



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA



2

ROČNÍK 20 (XLVII)
PRAHA
ÚNOR 1974
CENA 10 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚL
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORM

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Řídí redakční rada

Jan Květoň (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Karel Bernhard, doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jiří Fiala, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Jaroslav Homolka, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Karel Joza, ing. Ján Kuchár, ing. Vladimír Piša, ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, ing. Alois Vávra, CSc., Josef Višínský, CSc.

Vedoucí redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1974

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozboru a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Ústav vědeckotechnických informací. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120,—.

Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издает Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Institute of Scientific and Technical Information. Issued monthly. Editorial office 120 56 Prague 2, Slezská 7.

Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Prag 2, Slezská 7.

Le journal scientifiques ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de technique agricole. Publié par l'Institut des Informations Scientifiques et Technique. Paraît une fois par mois. Rédaction 120 56 Prague 2, Slezská 7.

NĚKTERÉ POZNATKY Z EXPAZNÍHO SUŠENÍ POTRAVINÁŘSKÝCH PRODUKTŮ

V. Balcar, M. Kopřiva

Výzkumný ústav potravinářského průmyslu ČAZ, Praha

BALCAR V., KOPŘIVA M. *Některé poznatky z expanzního sušení potravinářských produktů*. Zem. technika 20 (2) : 69-77, 1974.

Na základě zhodnocení rešeršních prací se přikročilo ve Výzkumném ústavu potravinářského průmyslu k laboratornímu ověření nové metody pro zpracování sušené kořenové zeleniny a brambor. Cílem experimentů a metodiky práce bylo zajistit zvýšení nutriční hodnoty produktů a získat lepší senzorycké vlastnosti a rehydratační schopnosti. Základem procesu je tak zvané expanzní zpracování, kterému se podrobí materiál částečně předsušený. Expanzně se zpracovává buď ohřevem v tlakovém válci a následující expanzí do okolní atmosféry, nebo ohřevem v mikrovlnném elektrickém poli. V prvním případě jsou nalezeny oblasti vlhkosti, tlaku a teploty pro každý druh produktu, které zaručí změnu struktury materiálu a kvalitní výrobek. Mikrovlnný způsob je zpracován pro atmosférické a vakuové zpracování. Pro kontinualizaci atmosférického způsobu je nutná znalost okamžitých pohlcovaných výkonů pro různé oblasti procesu, které jsou vyneseny v grafech. Vakuové zpracování bylo navrženo pro optimální využití tlakových změn mezi prostředím a vnitřkem produktu. Rychlost sušení se pohybuje okolo $0,8 \text{ kg kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Postup umožňuje získat výsledný produkt lepší kvality a nutriční hodnoty při zkráceném čase sušení než u zeleniny zpracované obvyklým způsobem. Jeho další výhodou je zlepšená póréznost materiálu, umožňující velmi rychlou rehydrataci téměř na rozměr čerstvého nakostkovaného materiálu.

expanzní sušení kořenové zeleniny a brambor; parní ohřev; změna struktury materiálu; rychlá rehydratace; nadouvané produkty; dielektrický ohřev v mikrovlnném elektrickém poli

Expanzní sušení se stalo známým pojmem v technice sušení potravin. Je to jeden ze způsobů výroby nových typů konzervovaných výrobků určených k přípravě jídel i k přímé spotřebě. Hlavní důraz se klade nejen na vysokou kvalitu a na nutriční hodnotu pokrmu, ale i na usnadnění a zkrácení konečné přípravy jídla. Expanzně sušené výrobky se vyznačují velmi rychlou rehydratací na téměř původní stav před sušením. Rychlá rehydratace zkracuje potřebný čas k tepelné úpravě produktu při přípravě jídla, a tím dále šetří ztráty tepelně citlivých látek, jejichž konečný obsah v hotovém pokrmu určuje jeho hodnotu. Převážný sortiment produktů vhodných k expanznímu sušení je zelenina (kořenové druhy), brambory a některé ovoