda

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy

Ekonomika chovu prasat je rozhodující měrou závislá na zajištění přesné přípravy směsné dávky a jejího přesného dávkování zvířatům na základě odpovědně stanovených potřeb ustájených zvířat. Cestou k dosažení tohoto stavu je optimální využití elektronických systémů pro kontrolu a řízení procesů. V chovu prasat jsou však k dispozici buď drahá zařízení řízená mikropočítačem, vhodná pro velké koncentrace, nebo se krmivo dává ručně. Zcela chybí jednoduché a laciné zařízení umožňující automatickou kontrolu a řízení procesu přípravy a zakládání krmiv pro menší, zejména soukromé stáje s kapacitou okolo 300 až 800 zvířat ve výkrmu. Výsledky shrnuté v tomto příspěvku představují řešení, vývoj a ověření jednoduchého automatizovaného systému vhodného pro malokapacitní stáje. Největší předností nového zařízení je důsledná hmotnostní kontrola přípravy směsné dávky s vysokou přesností (maximální odchylka ± 1 %) vylučující výživový stres a umožňující fázovou výživu jednotlivých hmotnostních a věkových kategorií zvířat ve stáji. Při běžném původním provozu těchto potrubních systémů nejsou výjimkou časté rozdíly v dávce jednotlivých komponentů proti předpisu (řádově v desítkách procent). Významnou předností systému v tomto smyslu je i zjištěná vysoká přesnost dávkování s odchylkou $\pm 2,2$ %, v původním provozu nedosažitelná.

automatizace v chovu prasat; krmení prasat potrubním rozvodem; mechanizace a automatizace procesů pro malokapacitní stáje pro prasata

Vydáme-li z analýzy ekonomických výsledků výroby jatečných prasat v České republice, kde zhruba 70 % vlastních nákladů na krmný den představují náklady na krmiva, je zřejmé, že každá i poměrně malá úspora krmiv v přepočtu na jednotku přírůstku či finálního produktu může výrazně ovlivnit ekonomiku.

Základní cestou, jak dosáhnout těchto úspor, je zajistit přesné dávkování krmiv podle potřeb obsluhovaných zvířat. Zde pak přistupuje i důležitý faktor přesného respektování potřeb zvířat, jenž se promítá do optimální pohody ustájených zvířat a dobré úrovně jejich zdravotního stavu a kondice.

V minulém období se obecně v živočišné výrobě z tohoto hlediska intenzivně řešilo automatické dávkování koncentrovaných krmiv (jadrného krmiva) jako

významný prostředek zabezpečení uvedeného požadavku. Výsledkem, zejména v chovu skotu, jsou různé složité systémy řízené mikropočítačem, které jsou běžně dostupné na našem trhu.

V oblasti chovu prasat však jednoduché a laciné zařízení, vhodné pro menší, zejména soukromé stáje, chybí. Proto bylo zahájeno řešení jednoduché přípravny krmné směsi řízené mikropočítačem, vhodné pro koncentrace 300 až 800 prasat ve výkrmu.

MATERIÁL A METODY

Metodika řešení vychází z potřeby vývoje jednoduchého a laciného zařízení určeného pro méně kapacitní objekty a zajišťujícího v chovu prasat přesné dávkování krmiv podle potřeb obsluhovaných zvířat. Z technologického a technického hlediska odpovídajícího tomuto záměru byly stanoveny tyto požadavky:

1. Dokompletování běžné linky pro potrubní krmení prasat řídicí mikropočítačovou jednotkou ovládající automatickou přípravu krmné dávky a zobrazování hmotnosti náplně míchačky na velkoplošném displeji.
2. Automatická příprava krmné dávky musí být umožněna nejméně ve třech variantách a každá varianta musí být složena až ze čtyř komponentů.
3. Do koryt se bude krmivo dávkovat ručně ovládanými ventily podle údajů velkoplošného displeje umístěného v krmné chodbě.
4. Tenzometrická váha bude tvořena jedním tenzometrickým snímačem umístěným pod míchací nádrž.

Za základní cíl řešení bylo stanoveno odstranit v běžném provozu zjištěné výrazné odchylky dávek komponentů směsí proti předpisu i odchylky až několik desítek procent při vlastním dávkování směsi do koryt. Tyto odchylky vyvolávají v organizmu zvířat šok, který se promítá jak do užitkovosti, tak i do zhoršování zdravotního stavu zvířat.

Zároveň je nutné využitím automatizovaného systému zadávání skladby a přípravy směsí a kontroly procesu vytvořit prostor pro realizaci fázové výživy jednotlivých hmotnostních a věkových kategorií ustájených zvířat. To znamená, že se při vytváření homogenních skupin zvířat podle těchto hledisek budou důsledně respektovat diferencované potřeby jejich výživy.

Po laboratorním ověření systému bylo pro provozní ověření určeno ZD Opařany, které se na vývoji zařízení podílelo a na kterém byl celý systém ověřován v odchovně mladých prasnic pro 475 kusů na farmě Podboří.

VÝSLEDKY

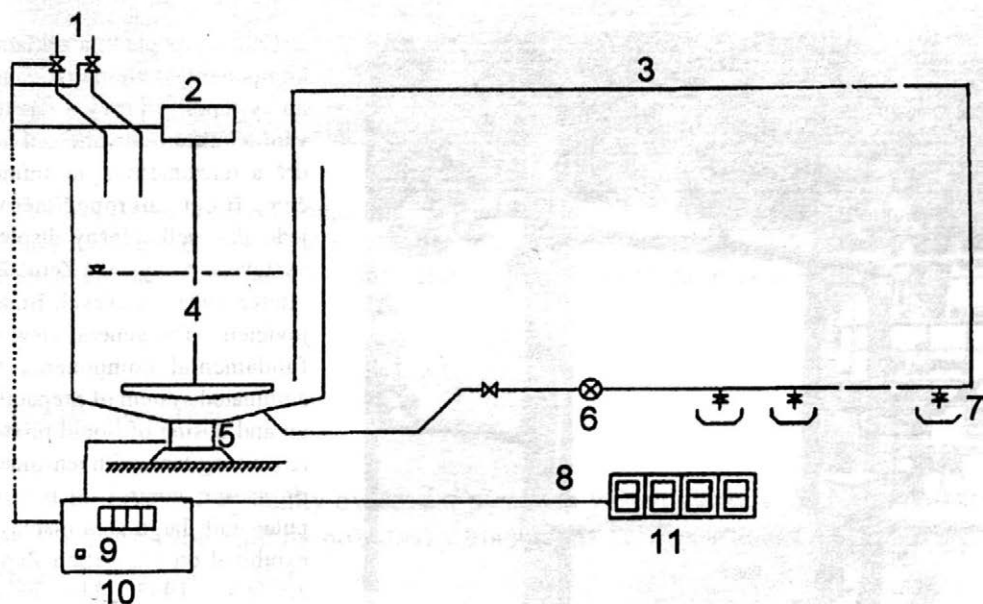
Zařízení vyvinuté pro dokompletování běžných systémů potrubního krmení prasat tekutými směsmi zahrnuje míchací nádrž s tenzometrickým snímačem,

řídící mikropočítačovou jednotku, velkoplošný displej a úpravu silového rozvaděče elektro a rozvodů teplé a studené vody. Tato zařízení, vyvinutá a vyrobená ve spolupráci Výzkumného ústavu zemědělské techniky, Praha-Řepy a ZD Opařany, dokončují linku, jak je schematicky znázorněno na obr. 1.

Celý systém pracuje následovně:

Mikropočítačová jednotka řídí přípravu krmné směsi podle programu, který zvolí oprávněná osoba (např. zootechnik) a uloží jej do paměti mikropočítače pomocí klávesnice. Přitom je možné naprogramovat až čtyři druhy různých krmných dávek. Jednotlivé dávky mohou být složeny až z pěti komponent, jejichž velikost je volitelná v rozsahu od 0 do 2 000 kg.

Tímto uspořádáním je možné vytvářet diferencovaně s vysokou přesností (jak je dále doloženo) dávky pro jednotlivé specifické skupiny zvířat s ohledem na jejich hmotnostní a věkovou kategorii a na další specifika skupiny, a realizovat



1. Schéma krmné linky s potrubním rozvodem s automatizovaným systémem přípravy tekuté směsi a dávkováním podle údajů velkoplošného displeje – Scheme of feeding line with pipeline distribution by automated system of preparation of liquid mixture and dosing according to the data of large area display

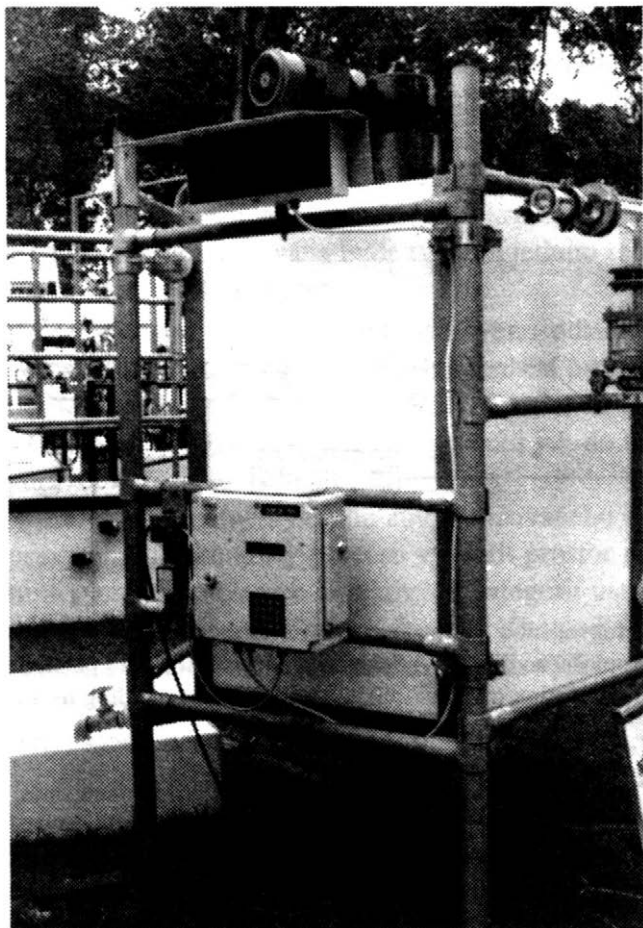
¹přívodní potrubí komponent krmné směsi, ²míchadlo, ³zpětný okruh, ⁴nádrž pro krmnou směs, ⁵tenzometr, ⁶čerpadlo, ⁷výdejový ventil, ⁸sériová proudová smyčka, ⁹tara, ¹⁰vyhodnocovací a řídící jednotka umístěná v přípravě krmiva, ¹¹čtyřmístný velkoplošný displej v prostoru výkrmny; ¹feed piping of components of feed mixture, ²stirrer, ³reverse circuit, ⁴tank for feed mixture, ⁵tensometer, ⁶pump, ⁷distribution valve, ⁸series flow loop, ⁹evaluating and control unit placed in feed processing room, ¹⁰four-digit large area display in feeding house

tak důslednou fázovou výživu celého chovu s vyloučením nežádoucího lidského faktoru.

V paměti mikropočítače je součtově zaznamenáno množství spotřebovaných komponent, takže je možné kdykoliv bilancovat spotřebované krmivo pro účely ekonomických propočtů, objednávek, inventarizace apod.

Řídící jednotka je kabelem spojena se čtyřmístným velkoplošným displejem, který je umístěn v prostoru výkrmny a slouží krmiči pro přesné odměření vydávaného krmiva do jednotlivých žlabů a pro sledování postupu přípravy krmné směsi.

Jednotlivá zařízení – tak jak byla vystavena na výstavě Země živitelka 1993 v Českých Budějovicích a později instalována na ZD Opařany – blíže dokumentují fotografie na obr. 2 a 3.



2. Celkový pohled na základní komponenty automatizovaného systému přípravy a dávkování tekuté směsi (míchací nádrž s tenzometrickým snímačem, řídící mikropočítačová jednotka, velkoplošný displej) vystavené na výstavě Země živitelka 1993 v Českých Budějovicích – The general view of fundamental components of automated system of preparation and dosing of liquid mixture (mixing tank with tensometric sensor, control microcomputer unit, large area display), exhibited on exposition Země živitelka 1993 (The Earth Breadwinner) in České Budějovice



3. Celkový pohled na instalovanou linku pro potrubní krmení s velkoplošným displejem ve stáji pro odchov prasniček na farmě v Podboří – The general view of the installed line for pipeline feeding with large area display in the stable for gilt rearing on the farm at Podboří

Výsledky ověřování

Již laboratorní výsledky ověřování přesnosti vážení ukázaly, že přesnost váhy s velkou rezervou splňuje požadavky kladené na zařízení, a daly předpoklad pro úspěšné provozní ověření systému.

Laboratorní měření se uskutečnilo ve VÚZT a bylo zaměřeno na odzkoušení přesnosti vážení při různém zatížení, ověření konstrukce míchací nádrže a jejího uchycení v rámu a ověření vhodnosti použitého tenzometru pro účely vývoje řídicí mikropočítačové jednotky. Na základě získaných poznatků byly provedeny některé dílčí úpravy vyhodnocovací jednotky a algoritmů řízení. Mezi nejdůležitější výsledky této etapy patří ověření linearitu vážící jednotky v požadovaném vážícím rozsahu. Výsledky měření jsou uvedeny v tab. I.

Vlastní provozní ověřování na farmě Podboří v ZD Opařany se vedle sledování základních technických parametrů soustředilo především na ukazatele kvality práce linky.

I. Přesnost vážení tenzometrické váhy s jedním tenzometrem – Accuracy of weighing of tensometric scales with single tensometer

Hmotnost zátěže ¹	Údaj převodníku (počet pulsů) ²	Přírůstek pulsů ³	Přírůstek hmot- nosti odpovída- jící počtu pulsů ⁴	Odchylka ⁵	
(kg)	(-)	(-)	(kg)	10 ⁻³ (kg)	(%)
00	14250	000	00000	000	0000
60	14699	449*	52,65	000	0000*
120	15214	515	60,39	390	0,65
180	15725	511	59,92	-80	-0,13
240	16237	512	60,04	40	0,06
300	16742	512	60,04	40	0,06
360	17253	505	59,22	-780	-1,30
420	17767	511	59,92	-80	-0,13
480	18283	514	60,27	270	0,45
540	18794	516	60,50	500	0,83
600	19305	511	59,92	-80	-0,13
660	19814	511	59,92	-80	-0,13
720	20326	509	59,68	-320	-0,53
780	20843	512	60,04	40	0,06
840	21361	517	60,62	620	1,03
900	21869	518	60,74	740	1,23
960	22386	508	59,58	-420	-0,70
1020	22895	517	60,62	620	1,03
1080	23411	509	59,68	-320	0,53
1140	23918	516	60,50	500	0,83
1200	24435	507	59,45	-550	-0,92
1260	24952	517	60,62	620	1,03
1320	25452	507	59,45	-550	-0,92
1380	25963	510	59,80	-200	-0,33
1440	26475	511	59,92	-80	-0,13
1500	26981	512	60,04	40	0,06
1560	27493	506	59,33	-670	-1,04
1620	28010	512	60,04	40	0,06
1680	28518	517	60,62	620	1,03
1740	29023	508	59,58	-420	-0,07
1800	29538	515	60,38	380	0,63

* údaj nezhodnocen – data not evaluated

střední hodnota přírůstku hmotnosti – mean value of weight increment $x = 60,029$ kg

směrodatná odchylka přírůstku hmotnosti – standard deviation of weight increment $s_x = 0,425$ kg

¹weight of load, ²data on converter (number of impulses), ³increase of pulses, ⁴weight increment corresponding to the number of pulses, ⁵deviation

Za základní kvalitativní ukazatele práce zařízení bylo vybráno sledování přesnosti dávkování do krmných žlabů a přesnosti dávkování jednotlivých komponentů do výsledné směsi.

Přesnost dávkování komponentů do výsledné směsi

Nejdůležitějším ukazatelem kvality práce z hlediska zadaného základního cíle řešení je vysoká přesnost dávkování jednotlivých komponentů do výsledné směsi, která při aplikaci užitého tenzometru a řídicí mikropočítačové jednotky v celém profilu zátěže vykazuje odchylku do 1 % hmotnosti stanovené (vypočtené) dávky.

Provozní výsledky tak potvrdily laboratorní závěry uvedené v tab. I, signalizující vysokou přesnost vážení systému. To je významnou předností vyvinutého zařízení, neboť při původním běžně aplikovaném systému řízení chodu dávkovačů obsluhou a při sledování času na hodinách s nepřesností odhadu času a jeho sledování vznikají značné difference v přípravě dávky. V souvislosti s tím, že obsluha v rozporu s popisem práce velmi často nesleduje proces dávkování, se stává, že spirálové dopravníky v důsledku vzniku vzpěrné klenby v zásobnících krmivo nedávkuje. Tím vznikají, jak bylo v průběhu ověřování ručního ovládání systému dávkování zjištěno, až 50% rozdíly v dávce jaderných komponentů proti stanovené dávce. To se pak musí výrazně odrazit v celkové ekonomice chovu i ve zhoršení pohody zvířat i jejich zdravotního stavu. Přesná hmotnostní kontrola procesu tento případ vylučuje. To potvrzuje i původní předpoklad, že vyloučením lidského faktoru z přímého řízení technologického procesu lze dosáhnout značných úspor.

Sledování přesnosti dávkování do krmných žlabů

Velmi příznivé výsledky práce vyvinutého zařízení podle ukazatele přesnosti dávkování dokládá tab. II, shrnující výsledky vybraného měření odpovídající běžně dosahovaným průměrným hodnotám z opakovaných měření.

Z analýzy výsledků tab. II lze konstatovat, že při současném míchání a vydávání krmiva lze dosáhnout přesnosti dávkování (proti údaji na displeji) při stanovené dávce 15 kg do $\pm 0,80$ kg, což představuje maximální odchylku $\pm 5,33$ %. Z hlediska praxe obsluhy se pak projevuje mírná tendence překročení hodnoty z 15 kg v průměru na $x = 15,30$ kg při velmi nízké odchylce dané hodnotou směrodatné odchylky $s_x = 0,33$ kg, což představuje rozdíl $\pm 2,16$ %.

Na displeji jsou uváděny hodnoty zaokrouhlené na celé kilogramy, takže odhad dávky přesnější než ± 1 kg je obtížný. Přesto dosáhla obsluha po krátkém zacvičení uvedené vysoké přesnosti dávkování. Potvrdil se tak původní předpoklad, že postačí přesnost údaje displeje na 1 kg.

Při dávkování směsi při zapnutém míchadle jsme pozorovali malé kmitání údaje na displeji. Proto jsme navíc měřili přesnost dávkování i bez současného

II. Měření přesnosti dávkování (ZD Opařany 3. 11. 1993) – Measurement of accuracy of dosing (Cooperative Farm at Opařany on November 3, 1993)

Měření ¹	Vzorek číslo ²	Údaj na displeji ³ (kg)	Zjištěná hmotnost vydané dávky ⁴ (kg)	Odchylka proti displeji ⁵	
				(kg)	(%)
1	22	15	15,50	+0,50	+3,33
	23	15	14,60	-0,40	-2,67
	24	15	15,50	+0,50	+3,33
2	25	15	15,40	+0,40	+2,67
	26	15	15,60	+0,60	+4,00
	27	15	14,90	-0,10	-0,67
3	28	15	14,90	-0,10	-0,67
	29	15	15,20	+0,20	+1,34
	30	15	15,40	+0,40	+2,67
4	31	15	15,75	+0,75	+5,00
	32	15	15,40	+0,40	+2,67
	33	15	15,10	+0,10	+0,67
5	34	15	14,60	-0,40	-2,67
	35	15	15,15	+0,15	+1,00
	36	15	15,60	+0,60	+4,00
6	37	15	15,30	+0,30	+2,00
	38	15	15,60	+0,60	+4,00
	39	15	15,10	+0,10	+0,67
7	40	15	15,40	+0,40	+2,67
	41	15	15,80	+0,80	+5,33
	42	15	15,60	+0,60	+4,00

aritmetický průměr – arithmetic mean $\bar{x} = 15,30$

směrodatná odchylka – standard deviation $s_x = 0,33$

Vysvětlivky pro tab. II a III – Explanations to Tabs. II and III:

Měření 1 až 7 v pravidelných vzdálenostech v průběhu celého potrubního rozvodu – Measurements 1 to 7 in regular intervals in the whole piping distribution

¹measurement, ²sample No., ³data on display, ⁴found weight of issued dose, ⁵deviation as against display

míchání v nádrži míchačky, neboť při tomto provozu nebylo kmitání údaje na displeji pozorováno (na tenzometrické čidlo se přenáší chvění vyvolané činností míchadla).

Při analýze údajů tab. III odpovídajících měření bez zapnutí míchadla (tedy bez současného míchání při dávkování směsi) je patrné mírné zlepšení přesnosti dávkování. V důsledku možného vzniku místního zahuštění směsi při dopravě

III. Měření přesnosti dávkování (dávkování bez míchání) – Measurement of accuracy of dosing (dosing without stirring)

Měření ¹	Vzorek číslo ²	Údaj na displeji ³ (kg)	Zjištěná hmotnost vydané dávky ⁴ (kg)	Odchylka proti displeji ⁵	
				(kg)	(%)
1	43	15	15,30	+0,30	+ 2,00
	44	15	15,10	+0,10	+0,67
	45	15	14,80	-0,20	-1,34
2	46	15	15,40	+0,40	+2,67
	47	15	15,40	+0,40	+2,67
	48	15	15,10	+0,10	+0,67
3	44	15	14,50	-0,50	-3,33
	50	15	15,60	+0,60	+4,00
	51	15	15,30	+0,30	+2,00
4	52	15	15,40	+0,40	+2,67
	53	15	15,20	+0,20	+1,34
	54	15	15,10	+0,10	+0,67
5	55	15	15,30	+0,30	+2,00
	56	15	15,10	+0,10	+0,67
	57	15	15,60	+0,60	+4,00
6	58	15	15,20	+0,20	+1,34
	59	15	14,60	-0,40	-2,67
	60	15	15,40	+0,40	+2,67
7	61	15	15,40	+0,40	+2,67
	62	15	15,75	+0,75	+5,00
	63	15	15,30	+0,30	+2,00

aritmetický průměr – arithmetic mean $x = 15,23$

směrodatná odchylka – standard deviation $s_x = 0,30$

však vzrůstá riziko, že se zvýší tlak v potrubí, a tím narůstá nebezpečí poruchy dopravy směsi. Vzhledem k velmi příznivým parametrům přesnosti dávkování i v případě dávkování za současného míchání objemu směsi v míchačce není nutné tento režim práce systému zavádět.

Další výsledky ověřování

Významným momentem řešení je i nízká spotřeba pracovního času obsluhy při přípravě směsi. Tato spotřeba je v podstatě nulová, protože spočívá jen v zapnutí linky. Při ručním ovládání přípravy krmné směsi činí potřeba lidské práce kolem 120 minut denně.

Záleží ovšem na tom, zda obsluha dokáže tento čas využít k jiným pracím, či zda pouze čeká. I v tom případě se však spotřeba času výrazně snižuje – až o 50 %, neboť obsluha není ochotna sledovat celý proces v přípravě, kde je vysoká prašnost. Uvedená zjištěná průměrná spotřeba času při původním provozu tak odpovídá nepřesnosti řízení procesu. Tato okolnost se pak projevuje ve snížení spotřeby elektrické energie denně o 1 kWh. To však v poměru k denní spotřebě energie na ohřev vody (běžného systému přípravy tekuté krmné směsi) až 130 kWh denně není rozhodující. Celková spotřeba elektrické energie na dávkování komponentů a míchání směsi totiž představuje jen 1,9 kWh denně.

Vlastní dávkování směsi do krmných žlabů při původním provozu a s využitím automatizovaného systému vykazuje stejnou spotřebu času – 26 minut denně a stejnou spotřebu elektrické energie – 1,8 kWh za den. Při novém systému obsluha pouze navíc sleduje velkoplošný displej.

DISKUSE

Jediná zjištěná okolnost, která při nedodržení technologické kázně může ovlivnit výsledek přípravy směsi, je skutečnost, že vlivem spádu potrubí k míchačce cca 3 až 5 minut po skončeném dávkování malá část do oběhu vydané směsi stéká zpět do míchačky. Před dalším cyklem automatické přípravy směsi je tak nutné tuto dobu vyčkat, aby se ustálila hodnota na displeji a došlo k novému vyvážení systému.

Z hlediska pohodlí obsluhy by bylo vhodné uvažovat o jiném systému odečítání hodnoty z displeje, než je v tomto systému, např. zavedením přímého odpočtu dávky k další prahové hodnotě. Obě tyto zjištěné skutečnosti jsou předmětem dalšího vývoje systému.

ZÁVĚR

Výsledky ověřování dokompletování linky pro potrubní krmení prasat řídící mikropočítačovou jednotkou a souvisejícím zařízením poukazují na významné přednosti systému z hlediska optimálního využití krmiva na produkci zvěřat a přeneseně na jejich optimální pohodu a zdravotní stav.

Lze tedy závěrem konstatovat, že zadaný globální cíl řešení, spočívající ve vyloučení výživových stresů zvěřat v důsledku v praxi zjištěných častých, až několik desítek procent velkých odchylek dávky komponentů i zakládání krmné směsi, byl splněn. Stejně tak lze hodnotit i požadavek možnosti realizace fázové výživy zvěřat.

Ve svých důsledcích to pak spolu s dalšími aspekty přesné kontroly procesu elektronickým systémem a s možností vyhodnocovat spotřebu přináší významný

posun úrovně využití drahých jaderných krmiv na produkci, zdraví a pohodu ustájených zvířat.

To potvrzují i první výsledky komplexního hodnocení několikaměsíčního provozu v ZD Opařany, kde spotřeba jaderných krmiv na kilogram přírůstku klesla zhruba o jeden kilogram (z původních 4,2 na 3,09 kg). Výsledek je významný i v poměru k běžně dosahovanému průměru v rámci podniku 3,8 kg.

Vyvinutý systém lze tedy plně doporučit k užití ve stájích s menší koncentrací prasat, zejména pro menší soukromé farmy, s ohledem na jeho předpokládanou dostupnou cenu a výhodnou relaci k ekonomice chovů. Tento závěr dokládá i veliký zájem veřejnosti o toto zařízení na výstavě Země živitelka 1993 v Českých Budějovicích.

Z hlediska návrhu dalších opatření by bylo vhodné soustředit v dalším vývoji pozornost na úpravu algoritmu řízení displeje a na odpovídající úpravu řídicí jednotky umožňující snadnější odpočet aktuální krmné dávky (např. nulování displeje před každým dávkováním).

Dále by bylo vhodné ověřit možnost náhrady současných skleněných kohoutů pro dávkování krmné směsi ručně ovládanými elektropneumatickými ventily, které jsou lacinější a méně trpí při nešetrné manipulaci. Není však známa jejich provozní spolehlivost, která by měla být předmětem ověření.

Literatura

VEGRICHT, J. – SVOBODA, J.: Energeticky úsporné stavebnicově řešené technologické systémy řízené mikroprocesory pro současné a privatizované farmy živočišné výroby [Výzkumná zpráva.] Praha-Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1992.

Došlo 23. 2. 1994

VEGRICHT, J. – KETTNER, P. – ČEŠPIVA, M. – SVOBODA, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepy):

Control computer-operated unit in the system with tensometric scales and large-area display to control preparation and distribution of liquid feed through the pipeline distribution for pigs.

Zeměd. Techn., 40, 1994 (4): 263–274.

Economy of pig rearing depends in a decisive degree upon securing accurate preparation of mixed ration and its accurate dispensing to animals on the basis of responsibly determined demands of housed animals. An optimum way how to achieve this state is an optimal use of electronic systems to check and control the processes. In pig rearing, however, there are available either expensive microcomputer-controlled devices suitable for high concentrations or the feed is dosed manually. There is a lack of simple and inexpensive equipment facilitating automatic checking and

control of the process of preparation and distribution of feedstuffs for smaller, particularly private stables of capacity about 300 to 800 head of animals in feeding for fattening.

Results summed up in this contribution represent a solution, development and testing of such a simple automated system fitting for small-capacity housing units. The greatest advantage of a new equipment is a consistent weight checking of the preparation of mixed ration of high accuracy (maximal deviation $\pm 1\%$), eliminating the nutritional stress and making possible the phase nutrition of individual weight and age categories of animals in stable. In ordinary original running of these pipeline systems, in rations of different components frequent differences are not exception compared to the regulations (in orders in tens of per cent). An important advantage of the system in this sense is found a high accuracy of dosing with error $\pm 2.2\%$, not achievable the original operation.

The results of testing the completion of the line for pipeline feeding of pigs by control microcomputer unit and connected equipment exhibit great advantage of the system in view of optimal use of feedstuff for production of animals and transferred to their optimal well-being and health condition.

In conclusion, it can be said that assigned global target of solution consisting in elimination of nutritional stresses of animals due to frequent, found in practice, tens of per cent of great deviations of ration of components and distribution of feed mixture has been fulfilled. The requirement for the possibility to accomplish phase feeding of animals may be assessed in the same way.

In its consequences and together with other aspects of accurate checkings of the process through the electronic system and possibilities of evaluation of consumption brings a significant advance on the level of utilization of expensive concentrate feeds for production, health condition and well-being of housed animals.

automation in pig rearing; feeding of pigs through the pipeline distribution; mechanization and automation of processes for small-scale stable for pigs

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří V e g r i c h t, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky,
K šancím 50, 163 07 Praha 6-Řepy (P.O. Box 16, 163 00 Praha 618)

ZVÝŠOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI OBĚŽNÝCH SHRNOVAČŮ CHLÉVSKÉ MRVY

J. Satoria

Vysoká škola zemědělská, Brno

Systémově strukturní zkoumání jakosti a provozní spolehlivosti strojů a zařízení v provozech živočišné výroby bylo u funkčních modelů, prototypů a sériově vyráběných oběžných shrnovačů chlévské mrvy typového označení SMK, SH a ZV v Letostroji Letovice zaměřeno na zvýšení provozní spolehlivosti a životnosti. Nápravnými opatřeními se odstranily nebo zmenšily příčiny vzniku poruch za předpokladu konstrukčních zásahů do soustavy stroje. Zvyšování životnosti jednotlivých prvků při zachování požadovaného provozního režimu a konstrukčního uspořádání oběžného shrnovače bylo dosaženo změnou výrobních a montážních postupů, plánovaných údržeb a technických prohlídek.

jakost; provozní spolehlivost; životnost; užitná hodnota; pracnost; poruchovost

Oběžné shrnovače chlévské mrvy zajišťují dílčí část pracovních procesů v objektech živočišné výroby. Jejich činnost má charakter manipulačně dopravního procesu, který mechanickou cestou odstraňuje chlévskou mrvu a výkaly z prostoru ustájení zvířat. Z konstrukčního hlediska jde o stabilní zařízení, které je vystaveno stálému působení agresivního prostředí a negativním vlivům lidského faktoru v oblasti provozu, údržby a oprav z hlediska nedodržování závazných předpisů a zejména neznalosti velikosti a proměnlivosti namáhání strojních částí ve skutečném provozním režimu stroje.

Systémově strukturní zkoumání této problematiky bylo zahájeno zjišťováním působení sil a příkonu oběžných shrnovačů (Šteffl et al., 1973) a pokračovalo ověřováním vlivu prostředí a provozní spolehlivosti na energetickou náročnost (Satoria, Šteffl, 1978). V provozu velkokapacitních staveb byla tato problematika zkoumána i z pohledu ergonomických parametrů (Satoria, 1980).

V návaznosti jsme se věnovali průzkumu volby materiálu pro stroje a zařízení v chovu dojníc z hlediska provozní spolehlivosti (Satoria et al., 1985). Studium základních činitelů jakosti zemědělských strojů a zařízení prohloubilo poznatky o systémových vztazích mezi řídicími a výkonnými pracovníky, pracovními prostředky a pracovním prostředím. Potvrdilo se, že existují vazby mezi řízením, využíváním, ovládáním a manipulací, údržbou a opravami strojů v živočišné výrobě. Znalost těchto vazeb je potřebná k projekčním návrhům,

konstrukčnímu provedení a inovacím strojů, ke stavebnímu řešení objektu určenému k jejich nasazení včetně montáže (S a t o r i a et al., 1988). Výsledky výzkumu rozpracovali v technologické zprávě pracovníci VÚZS Brno (S k l e - n á ř , T r n k a , 1989) a pracovníci podniku Agrozet Letovice v technologické studii.

Systém zpracování a analýzy kategorizovaných informací o spolehlivosti prototypu shrnovače chlěvské mrvy ZV6-150 vycházel z poznatku, že výrobci mají z 86 až 92 % zájem o technické aspekty výrobků v daném časovém horizontu. Finální systémové hledisko, včetně ekonomických parametrů s využitím koordinačních poznatků v cyklu věda, výzkum, výroba, užití, tvoří pouze 0,6 až 2 % zájmu výrobců. Podle motivačních činitelů, zejména technicko-ekonomických, kladl uživatel index závažnosti do oblasti dlouhodobého provozního využití, systému vlastní údržby výrobku a bezprostředních oprav náhodných poruch ve vztahu k provoznímu režimu, ekonomických ukazatelů provozních nákladů a náročnosti obsluhy stroje a zařízení (S a t o r i a , 1990).

Priority výrobce a uživatele jsou shodné pouze z hlediska vazeb. Každá z vazeb má různý charakter a stupeň volnosti. Sladění vazeb a priorit výrobce a uživatele bylo proto předmětem vědecko-výzkumného projektu (S a t o r i a , 1991; 1992; 1993).

MATERIÁL A METODA

Řešení vědecko-výzkumného projektu jsme zaměřili na intenzifikaci výrobního procesu u výrobce, projevující se snížením spotřeby materiálu, měrné spotřeby energií a paliv, růstem produktivity práce, snížením pracnosti a potřeby výrobních ploch, včetně strojů, a ve vztahu ke spotřebitelským hodnotám zvýšením užitné hodnoty výrobku v oblasti prodloužení životnosti oběžného shrnovače. S podnikem Letostroj Letovice byl projednán soubor úkolů při řešení programu jakosti a spolehlivosti v oblasti strategických cílů a motivačních faktorů jeho dosažení v projekci, ve vývoji, v přípravě výroby, ve výrobě a v provozních zkouškách.

Ze získaných podkladů byla zpracována technicko-ekonomická studie zahrnující základní vstupní údaje, ekonomické propočty optimálních variant řešení, patentovou a právní oblast a systém zpracování a analýzy získaných kategorizovaných informací o spolehlivosti sledovaného prototypu oběžného shrnovače ZV6-150 ve vybraném objektu živočišné výroby. Časový rozvrh plánu údržby vycházel z provozních podmínek a ověřoval stanovené provozní předpisy výrobce.

Kategorizované informace o spolehlivosti uvedeného výrobku byly získávány z karet záznamu poruch, prostožů a oprav objektu zkoumání. Karty byly sestaveny na základě navržené a schválené systémové klasifikace a jednotného číselné-

ho označování poruch jeho prvků, soustav, strojních podskupin a skupin. Jejich průběžné vyhodnocování bylo podkladem pro zpracování návrhů na konstrukční opatření pro sériovou výrobu.

Před zahájením zkoušek byly proměřeny rozměry a hlavní parametry článkového vysokopevnostního řetězu oběžného shrnovače, aby se zjistilo, zda byly dodrženy hodnoty uvedené v příslušné normě.

VÝSLEDKY

V průběhu dlouhodobého sledování oběžných shrnovačů chlěvské mrvy bylo zjištěno, že jejich oběžný řetěz nedosahuje předpokládané životnosti tří let. Nízká životnost a značná poruchovost oběžných řetězů shrnovačů, zvýšené náklady na údržbu a opravy, technické a organizační prostoje v ZD Dolňácko se sídlem v Hluku a v dalších objektech sledování byly předmětem připomínek a reklamací.

U sledovaných shrnovačů se po jednoročním nasazení řetězy prodloužily o 485 až 596 mm, po patnácti měsících o 678 mm a bylo nutné je zkrátit o dva až čtyři články. Řetězy se napínaly podle pokynů výrobce, mimo předepsaný termín čtyřikrát. Přetržení článku ve svaru bylo zaznamenáno ve třech případech, ohnutí hřebel a jejich výměna ve dvou, stejně tak ohyb spojovacího článku. V průběhu nasazení se počet poruch zvyšoval, zejména vlivem korozivního zeslabení hranic řetězu. Zároveň se zkracovala průměrná doba mezi poruchami. Nejpoddimenzovanější část řetězu byla vyrobena z materiálu PL 35x5.

Z těchto důvodů byla výrobci Letostrojí Letovice předložena varianta řešení využívající článkový vysokopevnostní řetěz používaný u dopravníků, pluhů, kombajnů apod. Vysokopevnostní řetěz musí splňovat podmínky ČSN 02 3215-ST SEV 1466-86, platné od 1. 1. 1989, ČSN 02 3216, ČSN 02 3203 a návazně i ON 44 5160. Souběžně s tímto návrhem posuzoval výrobce i varianty, při kterých byly použity

- nýtované sekce řetězu shrnovače,
- odporově svařované sekce řetězu shrnovače,
- svařované sekce řetězu v ochranné atmosféře CO₂.

Požadované zvýšení životnosti zaručovala pouze varianta nýtového řetězu (až o 50 %) a článkového vysokopevnostního řetězu (až o 100 %). Při optimální variantě činily celkové náklady na výrobu jednoho modulu nýtového řetězu 41,10 Kčs, u článkového vysokopevnostního řetězu pevnostní třídy 124 MPa 42,00 Kčs (ekonomické propočty jsou uvedeny v nákladech platných pro rok 1989). Energetickou náročnost, spotřebu kovů a pracnost variantních řešení uvádí tab. I.

I. Srovnávací parametry nýtového a článkového vysokopevnostního řetězu – Comparative parameters of riveted and high-strength link chain

Název parametru	Jednotka ⁴	Nýtovaný řetěz ⁵	Článkový vysokopevnostní řetěz ⁶
Energetická náročnost ¹	tmp.KJ ⁻¹	0,045	0,034
Spotřeba železných kovů ²	kg	1019,2	686,9
Pracnost ³	Nh	28,48	4,42

¹energy requirement, ²consumption of ferrous metals, ³labor requirement, ⁴unit, ⁵riveted chain, ⁶high-strength link chain

Varianta s článkovým vysokopevnostním řetězem v daných provozních podmínkách zaručovala vyšší spolehlivost oběžného shrnovače chlěvské mrvy a důsledně dodržovala předpisy pro provoz, obsluhu a údržbu. Zajišťovala co nejvyšší spolehlivost stroje při co nejmenších nákladech.

Požadované hodnoty byly ověřovány zkušebním provozem podle sestaveného programu stanovujícího podmínky provozu shrnovače chlěvské mrvy ZV6-150.2, kontrolu jeho stavu a sledování jeho provozu ve stáji pro dojnice Školního podniku VŠZ Brno v Žabčicích od 18. 3. 1991.

Předmětem sledování byly prvky oběžného shrnovače, které výrobce dodal (částečně zkompletované do skupin):

- článkový vysokopevnostní řetěz (150 m)
- spojovací články (130 kusů)
- hřebel řetězu (130 kusů)
- řetězka hnací (2 kusy)
- řetězka vodicí (2 kusy)
- pevný roh (1 kus)
- napínací roh (1 kus)
- čističe kol (4 kusy).

Stavební úpravy objektu stáje před montáží oběžného shrnovače byly provedeny podle výkresové dokumentace výrobce stroje. Po demontáži původních dílců (obr. 1) provedla jeho montáž technická skupina výrobce v souladu s montážními předpisy.

Kontrolní měření rozměrů článků řetězu proběhlo podle stanovené metodiky provozních zkoušek a povrchová prohlídka byla v souladu s ČSN 02 3215-ST SEV 1466-86. U náhodně vybraného řetězového úseku (21 článků) nebyly shledány žádné vady (trhliny, vruby apod.), pouze dílčí mělká mechanická poškození (otlaky, škrábnutí apod.), která však nepřesahovala úchyly uvedené v citované



1. Celkový pohled na demon-
tovaný oběžný řetěz shrnova-
če v objektu ŠZP Žabčice –
A general view of a dismant-
led moving chain of the con-
veyer in the facility of the
Animal Breeding Enterprise
at Žabčice

ČSN pro velikost řetězu 14 x 50 mm. Uvedená poškození neovlivňují provozní vlastnosti řetězu. Přejímání řetězu bylo provedeno v dávkách v souladu s ST SEV 1470-78. U přeměřovaného vzorku byly naměřeny hodnoty uvedené v tab. II v návaznosti na obr. 2 a 3.

Z výsledků měření je patrné, že nebyly dodrženy předepsané rozměry článků řetězu, který je součástí finálního výrobku. I u dalších vzorků byly zjištěny nevyhovující výsledky. Dodávka řetězů měla vystaveno osvědčení o jakosti, štítek k dodanému balení chyběl. Na tyto závažné nedostatky byl výrobce shrnovače chlévské mrvy upozorněn.

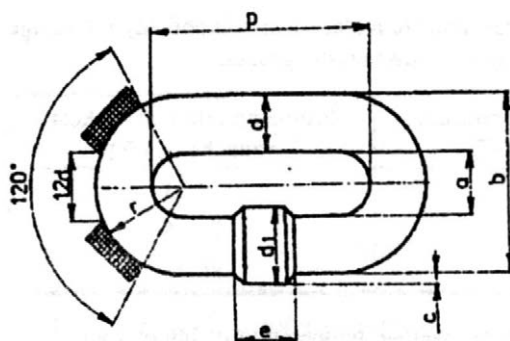
Při kontrole stavebních úprav byly zjištěny nedostatky v kvalitě kaliště. Následně byly upraveny boční vnější stěny kaliště v obloucích pevného rohu a hnací jednotky. Upevnění ocelové kluznice do dna kaliště bylo uvolněné a v některých spojích nebylo svařeno. Ve dvou případech byla ocelová kluznice obloukově deformována v délce 6 m. Tím vnikala chlévská mrva pod její spodní část a kluznice se zvedla o 15 až 25 mm. Také provedení kanálků ve dně kaliště neodpovídalo projektové dokumentaci. Jejich mřížky vystupovaly nad dno kaliště o 8 až 15 mm. Nebyla provedena úprava u propadla chlévské mrvy na vynášecí dopravník. Na tyto nedostatky byl uživatel písemnou formou a fotodokumentacním materiálem upozorněn. Protože byl sledován vliv lidského činitele na spotřební jakost výrobku, bylo následně zjišťováno odstranění poruch, kvalita úprav a oprav, vliv na poruchovost a prostoje shrnovače a zejména životnost jednotlivých prvků a skupin. Benevolentní přístup k odstranění zjištěných stavebních závad se v prvním roce provozu projevil počtem poruch, náklady na jejich odstranění, rozpětím počtu odpracovaných hodin od předcházející poruchy, průměrnou dobou mezi poruchami a technickými prostoji shrnovače.

II. Zjištěné hodnoty a naměřené úchytky od předepsaných rozměrů – Determined values and measured deviations from prescribed dimensions

Číslo článku řetězu ¹	<i>d</i>	<i>p</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d₁</i>	<i>e</i>	<i>r</i>
	mm							
01	14,52.	50,0	18,8	47,6	1,0.	15,4.	5,2	23,9
02	14,43.	49,8	19,1	47,8	1,1.	15,3.	6,3	24,1
03	14,21	50,6.	18,7	47,8	1,2.	15,8.	6,4	24,1
04	14,60.	50,2	18,4	47,6	1,0.	15,5.	5,2	25,1
05	14,48.	50,4	19,0	47,0	0,8.	15,2.	6,2	24,3
06	14,45.	50,1	18,2	47,2	0,9.	15,6.	6,2	24,8
07	14,51.	50,2	18,4	47,1	0,7.	15,2.	6,4	24,3
08	14,52.	50,4	18,9	47,6	0,8.	15,3.	6,3	24,8
09	14,43.	50,0	19,1	47,1	0,9.	15,9.	6,1	24,6
10	14,33	50,1	19,1	47,8	1,0.	16,0.	5,2	24,3
11	14,38	50,0	19,2	47,9	1,1.	16,1.	5,4	25,2
12	14,44.	50,1	18,8	47,2	1,2.	16,0.	5,8	25,1
13	14,12	50,2	18,1	48,3.	1,1.	15,8.	6,1	24,4
14	14,28	49,9	17,9	46,8	0,9.	15,6.	6,4	24,4
15	14,39	50,1	17,8	46,7	0,8.	15,6.	6,3	24,3
16	14,55.	50,0	18,5	47,3	0,8.	15,4.	6,3	25,1
17	14,49.	49,7	18,4	47,2	0,7.	15,5.	5,2	25,3
18	14,10	50,1	18,3	47,9	0,8.	15,9.	5,8	25,1
19	14,35	50,2	18,7	47,9	0,7.	15,8.	5,1	26,0
20	14,28	50,0	18,5	47,7	0,7.	16,1.	6,2	25,8
21	14,30	50,1	19,1	47,3	0,8.	15,4.	5,8	24,8

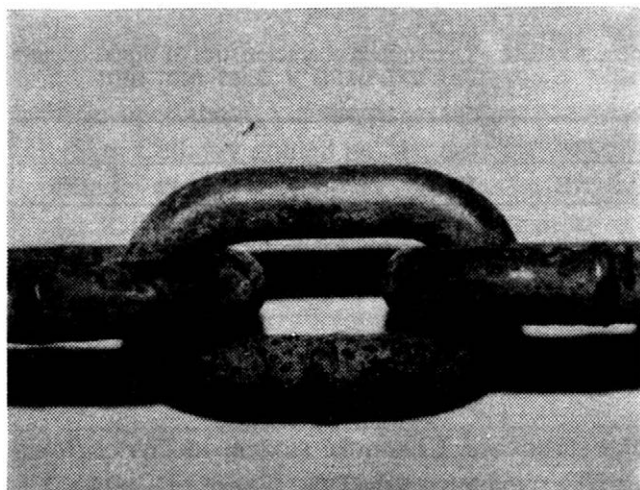
Povolené mezní úchytky byly zjištěny pouze u poloměru článku řetězu. U jmenovitého průměru *d* bylo v jedenácti případech zjištěno jejich nedodržení, u vnější šířky *b* v jednom případě, u rozměru *d₁* a *e* bylo nedodržení 100%. Rozměr *p* je až na jeden případ v povolené toleranci na základě dovoleného zvětšení úchytky – Permissible limit deviations were found out only in the chain link radius. Failure to provide for nominal diameter *d* in eleven cases, for outside width *b* in one case, 100% failure in dimensions *d₁* and *e*. Dimension *p* is within permissible tolerance, except one case, in keeping with permissible enlargement of the deviation. Rozměry článku řetězu značené tečkou nesplňují požadavky stanovené normou – Dimensions of chain link denoted by a dot do not comply with the standard-set requirements

¹chain link number



2. Rozměry článku řetězu shrnovače chlévské mrvy – The size of the chain link of manure conveyer

▨ kontrolní oblast článku řetězu – the control part of the chain link



3. Přeměřovaný článek vysokopevnostního řetězu, ČSN 02 3215 – ST SEV 1466-86 – Checking the measures of a high-strength chain link, ČSN 02 3215 – ST SEV 1466-86

Použitím metod motivujících lidské chování v přístupu k dodržování technologické disciplíny byly nedostatky vyplývající ze špatné kvality stavebních prací odstraněny v průběhu dvou pracovních dnů.

Provozní podmínky nebyly splněny ani v oblasti používání větracího zařízení. Jeho činnost byla závislá na subjektivním úsudku pracovníků obsluhy. Vnitřní teplota vzduchu a relativní vlhkost se při provozních zkouškách oběžného shrnovače měřily v závislosti na čase termohygrografy 867. Naměřené průměrné teploty a relativní vlhkosti vzduchu v letním, přechodném a zimním období jsou uvedeny v tab. III. Maximální hodnota vnitřní teploty se v letním, přechodném a zimním období pohybovala od 21 °C do 29 °C, minimální zaznamenaná hodnota byla od 9 °C do 12 °C. Maximální hodnota relativní vlhkosti vzduchu byla zaznamenána v rozpětí od 62 % do 96 %, minimální hodnota od 26 % do 51 %.

Technické zařízení objektu je ovlivněno nejen tím, jak jsou dodržovány normované hodnoty, ale také klimatickými a technologickými faktory. Z tohoto hlediska bylo nutné znát agresivitu prostředí bezprostředně působícího na při-

III. Průměrná teplota a vlhkost vzduchu ve stájovém objektu měřené v úrovni podlahy – Average air temperature and humidity in a housing facility measured on the ground

Období	Průměrná teplota vnitřního vzduchu ⁴ t_i (°C)	Průměrná relativní vlhkost vzduchu ϕ_i (%)
Letní ¹	24,04	59,23
Přechodné ²	19,16	70,86
Zimní ³	13,67	86,98

¹summer season, ²transient season, ³winter season, ⁴average temperature of internal air, ⁵average relative air moisture

IV. Zjištěné hodnoty močůvky odváděné z kaliště – Determined characteristics of liquid manure discharged from a catchpit

Chemické složení tekutých výkalů – močůvky ¹									
pH	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	K	Fe	Mn	Pb	Zn
–	mg.l ⁻¹								
8,38	3550	490	538	2840	7250	1,15	0,33	0,42	0,16

¹chemical composition of liquid excrements – liquid manure

slušné prvky a skupiny oběžného shrnovače. Chemické složení močůvky (tekutých výkalů odváděných z kaliště) je uvedeno v tab. IV.

Dalším předpokladem pro správnou činnost oběžného shrnovače bylo dodržování technologické kázně a správné délky steliva. Optimální délka steliva pro skot bývá 20 cm, spotřeba na jedno stání a den by měla být 4 až 6 kg. Skutečná spotřeba byla 8 až 16 kg, průměrná délka slámy byla 32 cm, ojediněle až 45 cm. Bylo zjištěno, že se mrva nahrnovala do kaliště v době, kdy byl shrnovač mimo činnost, a že se stelivo zakládalo i do kaliště. Denní provozní doba činila 2 h (± 15 minut). Pracovníci zajišťující obsluhu stroje, údržbu, opravy a vedení záznamu o poruchách byli podrobně seznámeni s metodickými návody. Kritéria stanovující ukazatele spolehlivosti shrnovače byla dána třídou, časovým režimem provozu, následkem poruchy a druhem omezení doby používání. Oběžný shrnovač byl zařazen do skupiny obnovovaných strojů cyklicky pracujících v pravidelném režimu, s možnými materiálními škodami vyplývajícími z nesplnění předepsaného úkolu a s vynuceným omezením doby používání při jeho poruše.

Od doby zahájení zkušebního provozu (18. března 1991) do 31. října 1992 odpracoval prototyp oběžného shrnovače ZV6-150.2 celkem 1 186 hodin. Počet poruch za sledované období, stanovený ze záznamových listů poruch, prostojů a oprav, činil celkem 34. Všechny poruchy kontrolované podle pracovních vý-

kazů pracovníků údržby a oprav a záznamů pracovníků obsluhy byly evidovány v prvním roce provozu do odpracování 678 hodin zkušebního provozu. Tyto poruchy vznikly tím, že nebyly dodrženy stanovené provozní předpisy a předčasné stavební úpravy. V následném zkušebním provozu, vyjádřeném 508 hodinami, nedošlo k žádné poruše, pouze k postupné deformaci spojovacích článků v místě přechodu z kruhového profilu na obdélníkový. Deformace se projevila ohybem článků ve směru pohybu hřebel (v rozměrovém vyjádření o 4,2 až 6,8 mm, měřeno v ose radiusu $r = 14$). Charakteristiky poruch, popis poruchového prvku, druh a doba oprav, doba prostojů a celkové náklady oprav jsou uvedeny v tab. V.

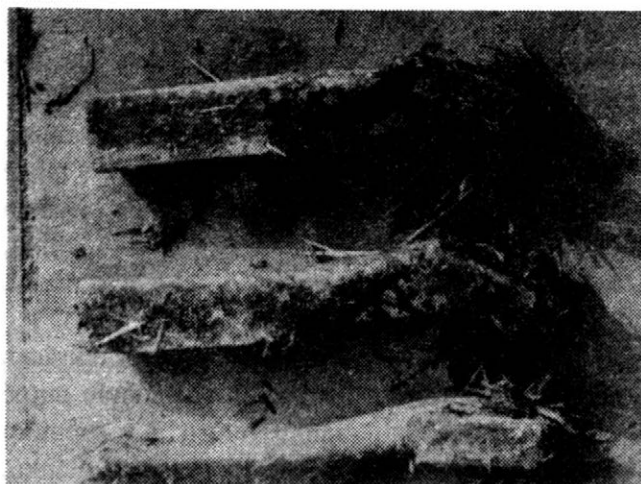
V průběhu 1 186 provozních hodin oběžného šhrnovače byl řetěz zkrácen o 34 články, z toho v prvním roce sledování o 26 článků. Zkrácení bylo nutné v důsledku počátečního opotřebení vnitřní části článku řetězu p v průměru o 0,1 mm, ale také v důsledku deformace – prodloužení spojovacích článků. Průběh opotřebení a deformace řetězu v čase sledování má klesající charakteristiku. Celkový pohled na část deformovaných hřebel je na obr. 5. Deformace a následný lom spojovacího článku řetězu je zřejmý z obr. 6 a 7.

Po 250 hodinách ověřovacího provozu se u jednotlivých článků projevuje deformace – prohnutí proti podélné ose o 0,25 mm. Po 302 provozních hodinách

V. Charakteristiky a struktura poruch oběžného šhrnovače – The characteristics and structure of failures of manure chain conveyer

Poruchový prvek ¹	Počet poruch ²	Příčina poruchy a její projev ³	Závažnost poruchy ⁴	Přímé náklady opravy ⁵ (Kčs)	Průměrná doba prostoje ⁶ (h . ks ⁻¹)
Hřeblo ⁷	12	nedodržení předpisů, trvalá deformace ¹²	neomezený provoz ¹⁶	181,00	2
Čistič hřebel ⁸	5	deformovaná hřebla, ohyb ¹³	neomezený provoz	231,00	3
Čistič kol ⁹	5	nadměrné zatížení, lom ¹⁴	neomezený provoz	275,00	4
Spojovací článek ¹⁰	1	nadměrné zatížení, lom	částečné omezení provozu ¹⁷	26,00	2
Řetěz ¹¹	11	nedodržení předpisů přetočení ¹⁵	částečné omezení provozu	566,00	2

¹failure component, ²number of failures, ³cause of failure and its manifestation, ⁴failure relevance, ⁵direct repair cost, ⁶average idle time, ⁷scraper, ⁸scraper cleaner, ⁹sprocket cleaner, ¹⁰connecting link, ¹¹chain, ¹²not keeping the regulations, permanent deformation, ¹³deformed templates, bend, ¹⁴excessive load, refraction, ¹⁵not keeping the regulations, rolling, ¹⁶unlimited operation, ¹⁷partly limited operation



4. Hřebľa oběžného shrnovače deformovaná nedodržením provozních předpisů – Deformed scrapers of the chain conveyer as a results of failure to observe the operating policies

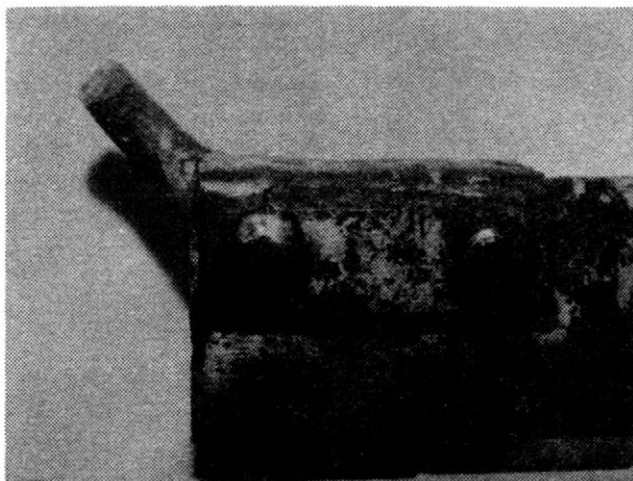


5. Celkový pohled na mechanicky narušený čistič kol oběžného shrnovače ZV6-150.2 – A general view of a mechanically deformed sprocket cleaner of the chain conveyer ZV6-150.2

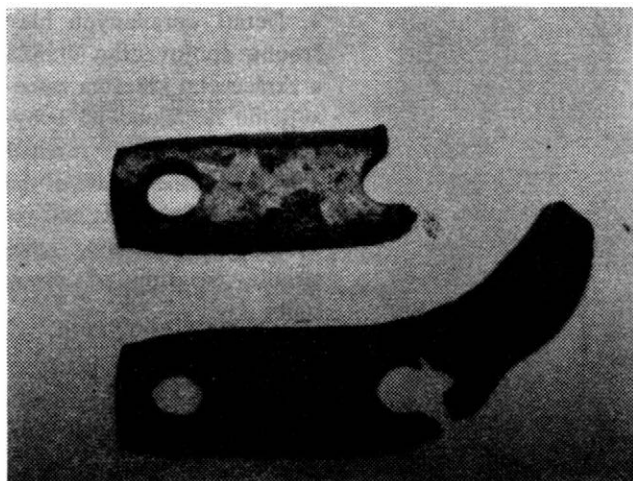
tato hodnota činila 0,32 mm, po 352 hodinách 0,51 mm. Sledování průběhu deformace bude pokračovat až do dosažení stabilizačního stavu. Tato deformace je způsobena přechodem článků řetězu přes hnací, vodící a napínací kola.

U 46 % měřených hodnot d a c (viz obr. 2) došlo k úbytku materiálu vlivem opotřebení v plošné ose článku v průměru o 0,2 mm po jednom roce provozu, vnější i vnitřní šířky článku řetězu v průměru o 0,1 mm.

Na základě zjištěných poruch u dodávaných hřebel byla u 20 kusů provedena konstrukční úprava spočívající v uzavření jejich spodního profilu (obráz. 8) přivařením profilového plechu a zkrácením kluzné části o délku pod spojovacím článkem. Tím bylo zamezeno uchycování slámy a následné zvedání hřebel. Obdobný



6. Mechanicky narušený spojovací článek řetězu oběžného shrnovače u konstrukčně upraveného hřebel, k jehož deformaci vlivem nadměrného zatížení nedošlo – A mechanically deformed connecting link of the chain of manure conveyer in a design-modified scraper which has not yet been deformed as a results of excessive load

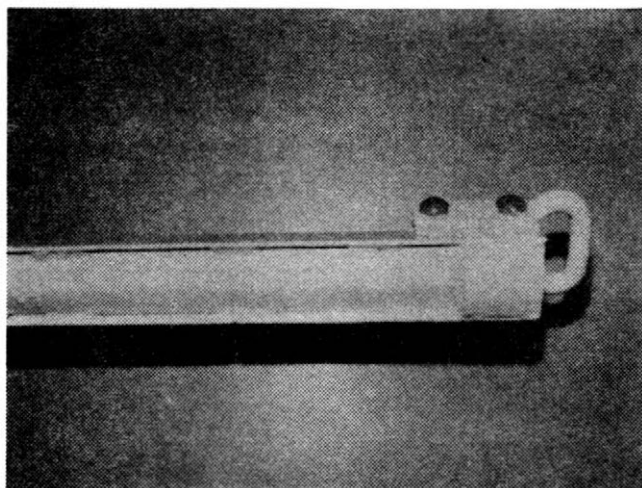


7. Detail mechanického narušení spojovacího článku, ohyb a lom – A detail view of mechanical deformation of connecting link, bending and breaking

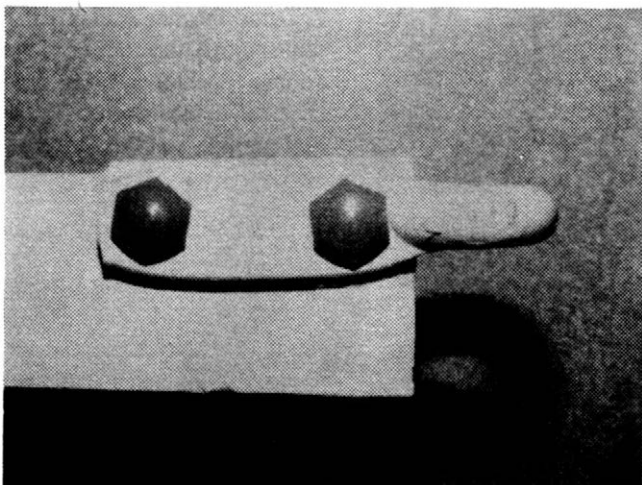
cíl měla i úprava hlav šroubů pro uchycení hřebel do spojovacích článků (obr. 9). Vnitřní část hřebel sloužila po dílčí úpravě k ověřování vlivu prostředí na vzorky z plastů (obr. 10). Po 724 provozních hodinách nedošlo u těchto hřebel k žádné poruše ani deformaci, jejich opotřebení bylo minimální.

DISKUSE

Na základě získaných výsledků u objektu sledování a provedených konstrukčních úprav, při dodržování ročního plánu preventivní údržby a provozních před-

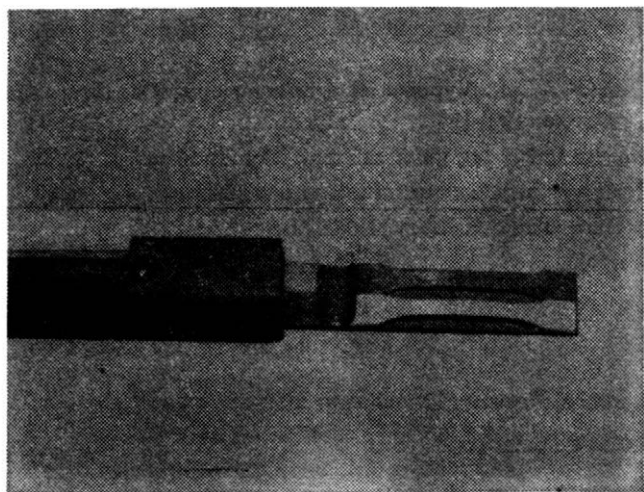


8. Konstruktivně upravené hřeblo oběžného shrnovače, pohled na spodní část včetně spojovacího článku – A design-modified scraper of the chain conveyor, a view of the bottom part including the connecting link



9. Detail upravených hlav šroubu spojovacího článku a zkráceného kluzátka zamezujícího nežádoucímu uchycování stébel slámy – A detail view of modified heads of the connecting link bolts and reduced slider preventing undesirable tangling of straw stalks

pisů bylo prokázáno, že maximální interval od předcházející poruchy činil 508 h, průměrná doba mezi poruchami byla 132,6 h, technické prostoje 154 h a průměrné mzdové náklady byly 378,00 Kčs. Korozivní opotřebení řetězu, hřebel a spojovacích článků bylo úměrné předpokládané době provozu šest až osm roků, u řetězové části bylo minimální. Bude nutné provést podrobný pevnostní výpočet výkovku – spojovacího článku řetězu vyrobeného z materiálu 13 240.6, a to použitím programu pro výpočet metodou konečných prvků. Nedílnou součástí tohoto programu je kontrola dynamických poměrů působících v souvislosti s pracovní činností; poddimenzované místo bylo určeno. Předpokládá se, že pozornost bude věnována i deformačním účinkům řetězových kol.



10. Konstrukční návrh uchycení vzorků z plastů před jejich zasunutím do vnitřní části hřebel a následném ověřování vlivu prostředí – A design of the grips of samples made of plastics before they are slid into the inside part of the scraper, and the subsequent testing of environmental impacts

ZÁVĚR

Varianty článkového vysokopevnostního řetězu (podle ČSN 02 3215) a konstrukčně upravená hřebel zaručují vyšší životnost řetězu, snižují náklady na opravy a pracnost, spotřebu energie a materiálovou náročnost u oběžného shrnovače chlévské mrvy ZV6-150.1/2. Ověřované řešení není individuální tvůrčí činnost samotného řešitele, ale má charakter kolektivní práce zahrnující řešitele výzkumných a vývojových etap, specialisty zemědělského výzkumu, technology z výrobního podniku a zkušené pracovníky z vývojových dílen. Řešitelské pracoviště ústavu oprávenství VŠZ Brno zabezpečilo v době sériové výroby těchto strojů systematické získávání věrohodných informací, které slouží jako další stupeň praktického ověřování předpokládaných parametrů a jako zpětná korekce použitých výpočtových a experimentálních metod.

Literatura

- SATORIA, J.: Problematika vlivů ergonomických parametrů na provoz velkokapacitních staveb pro chov dojníc. In: Hospodárné využívání energií v zemědělských závodech. Ostrava, DT ČSVTS 1980, s. 103–122.
- SATORIA, J. – ŠTEFFL, Z.: Problematika vlivu prostředí a provozní spolehlivosti strojů na optimalizaci energetických prostředků v živočišné výrobě. [Průběžná zpráva.] Brno, VŠZ 1978.
- SATORIA, J. a kol.: Otázky volby materiálu pro stroje a zařízení v chovu dojníc z hlediska provozní spolehlivosti. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1985.
- SATORIA, J. a kol.: Návrh inovace řetězu oběžného shrnovače chlévské mrvy. [Technicko-ekonomická studie.] Brno, VŠZ 1988.
- SATORIA, J. a kol.: Studium základních činitelů tvořících jakost zemědělských strojů a zařízení. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1990.

SKLENÁŘ, A. – TRNKA, M.: Technologická zpráva – shrnovač mrvy ZV 2 – I. inovace řetězu. [Technologická zpráva.] Brno, Agrozet 1989.

ŠTEFFL, Z. – SATORIA, J. – VĚŘÍŠOVÁ, M.: Výpočet sil a příkonu oběžného shrnovače chlévské mrvy. Zeměd. Techn., 19, 1973 (4): 193–197.

ČSN 02 3203. Článekové vysokopevnostní řetězy pro důlní zařízení. Metody zkoušení. 1982.

ČSN 02 3215. ST SEV 1466-86. Článekové vysokopevnostní řetězy pro důlní zařízení. 1989.

ČSN 02 3216. Spojovací články pro důlní článekové řetězy. 1980.

ON 44 5160. Řetězová kola důlních strojů. 1989.

Došlo 5. 5. 1993

SATORIA, J. (University of Agriculture, Brno):

Improvement of reliability of manure chain conveyers.

Zeměd. Techn., 40, 1994 (4): 275–288.

A solution to the system of measures and implementation methods providing for optimum strength, energy, ergonomic and material utilization and related problems with regard to achievement of the required quality of agricultural machinery, particularly life and reliability, was applied to innovation of a functional model, prototype and series-manufactured chain conveyers of manure worked on in the Letostroj Letovice corporation. The solution to a long-range research project involved the sphere of production process intensification by the manufacturer in relation to consumers' values. Categorized information on product quality was acquired from the records of failures, idle times, repairs. Demonstrable results were taken as a basis of design modifications in series production. Improvement of the life of the particular components while maintaining the required operating regime relied on the development of a technical and economic study in which suitable production methods, procedures of component and machine assembly were chosen for specific operating conditions with respect to the projected service measures set up on the basis of system conception. The objective of operating investigation also involved motivating factors of man's behavior, technological building and machine discipline, climato-technological parameters of the operating environment of a manure chain conveyor, standardized values of operation and related factors. Systematic assessment of credible information confirmed achievement of the expected parameters of the machine and it was also used as a feedback adjustment of the applied calculation and experimental methods.

quality; reliability; life; failure rate; motivating factors

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Jan S a t o r i a , DrSc., SAIVE, k. p., Šmejkalova 71, 616 00 Brno

NAVRHOVANIE ĽAHKÝCH STRIECH OBJEKTOV PRE CHOV OŠÍPANÝCH

M. Smutný

Technická univerzita, Košice

Článok sa zaoberá problematikou navrhovania a posudzovania ľahkého strešného plášťa v podmienkach náročnej vnútornej klímy s vysokou relatívnou vlhkosťou vnútorného vzduchu. Sú analyzované varianty vhodného konštrukčného riešenia a ďalej sú definované okrajové podmienky pre tepelnotechnické posúdenie a formulované odporúčania rešpektujúce prevádzkový režim objektov pre chov a ustajnenie zvierat.

strešný plášť; vnútorná klíma; obalové konštrukcie; tepelnotechnické parametre; fyzikálne vlastnosti; konštrukčné riešenie; vykurovanie; vetranie

Náročná vnútorná klíma, aká je v objektoch pre chov a ustajnenie zvierat, spôsobuje množstvo problémov prejavujúcich sa závažnými poruchami konštrukcií opláštenia aj vnútornou klímou, ktorá nevyhovuje jej optimálnym projektovaným parametrom. Tento stav potvrdili aj závery z výskumov realizovaných Stavebnou fakultou Technickej univerzity v Košiciach, ktoré už boli publikované (Smutný, Varga, 1992a, b). V tejto práci chceme zverejniť výsledky teoretických rozborov z riešenej vedeckovýskumnej úlohy a závery pre navrhovanie striech.

MATERIÁL A METÓDY

Ako náročnú vnútornú klímu hodnotíme vnútorné prostredie s vysokou relatívnou vlhkosťou vzduchu (s hodnotami nad 75 %), so zvýšenými nárokmi na stabilnú vnútornú teplotu a vlhkosť (optimalizovanú v celoročnom priebehu), alebo prostredie s obsahom škodlivých zložiek v ovzduší (výpary, plyny, mikroorganizmy a pod.), ktoré ohrozujú zdravie ľudí, zvierat alebo trvanlivosť materiálov. Do tejto kategórie zaraďujeme aj objekty pre chov ošipných, hydiny a pod.

Technické požiadavky a kritéria, ktorými zabezpečujeme požadované parametre vnútornej klímy, môžeme rozdeliť do troch skupín, a to na:

- tepelnotechnické parametre a fyzikálne vlastnosti materiálov obalových konštrukcií,

- konštrukčné riešenie obalových konštrukcií,

- riešenie technického zariadenia objektu pre vykurovanie a vetranie.

Splnenie normových kritérií všetkých troch skupín technických požiadaviek pri návrhu nezaručuje, že objekt v prevádzkových podmienkach bude zabezpečovať projektované parametre vnútornej klímy (Smutný, Varga, 1992b). Oddelené posudzovanie a splnenie technických požiadaviek, ktoré je v praxi bežné, môže byť príčinou vážnych nedostatkov a porúch ovplyvňujúcich užívateľnosť aj životnosť stavebného objektu (Smutný, 1990; Smutný, Varga, 1992b). Preto všetky zložky, ktoré sa podieľajú na tvorbe vnútornej klímy, musíme vyhodnocovať vo vzájomnej väzbe. Takýto postup pri zabezpečovaní vnútornej klímy môžeme nazvať tepelnotechnickým režimom objektu.

Tepelnotechnický režim objektu môžeme vo všeobecnosti definovať ako vyvážené spolupôsobenie tepelno fyzikálnych vlastností materiálov, riešenia obalových konštrukcií a systému technického zariadenia pri zabezpečovaní optimálnych parametrov vnútornej klímy.

Vplyv nezosúladeného tepelnotechnického režimu objektu a jeho vplyv na vnútornú klímu dokumentuje tab. I. Hodnoty v nej boli namerané v prevádzkovaných ustajňovacích objektoch typovej sústavy JUZO (Smutný, Varga, 1992b). Tento vplyv je charakteristický pre objekty s nevhodne navrhnutým ľahkým strešným plášťom.

Pre ľahké strechy objektov s náročnou vnútornou klímou je najvhodnejšia konštrukcia dvojplášťovej strechy s dokonale odvetranou vzduchovou vrstvou bez kondenzácie vodných pár. Tento predpoklad je problematické splniť pri objektoch s náročnou vnútornou klímou, kde dochádza ku kondenzácii vodných pár v spodnom plášti (Smutný, 1990).

Pri metodike navrhovania a posudzovania strechy musíme preto vychádzať z tejto skutočnosti. Optimalizácie tepelného, ale najmä vlhkostného režimu strechy môžeme dosiahnuť v zásade dvoma spôsobmi:

- parotesným spodným plášťom s eliminovanou kondenzáciou vodných pár, alebo

- paropriepustným spodným plášťom s možnou kondenzáciou vodných pár, ale s preukázanou nezávadnosťou.

Získané poznatky z výskumu sme podrobili teoretickej analýze a zobecnili do záverov pre navrhovanie veľkoplošných striech s ľahkým strešným plášťom v podmienkach náročnej vnútornej klímy.

I. Porovnanie teplôt a relatívnych vlhkostí vnútorného a vonkajšieho vzduchu v ustajňovacích objektoch pre chov ošípaných s ľahkým strešným plášťom – Comparison of temperatures and relative humidities of internal and external air in piggeries with lightweight roof coverings

		Teplota vzduchu ¹ (°C)		Relatívna vlhkosť ² (%)	
		vonkajšieho ³	vnútorného ⁴	vonkajšieho	vnútorného
Optimálne hodnoty ⁵		–	16–22	–	50–80
Namerané hodnoty v období ⁶					
letnom ⁷	priemerné ¹⁰	13,1–24,9	19,6–28,2	68	65
	extrémne ¹¹	11,6–31,5	14,8–32,9	–	55–85
prechodnom ⁸	priemerné	–1,4–13,5	17,3–9,0	74	65
	extrémne	–4,1–20,1	7,2–28,3	–	50–85
zimnom ⁹	priemerné	–6,1–3,8	13,5–16,7	86	71
	extrémne	–9,5–4,6	6,9–26,7	–	63–81

¹air temperature (°C), ²relative humidity (%), ³external air, ⁴internal air, ⁵optimal values, ⁶values measured in period, ⁷summer, ⁸transitional, ⁹winter, ¹⁰average, ¹¹extreme

VÝSLEDKY

V súčasnom štádiu riešenia úlohy sme sa pri analýze navrhovaných alternatív orientovali na teoretickú analýzu tepelno-fyzikálnych parametrov konštrukcie dvojplášťovej strechy. Túto analýzu sme vykonali pomocou výpočtovej techniky.

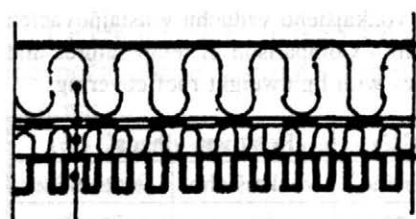
Konštrukcia strechy s parotesným spodným plášťom

Riešenie spodného plášťa s parotesnou vrstvou (obr. 1) zabráňuje prenikaniu vodných pár z vnútorného prostredia do časti spodného plášťa a vzduchovej vrstvy. Tým sa maximálne eliminuje kondenzácia pár na spodnom povrchu vrchného plášťa a vo vzduchovej vrstve.

Teoretická analýza vykonaná pomocou výpočtovej techniky s použitím variant materiálov v skladbe strešného plášťa potvrdila teoretické predpoklady za podmienok, že

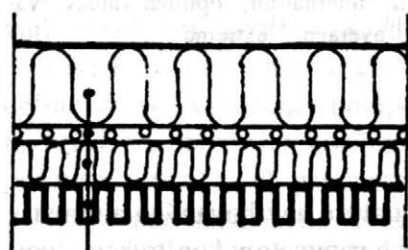
– parotesná vrstva je umiestnená medzi tepelnoizolačnými vrstvami spodného plášťa tak, aby jej teplota bola vyššia ako teplota rosného bodu v celoročnom stacionárnom režime prevádzkovania objektu;

– spodná tepelnoizolačná ako aj nosná podhľadová vrstva má byť paropriepustná s otvorenou štruktúrou povrchu, schopnou absorbovať kondenzát. Pri započítavaní hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti tejto vrstvy musíme zohľadniť vplyv absorbovanej vlhkosti z vnútorného prostredia.



- | | |
|---|---|
| 1 | tepelná izolácia—organická, nasiakavá – thermal insulation— organic, soaking |
| 2 | parotesná vrstva – steamtight layer |
| 3 | tepelná izolácia—anorganická, paropriepustná – thermal insulation—inorganic, vapour-permeable |
| 4 | nosná vzduchopriepustná vrstva – carrying air-permenable layer |

1. Schéma parotesného spodného plášťa – Diagram of vapour-proof bottom covering



- | | |
|---|---|
| 1 | tepelná izolácia—vzduchopriepustná, organická a nasiakavá – thermal insulation—air permeable, organic and soaking |
| 2 | infiltračná redukčná clona – infiltration reduction orifice plate |
| 3 | tepelná izolácia—vzduchopriepustná, anorganická a nenasiakavá – thermal insulation—air-permeable, inorganic and non-soaking |
| 4 | nosná vzduchopriepustná vrstva – carrying air-permeable layer |

2. Schéma vzduchopriepustného spodného plášťa – Diagram of air-permeable bottom covering

Aj keď z hľadiska vlhkostného režimu je riešenie dvojplášťovej strechy s parotesným spodným plášťom najvhodnejšie, jeho nevýhodou sú vysoké nároky na dôsledné a odborné zhotovenie parotesnej vrstvy v celej ploche podhľadu aj v stykoch s obvodovým plášťom. Splnenie tejto požiadavky pri deformačne poddajných, montovaných konštrukciách zaveseného podhľadu je prakticky nerealizovateľné. Pri lokálnych netesnostiach bude dochádzať ku koncentrovanej

kondenzácii vodných pár v celej hrúbke spodného plášťa, ako to dokumentujú rozbory z výskumu (S m u t n ý , 1990).

Koncepciu ľahkej dvojplášťovej strechy s parotesným spodným plášťom považujeme preto pre poľnohospodárske objekty za nevhodnú.

Konštrukcia s paropriepustným spodným plášťom

Koncepcia vzduchotesného, ale paropriepustného spodného plášťa je pri bežne používaných konštrukciách montovaných podhľadov obtiažne realizovateľná. Prievzdušnosť v miestach stykov sa pri ustajňovacích objektoch prejaví závažnými poruchami už po krátkej dobe ich prevádzkovania (S m u t n ý , V a r g a , 1992b). Viedlo to k úvahe, že požiadavkám prostredia s náročnou vnútornou klímou a požadovanou výmenou vzduchu s odvodom do vonkajšieho prostredia najlepšie vyhovuje dvojplášťová strecha s obmedzene vzduchopriepustným tepelnoizolačným spodným plášťom (obr. 2).

Pri riešení s limitovane vzduchopriepustným spodným plášťom sa musia dôsledne rešpektovať zásady tepelnotechnického režimu objektu, tj. vzájomné spolupôsobenie vlastností materiálov, konštrukcie plášťa a technického zariadenia objektu, čo môžeme dokumentovať na príklade.

Pri pretlakovom systéme vetrania alebo teplovzdušného vykurovania umožnia limitované vzduchopriepustné materiály spodného plášťa v celej ploche podhľadu prenikanie vnútorného vzduchu do účinne prevetrávaného medzistrešného priestoru. Celoplošne kondenzujúca vodná para na vrchnom povrchu nasiakavej tepelnoizolačnej vrstvy spodného plášťa bude prúdiacim vzduchom celoročne intenzívne prevzdušňovaná a vysušovaná. Vysušovanie môžeme podporiť kapilárnou vztláivosťou materiálu tejto vrstvy. Nestacionárne podmienky (slnečné žiarenie ohrievajúce vzduchovú vrstvu) podporia priaznivé odparovanie kondenzovaných vodných pár v ročnom režime, čo sa však teoretickým výpočtom podľa normy nedá preukázať.

Tepelnotechnické posúdenie limitne vzduchopriepustného plášťa je dosť zložitým teoretickým aj aplikačným problémom. Preto sme v návrhu obecnej skladby spodného plášťa zaradili tzv. i n f i l t r a č n ú , r e d u k č n ú c l o n u (obr. 2, pol. 2). Táto clona má svojou presne limitovanou vzduchovou priepustnosťou (spolu s ostatnými vrstvami plášťa) regulovať infiltráciu vzduchu, a tým aj množstvo vodných pár do vzduchovej vrstvy z vnútorného prostredia. Dimenzovanie jej parametrov je závislé od množiny vzájomne sa ovplyvňujúcich faktorov, ktoré tvoria okrajové podmienky pre posudzovanie.

O k r a j o v é p o d m i e n k y p r e p o s u d z o v a n i e tepelnotechnických parametrov strechy so vzduchopriepustným strešným plášťom sú určované za nasledujúcich predpokladov:

1) Straty tepla z výmeny vzduchu infiltráciou spodným plášťom nesmú prekročiť približne 20 % celkových tepelných strát z prechodu tepla obalovými konštrukciami posudzovaného priestoru.

2) Vlhkostná bilancia vzduchu vo vzduchovej vrstve. Množstvo vodných pár prenikajúce z vnútorného prostredia do vzduchovej vrstvy infiltráciou spodným plášťom musí byť regulované v závislosti od preukázanej výmeny vzduchu vo vzduchovej vrstve tak, aby vodné pary vo vzduchovej vrstve dosiahli stav nasýtenia len za extrémnych podmienok celoročného režimu prevádzkovania.

Vlhkostnú bilanciu vzduchu vo vzduchovej vrstve pri zmiešavaní infiltrovaného vnútorného vzduchu s vonkajším vzduchom privádzaným do vzduchovej vrstvy môžeme vyjadriť vzťahom:

$$V_i \cdot x_i + V_e \cdot x_e = (V_i + V_e) \cdot x_{vv} \quad (1)$$

kde: V_i, V_e – množstvo vnútorného a vonkajšieho vzduchu

x_i, x_e, x_{vv} – merné množstvá vodných pár v kilograme suchého vzduchu

Merné množstvo vodných pár v kilograme suchého vzduchu môžeme určiť zo vzťahu odvodeného zo stavových rovníc plynu (Cihelka a kol., 1985) ako:

$$x = 0,622 \frac{p_p}{p_{sv}} \quad (\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}_{sv}) \quad (2)$$

kde: p_p – parciálny tlak vodnej pary (Pa)

Parciálny tlak suchého vzduchu vypočítame podľa vzťahu:

$$p_{sv} = R_{sv} \cdot \rho_{sv} \cdot T = 287,1 \cdot \rho_{sv} \cdot T \quad (\text{Pa}) \quad (3)$$

kde: T – teplota vzduchu (K)

Mernú hmotnosť suchého vzduchu pri danej teplote vyčíslime podľa vzťahu (Dílek, 1984):

$$\rho_{sv} = \frac{1,293}{1 + \frac{t}{273}} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (4)$$

kde: t – teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)

Mernú hmotnosť vlhkého vzduchu môžeme vyčíslieť ako:

$$\rho = \frac{x}{\rho_{sv}} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (5)$$

Zo vzťahu (1) môžeme vyjadriť vzťah pre výpočet merného množstva vodných pár vo vzduchovej vrstve pri ľubovoľnom pomere zmiešavania vnútorného a vonkajšieho vzduchu:

$$x_{vv} = \frac{x_i + \frac{V_1}{V} \cdot x_e}{1 + \frac{V_1}{V}} \quad (\text{kg} \cdot \text{kg}_{\text{sv}}^{-1}) \quad (6)$$

3) Pri posudzovaní tepelného odporu spodného plášťa musíme zohľadniť aj vplyv jeho vzduchovej priepustnosti preto, že teplota konštrukcie vzduchopriepustného plášťa sa mení nielen v závislosti od tepelného toku, ale aj od toku vzduchu. V zimnom období pri infiltrácii teplota konštrukcie poklesne a pri exfiltrácii stúpne úmerne s hodnotou hustoty hmotnostného toku vzduchu (q_m).

Hodnotu hustoty hmotnostného toku vzduchu (Hall a Hyja a kol., 1985) môžeme vyčíslieť podľa vzťahu:

$$q_m = \frac{\Delta p}{R_m} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (7)$$

kde: Δp – rozdiel tlaku medzi vnútorným a vonkajším vzduchom (Pa)

R_m – odpor hmotnostnej vzduchovej priepustnosti ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Pre viacvrstvovú konštrukciu vyčíslíme R_m podľa vzťahu:

$$R_m = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{i_{mj}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (8)$$

kde: i_m – súčiniteľ hmotnostnej vzduchovej priepustnosti ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$) alebo (s^{-1})

d – hrúbka homogénnej vrstvy konštrukcie (m)

Pri posudzovaní tepelnoizolačných vlastností vzduchopriepustného plášťa je rozhodujúci pokles teploty konštrukcie z vplyvu prúdiaceho chladného vzduchu.

Pre výpočet teploty v konštrukcii s uvažovaním vplyvu vzduchovej priepustnosti platí vzťah:

$$t_{Rx} = t_e + (t_i - t_e) \frac{\exp(c \cdot q_m \cdot R_{Rx}) - 1}{\exp(c \cdot q_m \cdot R_o) - 1} \quad (9)$$

Pre určenie teploty na vnútornom povrchu konštrukcie potom platí:

$$t_{ipG} = t_e + (t_i - t_e) \frac{\exp(c \cdot q_m \cdot R_R) - 1}{\exp(c \cdot q_m \cdot R_o) - 1} \quad (10)$$

kde: c – merné teplo vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$R_R = R + R_e$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

$R_o = R_i + R + R_e$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

Pri navrhovaní tepelného odporu vzduchopriepustného plášťa budeme postupovať tak, aby sa teplota na vnútornom povrchu s uvažovaním vzduchovej priepustnosti

pustnosti, vyčíslená podľa vzťahu (10), rovnala alebo bola vyššia ako teplota vnútorného povrchu pláštia vzduchotesného, spĺňajúceho normové kritériá zodpovedajúce konštrukcii a účelu posudzovaného objektu, tj. aby:

$$t_{ipG} \geq t_{ip} \quad (11)$$

4) Pri hodnotách súčiniteľa tepelnej vodivosti λ treba vziať do úvahy infiltráciou transportované vodné pary kondenzujúce v tepelnoizolačnej vrstve, ktoré môžu ovplyvniť jeho tepelnoizolačné vlastnosti.

Preto je nutné hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti materiálu tepelnoizolačnej vrstvy korigovať v závislosti od zmeny jeho objemovej vlhkosti, podľa druhu a vlastností použitého materiálu.

5) Nestacionárny priebeh ročnej bilancie kondenzovaných vodných pár je nutné vyhodnocovať v súlade s tepelnotechnickým režimom objektu.

Pri vzduchopriepustnom tepelnoizolačnom plášti je ročná bilancia ovplyvnená prevádzkovaním vetracieho a vykurovacieho zariadenia, čo charakterizuje tepelnotechnický režim objektu. Pri teoretickom výpočte treba zohľadniť zvýšenie teploty v konštrukcii spodného pláštia, z hustoty hmotnostného toku vzduchu, pri činnosti pretlakového vetrania. Prevádzkový režim pretlakového vetrania závisí od účelu objektu a požadovanej výmeny znehodnoteného vnútorného vzduchu.

Teoretické výsledky bilancie je žiadúce overiť v prevádzkových podmienkach objektu.

6) Parametre infiltračnej redukčnej clony vzduchopriepustného pláštia musia regulovať jeho vzduchovú priepustnosť tak, aby:

- zabezpečoval primeranú výmenu vnútorného vzduchu infiltráciou spĺňajúcu kritéria okrajovej podmienky 1),

- tepelnoizolačné vlastnosti spodného pláštia vyhovovali okrajovej podmienke 3) a zohľadňovali okrajovú podmienku 4),

- zabezpečoval minimálnu kondenzáciu vodných pár vo vzduchovej vrstve a na spodnom povrchu vrchného pláštia podľa kritéria okrajovej podmienky 2).

Návrhové parametre vzduchovej priepustnosti infiltračnej redukčnej clony môžeme pri splnení okrajových podmienok 1) až 5) vyčísliť pomocou hodnoty hustoty hmotnostného toku vzduchu (q_m) zo vzťahu (7):

$$q_m = \frac{\Delta p}{R_m} \Rightarrow R_m = \frac{\Delta p}{q_m} \quad (12)$$

Ak vzťah (8) rozvineme do tvaru:

$$R_m = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{i_{m_j}} = \frac{d_1}{i_{m_1}} + \frac{d_2}{i_{m_2}} + \dots + \frac{d_n}{i_{m_n}} \quad (13)$$

a v rozvinutom vzťahu (13) si označíme výraz $\frac{d_n}{i_{m_n}}$ ako neznáme parametre infiltračnej redukčnej clony, potom vzťah (13) môžeme upraviť do tvaru:

$$R_m = R_{m \cdot n - 1} + \frac{d_n}{i_{m_n}} \Rightarrow \frac{d_n}{i_{m_n}} = R_m - R_{m \cdot n - 1} \quad (14)$$

Ak v upravenom vzťahu (14) za R_m dosadíme vzťah (12), potom:

$$\frac{d_n}{i_{m_n}} = \frac{\Delta p}{q_m} - R_{m \cdot n - 1} \quad (15)$$

kde hodnotu výrazu $R_{m \cdot n - 1}$ môžeme vyčíslieť podľa vzťahu (8) pre parametre materiálov použitých v analyzovanej skladbe plášťa.

Potom vzťah (15) umožňuje alternatívnu voľbu hrúbky (d), alebo súčiniteľa hmotnostnej vzduchovej priepustnosti (i_m) zvoleného druhu materiálu pre infiltračnú redukčnú clonu.

Koncepcia ľahkej dvojplášťovej strechy s limitovane vzduchopriepustným spodným plášťom je vhodná pre objekty s náročnou vnútornou klímou za predpokladu, že:

- z posudzovaného priestoru sa predpokladá aspoň čiastočný odvod vzduchu do vonkajšieho prostredia,
- výmena vzduchu je zabezpečovaná pretlakovým vetraním v celoročnom režime prevádzky,
- splnenie okrajovej podmienky 4) bude dokumentované výsledkami laboratórnych skúšok použitých tepelnoizolačných materiálov.

ZÁVER

Z vykonanej teoretickej analýzy alternatívnych koncepcií riešenia ľahkého strešného plášťa aplikovaného v podmienkach náročnej vnútornej klímy poľnohospodárskych objektov môžeme odvodiť nasledujúce závery a odporúčania.

– Konštrukcia dvojplášťovej strechy s netesnými stykmi montovaného paropriepustného spodného plášťa je pre objekty s náročnou vnútornou klímou nevyhovujúca preto, že je zdrojom vážnych porúch z koncentrovanej kondenzácie vodných pár (S m u t n ý , V a r g a , 1992a).

– Koncepcia dvojplášťovej strechy s parotesným ľahkým montovaným spodným plášťom je vzhľadom na konštrukčnú náročnosť zhotovenia jeho parotesnej vrstvy pre poľnohospodárske objekty s náročnou vnútornou klímou neúmerne nákladná.

– Koncepcia dvojplášťovej strechy s limitovane vzduchopriepustným spodným plášťom je vhodná pre objekty s náročnou vnútornou klímou za predpokladu, že:

- z vnútorného priestoru sa predpokladá aspoň čiastočný odvod vzduchu do vonkajšieho prostredia,
- výmena vzduchu je zabezpečovaná pretlakovým vetraním v celoročnom režime prevádzky,
- znehodnotený vzduch nemá výrazné korozívne účinky na materiály použité v konštrukcii strechy.

Pri tepelnotechnickom posudzovaní tejto koncepcie je nutné rešpektovať tepelnotechnický režim objektu za predpokladu splnenia okrajových podmienok uvedených pod bodmi 1) až 6).

- Pre ustajňovacie a obdobné objekty považujeme za najvhodnejšiu dvojplášťovú, vetranú strechu s limitovane vzduchopriepustným spodným plášťom. Takéto riešenie môže pri jednoduchosti zhotovovania konštrukcie plášťa spoľahlivo eliminovať nepriaznivé vplyvy tepelno-vlhkostného režimu veľkoplošných striech v podmienkach náročnej vnútornej klímy.

Pri tejto konštrukcii strechy je výhodná netesná konštrukcia štítov a skladaná krytina. Zabezpečí to účinné prevetrávanie vzduchovej vrstvy, obmedzí kondenzáciu a zlepši vysušovanie spodného plášťa. V skladbe spodného plášťa je možné pre vrchnú tepelnoizolačnú vrstvu použiť vhodnú organickú hmotu na báze druhej suroviny, ktorá môže byť prípadne nahradená uskladneným objemovým krmivom.

Pre nasledujúce obdobie predpokladáme v experimentálnej oblasti výskumu overenie teoretických výpočtov a tepelno-fyzikálnych parametrov vybraných vhodných materiálov v laboratórnych podmienkach na konštrukčných modeloch fragmentov spodného plášťa.

Literatúra

- CIHELKA, J. a kol.: Vytápění, větrání a klimatizace. Praha, SNTL 1985.
- DLESEK, V.: Minimalizace energetické náročnosti v pozemních stavbách. Praha, SNTL 1984.
- HALAHYJA, M. a kol.: Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie. Bratislava, ALFA 1985.
- SMUTNÝ, M.: Regenerácia, rekonštrukcia a sanácia stavebných objektov, 2. podetapa - Progressívne obalové konštrukcie pre poľnohospodárske stavby, čiastková úloha 1. D - Strešný plášť v podmienkach klímy ustajňovacích objektov, rekonštrukcia a optimalizácia návrhu. (Fakultná výskumná úloha SvF-01.) Košice, Stavebná fakulta VŠT 1990.
- SMUTNÝ, M. - VARGA, J.: Hodnotenie konštrukcie ustajňovacích objektov z pohľadu životnosti a tvorby mikroklimy. Staveb. Čas., 1992a (5): 327-335.
- SMUTNÝ, M. - VARGA, J.: Vplyv obalových konštrukcií na mikroklimu v ustajňovacích objektoch. Zeměd. Techn., 1992 (3): 145-152.

Došlo 19. 1. 1994

SMUTNÝ, M. (Technical University, Košice):

Designing of lightweight roofs of buildings for pig rearing.

Zeměd. Techn., 40, 1994 (4): 289-299.

Defects of envelopes of buildings with high relative humidity of the internal air, especially unsuitable parameters of the internal climate (Tab. I) at respecting standard requirements, have become the main reasons to solve this problem in our research (the lightweight roof constructions in demanding air conditions of the internal spaces).

It is evident from the conclusions of the measurement analysis that the best and the most suitable solution for the demanding internal environment will be the double sheathing air ventilated roof. The lightweight double-layer flat roof construction with airproof lower sheathing (Fig. 1) with elimination of vapour condensation in the roof is considered to be difficult to apply. In the buildings with plenum system of ventilation and with the air elimination (in agricultural buildings and for breedings), the constructions with vapour permeability, respectively with limited air permeability of the lower sheathing of flat roof, is suitable (Fig. 2).

It is necessary to design flat roof constructions and to create and evaluate their thermal and moisture conditions taking into account condensation of water vapours to solve boundary conditions (points 1 to 6). This points respect thermotechnical regime of a building.

roofing material; internal climate; envelopes of buildings; thermotechnical parameters; physical properties; constructional design; heating; ventilation

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Milan S m u t n ý , CSc., Technická univerzita, stavebná fakulta,
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika



ADEKO a. s. Vám nabízí

- ☐ **FINANČNÍ LEASING**
- ☐ **ZPROSTŘEDKOVATELSKOU OBCHODNÍ ČINNOST**
- ☐ **PORADENSTVÍ V OBLASTI PODNIKÁNÍ, FINANCOVÁNÍ A ORGANIZACE**

**ADEKO a. s.
Slezská 7
120 56 Praha 2**

tel.: 258 342 fax: 207 229



TECHNOLOGY AND EFFECTIVENESS OF METHYL ESTER PRODUCTION OF RAPE OIL ACIDS IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

In 1992 the Government of the Czech Republic approved *Proposal of nation-wide programme of rape utilization for biofuel lubricant production with quantification of aims and programme*, as well as forms of the state support a realization specification. At present there are operating three low-capacity manufacturing plants (realization outputs RIAE Prague) and large-capacity manufacturing plant of the MILO company, Olomouc in the trial operation. The latter projected manufacturing plant in the Czech Republic has production annual capacity about 60,000 tons of methyl ester. Regarding this situation the harvesting area is extending as follows: 1980 – 65,000 ha, 1990 – 91,000 ha, 1993 – 179,000 ha.

In the project are presented technologies, their engineering device and parameters of low-capacity manufacturing plants of methyl esters of rape oil acids. There are determined limits of effectiveness and trends of further increasing of used process effectiveness.

On the basis of the studies concerning the possibilities and prospects of rape oil utilization as engine fuel under Czechoslovak conditions during 1988–1989 (G ö t z - k e , K l e i n h a n s s , 1988; M a u r e r , 1991; J e v i č e t a l . , 1991; J e v i č , P r e i n i n g e r , 1991; Š e d i v á , 1992; P r e i n i n g e r , 1993) in 1992 realization of the state programme of rape use a fuel for Diesel engine and lubricant production started to carry out.

The fundamental idea of the biodiesel fuel production [with quality given by CS Standard No. 65 6507 (1993)], i.e. methyl ester acids of the rape oil in low capacity agricultural plants of capacity 0.3–3,000 tons, utilizing many years' Austria's experiences (J a n e t s c h e k , 1991; K ö r b i t z , 1991), is to situate these plants in the main rape production areas and to create the closed manufacturing cycle: rape growing – treatment – consumption. A higher specific investment and treatment costs as opposed to large capacity biofuel units would be compensated by lower transportation, manipulation and distribution costs and by removing some trade interstages which always lead to increasing the resulting price. From the point of view of current state of our country, the substantial importance has been placed on the final product treatment redeployment to agricultural plants where considerable possibilities of non-productive object utilization (forage driers, storage halls, e.t.c.) exist.

The emphasis is put to complex solution of problems, involving agronomical, zootechnical, technological and economic aspects, with regard to sociology of further development of agriculture.

Besides the unquestionable ecological advantages of the biofuel its production contributes substantially to an effective utilization of arable soil for non-food purposes particularly in potato and foothill areas. The rape growing has a very favourable agrotechnical effect from the point of view of antierosion and soil fertility improvement.

Biofuel manufacturing plant layout in growing areas enables the processing of the rape straw for energy purposes. The problem is particularly an economical effectiveness of biofuel production and bio-reducible lubricants with regard to unfavourable ratio of the crude oil and prices of vegetable oils on the world market (1 : 2–3). To provide the basic economic biofuel competition in comparison with engine oil in our conditions, there have been introduced:

- Tax allowances. Consumer tax of biofuel equals zero. The manufacturer is exempted for 5 years from income tax. VAT is 5%.
- Subsidies system. In the frame of approved agricultural policy the Ministry of Agriculture on the basis of request provides the tax free loans for investors (last year up to 80% of total single costs for manufacturing plant construction).
- A legislative support aiming particularly at purposeful use of bio-reducible products in selected areas.

For coordination of biofuel manufacturing plants realization in 1990 The Biofuel Production Association has been established which has become the agricultural fellowship according to Act No. 301/1992.

Two years in service is now the pilot manufacturing plant RPN Slatiňany, Ltd, with annual capacity 300 (500) tons of biofuel and complex manufacturing plant of cooperative farm Dolany 1,000 (1,500) tons p.a. which has been built as an experimental plant of the Ministry of Agriculture.

The obtained operating knowledge from these plants are very important for further improvements of the technological process, optimization of machine equipment and total economic evaluation.

TECHNOLOGY AND TECHNICAL SOLUTION OF THE BIOFUEL PRODUCTION

Very important condition of biofuel low-capacity manufacturing plants is minimization of investment and production costs when required quality is maintained. Therefore, the rape seed pressing is particularly used [with quality given by CS Standard No. 46 2317 (1973) and from the point of view of subsequent utilization of double-zero type rape cake with maximum content of glucosinolates 35 micromol.g⁻¹] without subsequent extraction and reesterification of rape oil at normal, possibly low temperature up to 60–80 °C. For methanol reesterification the potassium hydroxide catalyst is used.

The complex manufacturing plant (in accordance with Decree No. 376/1992) comprises these operating systems: rape storage, rape oil pressing and cleaning, biofuel reesterification and refining, glycerine demethanolization, reagents, ready biofuel,

glycerine phase and cake storage, distribution system of the engineering networks with crash pits, electro-installation with monitoring and controlling system of technological process, pressure air or nitrogen. This system involves also heating room, laboratory and sanitary installation.

Proper rape seed storage is solved individually according to actual conditions of each owner, mostly in connection with central, handling and operation storage or with central rape storage in the enterprises ZZN (Agricultural Supply and Purchase) and necessary operational and manipulating stock.

Solution of biofuel production involves a very wide spectrum of requirements for safety, hygiene and fire control with regard to properties of processed and stored materials.

LOW-CAPACITY RAPE OIL PRESSING TECHNOLOGY

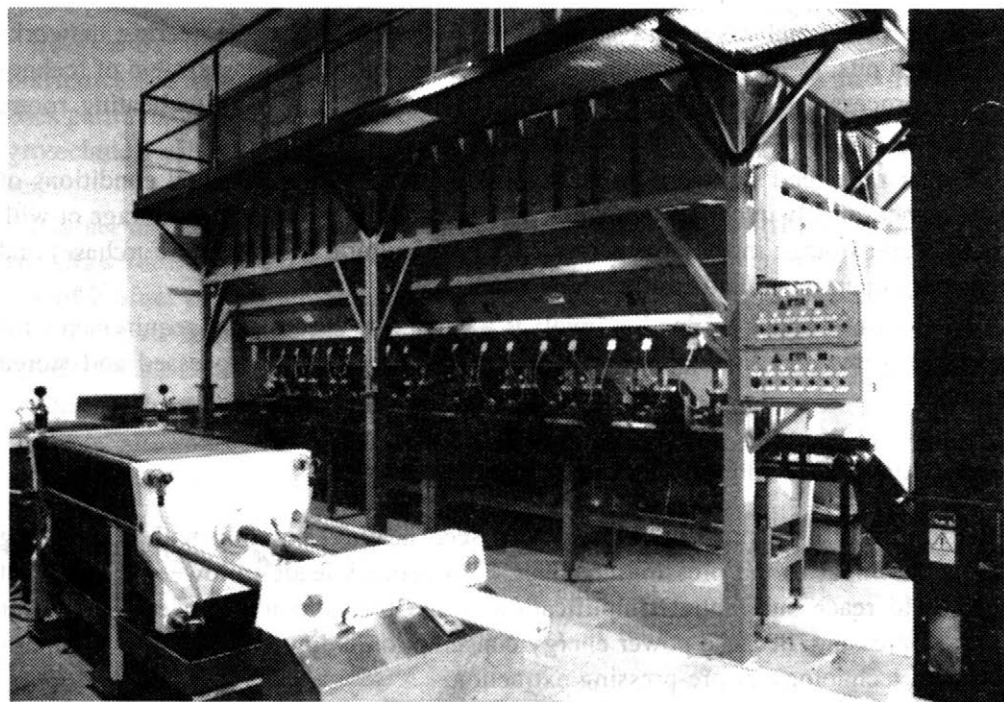
It is mostly used pressing without rape seed heating, possibly with compacting before the input to the pressing chamber. This process leads to lower oil yield but enables to reach substantial simplification of the technological process and lower costs of pressing, because power energy consumption is lower by 40–50% comparison with technology of pre-pressing-extraction.

On the basis of the works of VÚZT (Research Institute of Agricultural Engineering) Prague in FARMET, Ltd., Česká Skalice, an oil press FARMET DUO (Fig. 1), in TMS Pardubice press LO 100 and in engineering plant Košfře plant SL 1 were developed. Functional relations between regulating parameter (rotation frequency, cake output constriction) and performance, yielding, energy consumption and temperature are shown in Tab. I for press FARMET DUO and in Tab. II for press LO 100. These presses are processing rape seeds without previous treatment.

Indisputable advantage of the press FARMET DUO operating with transportation auger at efficiency up to 85% consists in its simplicity, minimal demands for maintenance and no service of a supplier is needed. Practically no technical knowledge is necessary for exchange of worn-out parts. It is possible to reach the necessary manufacturing plant capacity by presses assembled to the battery system.

The IBG Reinertz, Ltd. produces the press of capacity $100\text{--}800\text{ kg.h}^{-1}$ processing compacted rape seeds by the same way but with heating of the seeds ($55\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Presses SKET, GmbH (Germany) with performance of $100\text{--}3,000\text{ kg.h}^{-1}$ and presses La Mechanique moderne (France) with performance of $120\text{--}200\text{ kg.h}^{-1}$ of rape, enable its heating to temperature of $55\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Their utilization together with products of the company De Smet Rosedowns, Ltd. which cooperates with our firm AGROING Brno is recommended for manufacturing plants with capacity more than 1,500 tons p.a. of rape oil.

With regard to pressing character by impact of low processing temperature the protein denaturation does not occur and rape cake (low glucosinolates content makes the rape cake indentially valuable as oil) is the high value feedstuff component in



1. Rape oil pressing plant in the farm Kratonohy (stock company) equipped with battery presses FARMET DUO and press filter D-12-0 (filtrex), capacity 500 tons of oil p.a.

contrast to rape meal. By the composition and structure of amino acids they are comparable with soybean oil cake and their amount in feed ration can be 8–15% for cattle, 3–7% for pigs and 2–5% for poultry. At present they are registered as feedstuffs in correspondence with Decree No. 413/1991.

Pressing device of low-capacity units makes possible an effective pressing process of currently not utilized oil crops (safflower, primrose etc.). It increases technological and economic flexibility of this device.

LOW-CAPACITY TECHNOLOGY OF RAPE OIL REESTERIFICATION

At rape oil reesterification (composed mostly of fatty acids – triglycerides) by methanol in the presence of alkaline catalyst (KOH) the mixture is composed of fatty acid methyl ester and glycerine. Limited solubility of glycerine in fats and methyl ester makes its separation from the reaction mixture as bottom, heavier phase. This is the chemical reaction not demanding high temperature and pressure and it is possible to reach the high level of conversion and required biofuel quality on the condition that all determined reaction necessities are materialized. The technological process is performed in two, step by step stages (in charge mode or semi-conti-

I. Technical parameters of the oil press FARMET DUO (installed power engine output 2.2 kW and power heating 0.4 kW)

Auger revolutions (min ⁻¹)	Output of rape seeds (kg.h ⁻¹)	Gross yielding (%)	Output of rough oil (kg.h ⁻¹)	Instantaneous power input (kWh.h ⁻¹)	Temperature (°C)			Power consumption for rape pressing (kWh.t ⁻¹)	Far residual content in the cake (%)		Power consumption for rough oil pressing (kWh.t ⁻¹)
					Press head	Oil	Press		abs.	nor.	
20	11.5	34.5	4.0	0.70	56	34.1	42.7	60.9	13.9	12.9	175.0
30	15.6	33.2	5.2	0.86	56	35.3	43.0	55.1	14.3	13.2	165.4
40	20.9	32.4	6.8	1.10	56	37.2	43.1	52.6	15.2	14.1	161.8
50	27.3	31.4	8.6	1.34	57	37.7	43.4	49.1	16.8	15.6	155.8
60	31.2	30.5	9.5	1.51	58	38.1	44.0	48.4	18.9	17.6	158.9

Rape – Dry matter 93.51%

– Fat content in absolute dry matter 37.55%

– Cake form – pellets Ø 6 mm

II. Technical parameters of the oil press LO 100 (installed power engine output 5.5 kW and power heating 0.7 kW)

Auger revolutions (min ⁻¹)	Output of rape seeds (kg.h ⁻¹)	Gross yielding (%)	Output of rough oil (kg.h ⁻¹)	Instantaneous power input (kWh.h ⁻¹)	Temperature (°C)		Power consumption for rape pressing (kWh.t ⁻¹)	Far residual content in the cake (%)		Power consumption for rough oil pressing (kWh.t ⁻¹)
					Oil	Press		abs.	nor.	
27.5	84.3 ¹⁾	32.0	27.0	4.3	36	59	51.0	18.05 ¹⁾	16.2	159.2
	78.0 ¹⁾	32.9	25.7	4.1	37	60	52.6	17.90 ¹⁾	16.1	159.5
	80.8 ²⁾	31.3	25.3	4.2	37	60	52.0	17.54 ²⁾	15.7	166.0
	72.6 ²⁾	32.2	23.4	3.8	40	61	52.3	17.43 ²⁾	15.6	162.4
	77.7 ³⁾	32.8	25.5	4.1	41	61	52.8	17.41 ³⁾	15.8	160.8
	76.8 ³⁾	32.8	25.2	4.0	41	60	52.1	17.52 ³⁾	15.9	158.7

¹⁾Rape – Dry matter 93.00; fat content in absolute dry matter 42.20%; cake dry matter 89.72%

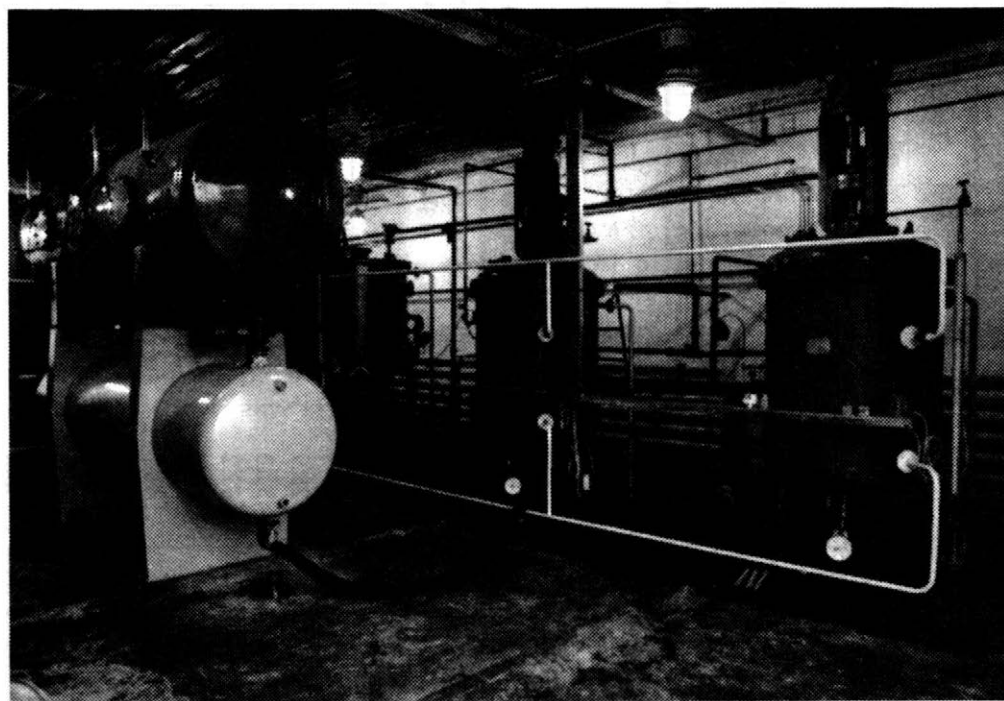
²⁾Rape – Dry matter 92.80; fat content in absolute dry matter 40.27%; cake dry matter 89.48%

³⁾Rape – Dry matter 92.82; fat content in absolute dry matter 41.97%; cake dry matter 90.74%
cake/flakes form 1.8 mm

nuously). Technological equipment comprises: mixing device of methanol and catalyst mixture, possibly with recuperator of processing temperature, reactors for mixture stirring-up, sedimentation (diving or gravity separators) tanks for heavy glycerine phase, biofuel and glycerine demethanolization column and biofuel refining.

Biofuel manufacturing plants on the cooperative farm Dolany (Fig. 2) (reesterification ATEKO, s. c., Hradec Králové) and RPN Slatiňany (Fig. 3) operate at normal temperature with catalyst KOH in two stages. The differences are particularly in refining. In the first manufacturing plant methyl ester is washed by water after glycerine separation (consumption under 3% of produced biofuel), treated by additional factor and dessicated by dry flowing air at temperature 60 °C. In the second manufacturing plant there is methyl ester demethanolized by nitrogen after separation and acidified water washing (consumption under 3% of produced biofuel) is dessicated by dry flowing air at temperature 40–60 °C.

Technology of VŠCHT (Institute of chemical Technology) Pardubice and the firm Koropecský checked in pilot plant displayed a higher efficiency of reesterification and glycerine quality. Reaction mixture is after definite time of stirring discharged to separating reactor, where the potassium salts are precipitated after phosphoric acid



2. Reactor part and separating device of the rape oil reesterification by methanol in Cooperative Farm Dolany (up to 1,500 tons of biofuel p.a.) – experimental plant

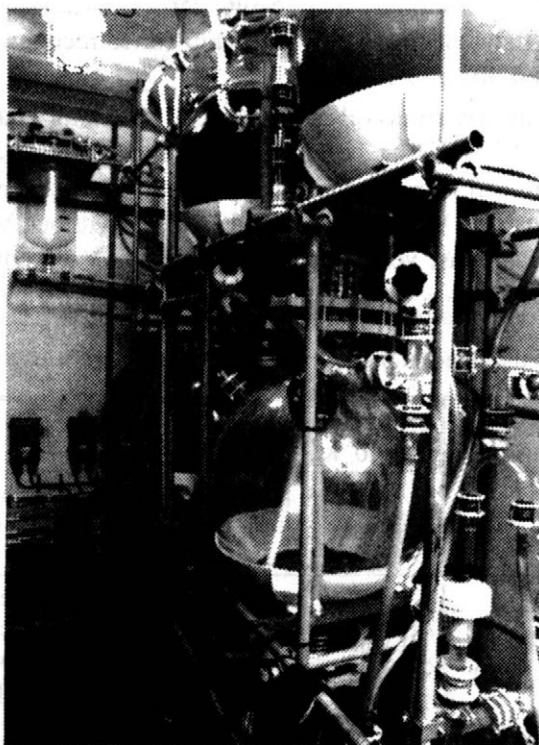
addition. So created potassium phosphate suspension in emulsion of methyl ester, methyl alcohol and glycerine is filtered and excessive methanol is desorbed after heating by flowing air. Biofuel separation from glycerine phase is performed in sedimentation vessels.

The apparatus for reesterification RPN Slatiňany, VŠCHT Pardubice and the firm Koropečký consists of glass parts of standard production of the Glass Works Kavalier, Sázava nad Sázavou.

Glycerine layer of rape oil reesterification contains:

– glycerine	33–85%
– methanol	1.5–15%
– fatty acids in the form of soap	2–28%
– methyl ester	0.5–10%
– water	1.5–11%
– organic natural colouring substances and materials	up to 1.5%

In the SETUZA Company, Ústí nad Labem, only crude glycerine may be processed of glycerol content minimal 60%, methanol 0.2%, non-volatile organic fractions maximum 1.5% without remains of methyl ester. That is why this by-product of the



3. Reactor part of the rape oil reesterification in RPN Slatiňany, Ltd. (up to 500 tons of biofuel p.a.) – pilot plant

low-capacity manufacturing plants would be treated in central refining unit of capacity 3000 tons p.a. in Agropodnik Jihlava by distillation or separation of fatty acids in methyl ester.

LOW-CAPACITY BIOFUEL PRODUCTION ECONOMY

The problems of biofuel production effectiveness are particularly in the price of seed which is min. 65–70% of the production costs. Very important items of economy evaluation are attainable market prices of both rape cake and engine crude oil as comparable sample for real market biofuel price. Of the same importance is the evaluation of minimal losses of the glycerine phase, as well.

The average purchase price of rape from the growers was in 1992 4,940 Kč.t⁻¹, the seasonal price in the last year reached 6,300 Kč.t⁻¹. The minimal purchase price after last year's harvest was 5,000–5,300 Kč.t⁻¹. At the price level 4,000–4,600 Kč.t⁻¹ which present about 40–50% of soyabean meal price, the sale of rape cake was without any problems (seasonal prices of soyabean are from 7,500 to 10,500 Kč.t⁻¹). Purchase price of various types of pure glycerine is on an average about 34 Kč.kg⁻¹. Problem of „ecoglycerine“ sale of biofuel manufacturing plants is subject to marketing studies. With regard to the fact that „ecoglycerine“ is not a deficiency material, its price could be estimated to about 7–9 Kč.kg⁻¹ after recounting to 100% purity (70% glycerine costs 4.90–6.30 Kč.kg⁻¹).

Current price of engine crude oil is 19 Kč.kg⁻¹ at filling stations and for VAT payers (VAT = 23%) 15.50 Kč.kg⁻¹ limiting the market competition of biofuel. With regard to heating value represents the competitive biofuel price at filling stations 17.10–18 Kč.kg⁻¹ plus 5% VAT (i.e. 16.30–17.10 Kč without VAT) and for VAT payers 14 Kč.kg⁻¹. Since last years' beginning, the 5% VAT concerns both the oil

III. Investment costs of the selected biofuel manufacturing plants

Manufacturing plant	Capacity tons p.a.	Investment costs 10 ³ Kč	Notice
RPN Slatiňany Ltd.	400	3,500	pilot plant: handling storehouse of rape 20 tons, reconstruction of the present object, technology-reesterification in glass
Cooperative farm Dolany	1,000 – – 1,500	14,046 of which rape store is 4,328	experimental plant: complex production with rape storehouse 2,000 tons, reconstructed building 3,077.10 ⁻³ Kč, machines 10,969.10 ⁻³ Kč, technology-reesterification ATEKO, s. c., Hradec Králové
Firm Vogel and Noot offer of Febr. 16, 1993	3,000	26,4 mil. ATS	only reesterification with methanol demethanolization from glycerine phase (this part costs 5.4 mil. ATS)

IV. Calculation of the annual direct operating costs (fixed and variable costs without rape costs)
 Manufacturing plant of the cooperative farm Dolany – type 1,000 tons p.a. of biofuel (without VAT), 1 USD = 29.63 Kč

	Item	10 ³ Kč
1	Capital interest ($K_A + K_B$) 6.8 discount rate	955
A	50% of investment – 10 years return state load $K_A = 0.5 \times 10\% \times (1 - 0.17^*) = 4.1\%$	
B	Without investment – credit (4 years, 16%, 60% state interest instalment) $K_B = 0.5 \times 16\% \times (1 - 0.17^*) \times 0.4 = 2.7\%$	
2	Stocks interest – rape: $3,400 \text{ t} \times 5,000 \text{ Kč.t}^{-1} \times 0.5 \times 15\%$	1,275
	– methanol, KOH (2 months), other materials	95
3	Insurance (1.5% of investment, stocks) and taxes	475
4	Investment capital costs	2,800
5	Maintenance and repairs (3% of investment)	421
6	Power: day: $200 \text{ kWh.t}^{-1} \times 1,000 \text{ t} \times 2.80 \text{ Kč.kWh}^{-1}$	560
	night: $100 \text{ kWh.t}^{-1} \times 1,000 \text{ t} \times 0.70 \text{ Kč.kWh}^{-1}$	70
7	Methanol ($0.190 \times 1,000 \text{ t} \times 4,700 \text{ Kč.t}^{-1}$)	893
8	Catalyst ($0.17 \times 2,100 \text{ t} \times 27,000 \text{ Kč.t}^{-1}$)	459
9	Other materials (filter cloths, additional agents, water)	180
10	Rinsing water liquidation – $0.03 \times 1,000 \text{ t} \times 1,500 \text{ Kč.t}^{-1}$	45
11	Material costs	2,628
12	Wages (3 workers $\times 12 \times 7,000 \text{ Kč}$ per 1 month)	252
13	Insurance (35.25% of the wages)	89
14	Overhead (75% of the wages)	189
15	Wages and overhead costs	530
16	Rape seed storage (1 month 40 Kč.t^{-1} , next months $\dot{a} 10 \text{ Kč.t}^{-1}$)	318
17	Transportation – rape seeds and cake	95
A	– reagents	25
B	– methylester	65
C	– glycerine phase	28
D	– rinsing water	18
18	Transportation and storage costs	549
19	Operating costs in total	6,507
20	Depreciations – machines (12.5% from $10,969 \cdot 10^3 \text{ Kč}$)	1,372
	– buildings (2% from $3,077 \cdot 10^3 \text{ Kč}$)	62
21	Operating costs and depreciations in total	7,941

*In accordance with the Act of the Czech National Council on income taxes and Government decree of July 21, 1993 (No. 238) the biofuel production is exempted from the income tax for 5 years. Service period of technology 8 years, average income tax is 17%.

V. Variable calculation of operating costs, receipts and effectiveness

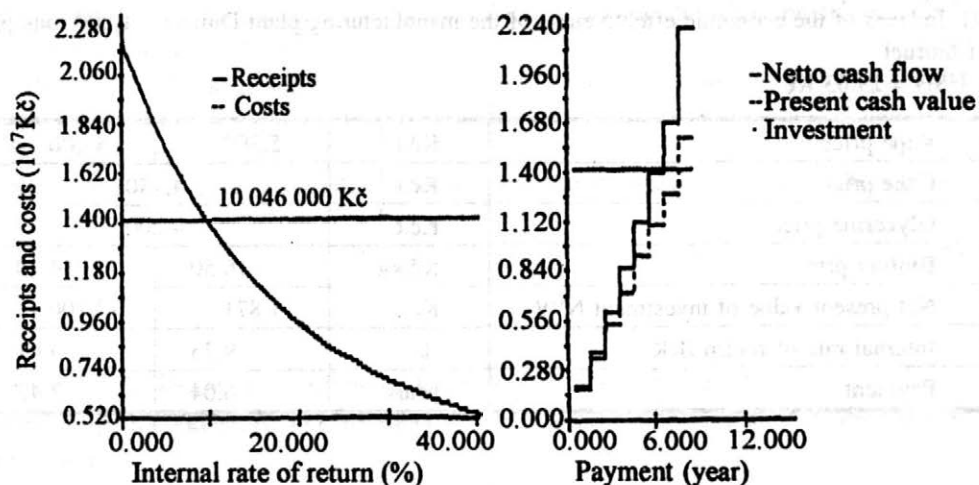
Manufacturing plant of cooperative farm Dolany type 1,000 tons biofuel p.a. (without VAT)

1 USD = 29.63 Kč

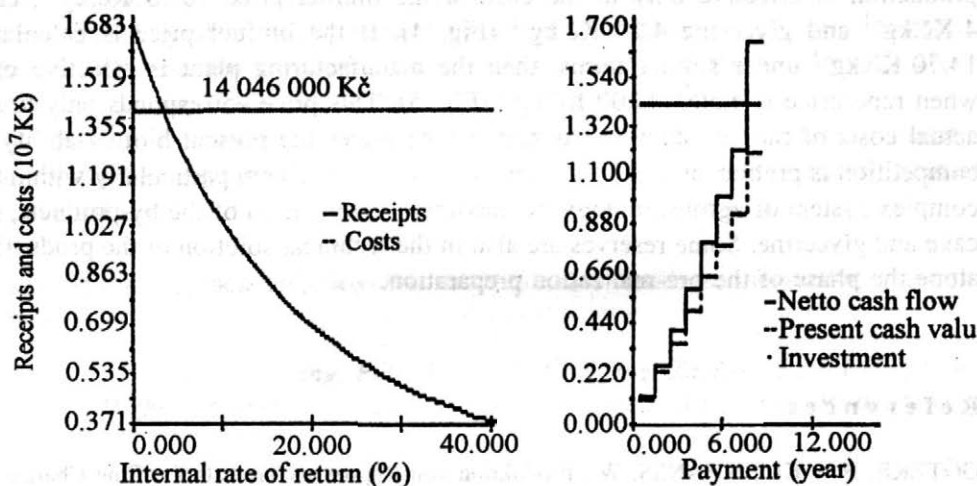
Rape price* (Kč.t ⁻¹)		4,500	5,000	5,500	6,000
Costs of rape 3.35 t.t ⁻¹ of biofuel (10 ³ Kč.year ⁻¹)		15,075	16,750	18,425	20,100
Operating costs (10 ³ Kč.year ⁻¹) (Processing costs, depreciations, costs at rape)		23,016	24,691	26,366	28,041
Costs at rape share from the operating costs (%)		65	68	70	72
Biofuel	price (Kč.t ⁻¹)	16,500			
	value (10 ³ Kč.year ⁻¹)	16,500			
Cake 2.3 t.t ⁻¹ of biofuel	price (Kč.t ⁻¹)	4,000	4,200	4,400	4,600
	value (10 ³ Kč.year ⁻¹)	9,200	9,660	10,120	10,580
Glycer. phase 0.13 t (60%).t ⁻¹ of biofuel	price (Kč.t ⁻¹)	7,000 (100%), i.e. 4,200 (60%)			
	value (10 ³ Kč.year ⁻¹)	546			
Receipts 10 ³ Kč.year ⁻¹	without glycerine realization	25,700	26,160	26,620	27,080
	with glycerine realization	26,246	26,706	27,166	27,626
Balance profit 10 ³ Kč.year ⁻¹	without glycerine realization	2,684	1,469	254	—
	with glycerine realization	3,230	2,015	800	—
Cash flow 10 ³ Kč.year ⁻¹	without glycerine realization	4,118	2,903	1,688	—
	with glycerine realization	4,664	3,499	2,234	—
Investment payment (years)	without glycerine realization	3.41	4.84	8.32	—
	with glycerine realization	3.01	4.07	6.29	—
Biofuel	price (Kč.t ⁻¹)	14,700			
	value (10 ³ Kč.year ⁻¹)	14,700			
Cake value (10 ³ Kč.year ⁻¹)		9,200	9,660	10,120	10,580
Glycerine value (10 ³ Kč.year ⁻¹)		546			
Income (10 ³ Kč.year ⁻¹)		24,446	24,906	25,336	25,826
Balance profit (10 ³ Kč.year ⁻¹)		1,430	215	—	—
Cash flow (10 ³ Kč.year ⁻¹)		2,864	1,649	—	—
Investment payment (years)		4.90	8.5	—	—

*For rape production in the Czech Republic no subsidies are granted. On the cooperative farm Dolany the average rape yield was 3.66 t.ha⁻¹ and within 18.5% of harvest areas the yield was higher than 4 t.ha⁻¹.

Total actual costs of rape production were 13,679 Kč.ha⁻¹, i.e. 3737 Kč.t⁻¹. Purchase price after harvest was 5,250 Kč.t⁻¹ at 8.5% moisture.



4. Indexes of the economic effectiveness of the manufacturing plant Dolany 1,000 tons p.a. of biofuel (rape price $5,300 \text{ Kč.t}^{-1}$, biofuel price 16.50 Kč.kg^{-1})



5. Indexes on the economical effectiveness of the manufacturing plant Dolany 1,000 tons p.a. of biofuel (rape price $5,000 \text{ Kč.t}^{-1}$, biofuel price 14.70 Kč.kg^{-1} – ineffective investment)

seeds and vegetable oils. Maximum methanol price at present is $5,000 \text{ Kč.t}^{-1}$ (without VAT) and potassium hydroxide $27,000 \text{ Kč.t}^{-1}$ (without VAT).

Investment demands of biofuel manufacturing plants are shown in Tab. III. From the annual processing and production costs and receipt calculation (tab. IV and V) of the complex biofuel manufacturing plant Dolany resulted the basic data of effectiveness appreciation (Tab. VI). A very considerable fact is the independence of this plant

VI. Indexes of the economic effectiveness of the manufacturing plant Dolany – 1,000 tons p.a. of biofuel

1 USD = 29.63 Kč

Rape price	Kč.t ⁻¹	5,300	5,000
Cake price	Kč.t ⁻¹	4,450	
Glycerine price	Kč.t ⁻¹	4,200	
Biofuel price	Kč.kg ⁻¹	16.50	14.70
Net present value of investment NPV	Kč	1,871	-2,100
Internal rate of return IRR	%	9.75	3.41
Payment	years	6.04	7.42

with built-in storage capacity onto the seasonal rape prices. The price of the rape reserves „purchased“ from the pilot production is 5,300 Kč.t⁻¹ (the cooperative farm Dolany reaches permanent rape yield higher than 3 tons.ha⁻¹). At this rape price the production is effective only in the case of the biofuel price 16.50 Kč.kg⁻¹, cake 4 Kč.kg⁻¹ and glycerine 4.20 Kč.kg⁻¹ (Fig. 4). If the biofuel price is calculated 14.70 Kč.kg⁻¹ under similar terms, then the manufacturing plant is effective only when rape price is 4,500–4,800 Kč.kg⁻¹ (Fig. 5). This price corresponds only to the actual costs of rape production. At higher rape prices the present biofuel ability of competition is problematic. It is possible to solve this problem particularly within the complex system of agrotechnology by maximum valorization of the by-products, i.e. cake and glycerine. Some reserves are also in the technical solution of the production alone the phase of the pre-realization preparation.

References

- GÖTZKE, H. – KLEINHANSS, W.: Produktion von Rapsöl als Treibstoff – Eine Chance für die deutsche Landwirtschaft? Landbauforsch. Völkenrode, 38, 1988 (1): 17–41.
- JANETSCHKE, H.: Rapsölmethylester (RME) als Substitut für Agrarwirtschaft NR. 64, Wien 1991: 22–23.
- JEVIČ, P. a kol.: Konverze biomasy na ekologicky čistá paliva. [Závěrečná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1991. 79 s.
- JEVIČ, P. – PREININGER, M.: Komplexní využití řepky jakožto energetické plodiny. Agro-spoj, Zpravodaj MZe ČR, 2, 1992 (10): 7–8.
- KÖRBITZ, W.: Biodiesel from rape seed: Austria goes into the future. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft NR. 66, Wien 1991: 356–362.
- MAURER, K.: Pflanzenölgewinnung und Verwertung in landwirtschaftlichen Betrieben als Treibstoff. Landtechnik, 46, 1991 (12): 604–607.

PREININGER, M.: Malé výroby bionafty v České republice. In: Sbor. přednášek VŠCHT Pardubice. Pardubice 1993: 4-8.

ŠEDIVÁ, Z.: Technickoekonomická efektivnost výroby řepkového metylesteru v zemědělských podnicích. Zeměd. Techn., 38, 1992 (2): 121-127.

ČSN 46 2317. Řepka a řepice. 1973.

ČSN 65 6507. Biopalivo pro vznětové motory. Metylestery řepkového oleje. Technické požadavky. 1993.

Received for publication June 15, 1994

JEVIČ, P. – ŠEDIVÁ, Z. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha)

Technologie a efektivnost výroby metylesterů kyselin řepkového oleje v zemědělských podnicích

V roce 1992 byl vládou České republiky schválen Návrh celostátního programu využití řepky pro výrobu bionafty a maziv, ve kterém byly kvantifikovány cíle a náplň programu a specifikovány formy státní podpory a realizace. V současné době jsou v provozu tři malotonažní výroby (realizační výstupy VÚZT Praha) a ve zkušebním provozu je velkokapacitní výroba MILO, a. s., Olomouc. Další budované a projektované výroby v ČR představují výrobní kapacitu cca 60 tis. tun metylesteru ročně. O surovinovém zabezpečení této výroby svědčí i nárůst sklizňových ploch (1980 – 65 tis. ha; 1990 – 91 tis. ha; 1993 – 179 tis. ha).

V práci jsou uvedeny technologie, jejich strojní zajištění a parametry malotonažních výroben metylesterů kyselin řepkového oleje. Jsou stanoveny limitní hranice efektivnosti a směry dalšího zvyšování účinnosti použitých postupů.

řepka; olejnin; zpracování; lisování; reesterifikace; destilace; metylester; glycerin; výlisky

*Ing. Petr J e v i č, CSc., ing. Zdeňka Š e d i v á, CSc.,
Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6-Řepy*

ATK 6 – AUTOMATICKÝ TEPLOTNÍ KOMPARÁTOR

U biologických materiálů – zemědělských produktů – hraje teplota ve vztahu k dalším faktorům, které na tyto materiály působí, podstatnou roli. Jako příklad lze uvést vzájemný vztah vlhkosti a teploty sklizeného zrna skladovaného při dosoušení, kdy požadujeme např. zachování klíčivosti. Je-li v tomto případě zrna uloženo na hromádách, je nutné průběžně sledovat teplotu materiálu ve vztahu k vlhkosti zrna. Sledování teploty musí být nejen průběžné, ale musí být zajištěno v celém profilu skladovaného materiálu, tedy v různých místech a v různých hloubkách.

I v řadě jiných případů je nutné nebo žádoucí dálkově měřit nejen teplotu, ale i signalizovat překročení nastavené hranice a zabezpečit následný regulační zásah (např. zapnout motory provzdušňovacích ventilátorů) nebo signalizovat vznikající nebezpečí (např. zapnout akustickou signalizaci).

Měření teploty je po technické stránce bez problémů. Tomu odpovídá i nabídka měřičů teploty nejrozličnějších firem: např. švýcarská firma Gerber Instruments nabízí vpichovací teploměr různých rozsahů řady TTX za cca 226 švýcarských franků a řady Atkins Digitalthermometer za ceny nepatrně vyšší.

Ale ne každé zařízení lze výhodně použít ve smyslu uvedených záměrů. Pro širší praktické použití musí být sladěny mj. provozní požadavky, dosažené technické parametry a cena zařízení. V široké nabídce dostupných zařízení však tomu tak často není.

Z tuzemských výrobků je k dispozici např. bimetalový vpichovací teploměr typu DTV (Metra Šumperk) s analogovou stupnicí. Vyrábí se ve dvojím provedení, a to pro teplotní rozsah -30 až $+50$ °C a 0 až 200 °C při přesnosti měření 2 % rozsahu. Výhodou je mj. jednoduchá konstrukce, robustní provedení a nízká cena, nevýhodou je nízká přesnost měření a nemožnost použít teploměr v automatických kontrolních systémech.

Digitální regulátor DT4 (Výrobce A. P. O. – Elmos) je již plně elektronický. Je schopen měřit a zobrazovat teplotu nebo relativní vlhkost a následně ovládat technologický proces. K přístroji lze připojit až čtyři čidla teploty (na bázi Pt100) nebo relativní vlhkosti (RV) (kapacitní senzor z dovozu). Měří v rozsahu do $199,9$ °C nebo $10-95$ % RV. Je řešen pro síťové napájení.

Široký sortiment je v přístrojích z dovozu. Výhodné jsou zejména stavebnicové systémy složené podle potřeb uživatel. Provedení však odpovídá i cena, která je v porovnání s dále popisovaným přístrojem ATK 6 ve srovnatelné sestavě minimálně trojnásobná.

Tuzemský přístroj provozního typu ATK 6 je jednou z variant splňujících dané podmínky nasazení. Tento přístroj je zvláště vhodný pro nasazení v provozech země-

dělské prvovýroby a provezech zpracovatelského průmyslu. Nelze vyloučit ani další aplikace, jak bude uvedeno. Přístroj umožňuje souběžně zpracovávat signály až ze šesti teploměrných sond. Práce v automatickém režimu, možnost bateriového napájení, dva nezávislé vstupní okruhy a řada doplňkových funkcí umožňuje skutečně široký okruh použití.

POPIS PŘÍSTROJE

Automatický teplotní komparátor ATK 6 je vestavěn do skříňky o rozměrech cca 230 x 200 x 65 mm (v základním provedení). Příslušenství tvoří teploměrné sondy, napájecí zdroj (v případě potřeby), prvky vnější signalizace (např. piezoelektrická siréna) a prvky ovládaných okruhů (např. stykač pro spínání motorů ventilátorů).

Teplotoměrné sondy jsou v základním provedení tyčové z nerezové trubky o průměru 10 mm a v hrotu sondy je vestavěno polovodičové teplotoměrné čidlo. V hlavici (rukojeti) je svorkovnice pro připojení vodičů (dvoužilový kabel v případě potřeby stíněný). Pro přesná měření lze vliv délky vodiče elektricky kompenzovat.

Čelní panel přístroje nese všechny běžně uživatelem ovládané nebo sledované prvky, k nimž patří:

1. zobrazovací jednotka (displej), která ukazuje:
 - měřenou nebo nastavenou teplotu ve zvoleném kanále,
 - číslo kanálu, na kterém právě probíhá měření nebo nastavování, popř. který signalizuje poruchu,
 - indikaci „provozuschopný stav“ nebo „porucha“,
 - stav (pokles napětí) použitého napájecího zdroje;
2. přepínač kanálů (jednotlivých sond);
3. přepínač volby druhu provozu:
 - měření teploty,
 - nastavení teploty,
 - automatický provoz („hlídání“);
4. nastavovací prvky maximální povolené teploty pro tři dvojice kanálů;
5. tlačítko dočasného vypnutí vestavěné akustické signalizace.

Zadní panel přístroje nese zejména svorkovnice pro připojení přívodních vodičů od jednotlivých sond a svorkovnice pro připojení napájecího, popřípadě záložního zdroje. Pod krytkou jsou nastavovací trimry přenosu jednotlivých kanálů a DIL-přepínač k blokování nepoužitých kanálů a volbě interních funkcí podle požadavku uživatele.

Pro celkové posouzení ještě přehledně uvedeme základní technické údaje přístroje ATK 6, z čehož vyplynou i některé provozní vlastnosti:

- až šest současně připojitelných teplotoměrných sond,
- plynulé nastavení hlídání maximální teploty (standardně v rozmezí 20–100 °C) nezávisle na sobě pro tři dvojice teplotoměrných sond,

- digitální údaj o skutečné a nastavené („hlídané“) teplotě pro každou teplotoměrnou sondu (tj. každý kanál) samostatně,
 - signalizace místa překročení teploty (v okolí té které sondy),
 - signalizace místa a druhu poruchy systému (např. přerušení kabelu k sondě, zkrat kabelu apod.),
 - vestavěná piezosíreň 85 dB/0,3 m,
 - dva nezávislé vstupní okruhy:
 1. okruh – tranzistorový spínač 12 V / 5 A (při využití napájecího zdroje ATK 6),
 2. okruh – přepínací kontakty relé 24 V/10 A AC (kontakty relé samostatně vyvedeny na svorkovnici),
 - napájení ze stejnosměrného zdroje o jmenovitém napětí 12 V (např. automobilový nebo traktorový vozidlový akumulátor, popř. síťový adaptér dimenzovaný na požadovaný proud),
 - dostatečná přesnost měření pro předpokládané oblasti využití (např. typ $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ve stanoveném bodě a nelinearita typ $\pm 0,5\%$ jsou vázány na druh použitého polovodiče snímače teploty),
 - kompenzace odporu přírodních vodičů teplotoměrných sond,
 - délka tyčových teplotoměrných sond podle požadavku zákazníka.
- Bližší výklad ovládání a popis funkce přístroje ATK 6 se vymyká možností tohoto pojednání. Je však předmětem návodu k obsluze a je uváděn při zaškolení uživatele pro obsluhu přístroje.

POUŽITÍ V PRAXI

Přístroj je určen zejména pro potřeby zemědělské prvovýroby a pro sklady různých materiálů, včetně nebiologických. Pro tyto podmínky byla navržena koncepce přístroje, zvolen způsob napájení, přesnost, měřicí rozsah atd.

Vnitřním uspořádáním je přístroj řešen jako variantní. Na přání odběratele je možné osadit nikoliv všech šest, ale například jen dva kanály, což se projeví i v ceně přístroje. Přitom je možné kdykoliv později úplně doosadit desku elektroniky až na plný počet kanálů, tedy šest.

Značnou výhodou přístroje je napájení. Přístroj je totiž možné použít i tam, kde není zaveden elektrický proud, například v odlehlých skladech, přístřešcích nebo stodolách. Stačí jej připojit do palubní zásuvky traktoru nebo automobilu, popřípadě k vyřazené autobaterii 12 V, která sice již nestačí spolehlivě nastartovat motor, ale snížený odběr proudu bezpečně zvládne. Je třeba si uvědomit, že vlastní elektronické obvody mají ve stavu „hlídání – klid“ spotřebu proudu z 12V akumulátoru řádově 100 mA (v režimu přímého měření nebo nastavování teploty pochopitelně více o spotřebu displeje). Hlavním odběratelem proudu je zařízení připojené k výstupu přístroje (např. piezosíreň), pokud pro svoji činnost využívá téhož napájecího zdroje. Reléový výstup může však být připojen ke zcela jinému zdroji.

Při tomto režimu napájení nehrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Je však rovněž možné použít pro napájení přístroje síťový adaptér se jmenovitým výstupním napětím 12 V. Bude-li navíc připojen i záložní akumulátor, bude síťový adaptér průběžně dobíjet.

Přístroj je řešen tak, aby jej za provozu nebylo nutné zvlášť nastavovat nebo ošetřovat. Před předáním je nastaven podle přání a podmínek uživatele. Veškeré případné opravy zajišťuje v nejkratších termínech přímo výrobce, v případě požadavku uživatele bude možné dohodnout zapůjčení náhradního přístroje po dobu opravy přístroje porouchaného.

Jedinou povinností uživatele je přístroj chránit před nepříznivými vlivy okolí (mechanické poškození, vniknutí vody nebo agresivních par a plynů, vnikání elektricky vodivého prachu apod.).

Další výhodou je obsáhlá dokumentace k přístroji, bezporuchovost při správném zacházení, dlouhá garance, zaškolení pracovníka, hodnověrné výsledky, vysoká účinnost a spolehlivost a nízká cena.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Všechny moduly přístroje ATK 6 byly dlouhodobě testovány. Výsledky měření přesnosti a nelinearity potvrdily shodu s deklarovanými údaji a odpovídají katalogovým údajům použitého polovodičového snímače teploty.

Použitím přístroje ATK 6 je možné nejen předejít značným ztrátám na kvalitě skladovaných biologických materiálů, ale lze předejít i hmotným škodám na majetku. Nebezpečí samovznícení skladované zavadlé píce je dostatečně známé. Podobná je řada případů samovznícení skladovaného uhlí (briket) provázeného následnými škodami.

Za nejdůležitější aplikaci lze však považovat kontinuální automatické hlídání uživatelem nastavené teploty v uskladněném materiálu (zrno po přímé sklizni před do-sušením na hromádách, zavadlá píce apod.). Přitom je možné připojit v nejjednodušší aplikaci piezokrystalovou sirénu, která pronikavým, daleko slyšitelným tónem ohlásí vzrůst teploty v okolí některé z použitých sond. Druhý samostatný výstupní okruh může sepnout například nouzové větrání nebo jiné zařízení určené uživatelem.

Při použití upravené sondy lze kontrolovat a dálkově hlídat teplotu vzduchu v okolním prostoru, např. ve skladu.

Přístroj může být při využití svých vlastností dobrým pomocníkem v mnoha provezech. I z hlediska pořizovací ceny vychází nákup ATK 6 velmi příznivě ve srovnání s cenou a užitnou hodnotou konkurenčních výrobků splňujících obdobnou funkci. To platí zejména o výrobcích z dovozu.

Přístroj umožňuje po dohodě s výrobcem a uživatelem řadu aplikačních možností, tzn. úpravu pro nestandardní funkce a požadavky, kompletaci zařízení pro různé účely a prostředí apod.

Autoři se problémem zabývali na základě požadavků potravinářského průmyslu a zemědělské výroby, a to z pohledu užití:

1. v odlehlých skladech bez elektrické sítě,
2. s větším množstvím snímačů najednou,
3. s větším dosahem i snímanou plochou,
4. s větší hloubkou zapuštěných snímačů,
5. s větším rozsahem teplot,
6. s možností vzdáleného rozmístění snímačů od přístroje,
7. s možností dálkové informace a signalizace,
8. s možností nejen indikace překročení teploty, ale i jejího měření,
9. s možností výstupu pro sekundární obvod následných opatření.

Bližší informace o přístroji ATK 6, o možnostech jeho aplikace, úpravách pro nestandardní funkce, požadavcích na teplotoměrné sondy a další technická data lze získat u autorů článku.

Literatura

Aplikační listy a katalogy výrobků firem:

Analog Devices,
National Semiconductor,
Thomson,
Siemens,
Tesla (Eltos),
Metra,
A. P. O. – Elmos,
Cole – Parmer Instrument Co., USA,
Gerber Instruments-Schweiz.

*Ing. Jindřich L o u d a , CSc., prof. ing. Rudolf J a n á l, DrSc.,
Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchbát*

OBSAH – CONTENTS

Dunca J., Hanzelik F.: Mechanické vlastnosti zrn kukurice – Mechanical properties of maize grains	241
Salanci J., Sloboda A., Bugár T.: Meranie a vyhodnocovanie zaťaženia v spodných ťahadlách traktora pri zahĺbovaní pluhu – Measurement and evaluation of loading in lower drawbars of the tractor at plough reccessing	249
Vegricht J., Kettner P., Češpiva M., Svoboda J.: Řídící počítačová jednotka v systému s tenzometrickou váhou a velkoplošným displejem pro řízení přípravy a výdeje tekutého krmiva pro prasata potrubním rozvodem – Control computer-operated unit in the system with tensometric scales and large-area display to control preparation and distribution of liquid feed through the pipeline distribution for pigs	263
Satoria J.: Zvyšování spolehlivosti oběžných shrnovačů chlévské mrvy – Improvement of reliability of manure chain conveyers	275
Smutný M.: Navrhovanie ľahkých striech objektov pre chov ošípaných – Designing of lightweight roofs of buildings for pig rearing	289
INFORMACE	
Jevič P., Šedivá Z.: Technology and effectiveness of methyl ester production of rape oil acids in agricultural enterprises – Technologie a efektivnost výroby metylesterů kyselin řepkového oleje v zemědělských podnicích	301
Louda J., Janál R.: ATK 6 – automatický teplotní komparátor	314



UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

Od letošního roku vyřizuje veškeré služby spojené s distribucí časopisu Zemědělská technika vydavatel – Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha.

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací
referát odbytu
Slezská 7
120 56 Praha 2

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA ● Vydává Česká akademie zemědělských věd a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Čtvrtletník ● Redaktorka: ing. Jovanka Václavíčková ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/257 541, fax: 02/257 090 ● Sazba Studio DOMINO – ing. Jakub Černý, Pražská 108, 266 01 Beroun, tel.: 0311/240 15 ● Tisk ÚZPI Praha ●
© Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1994

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2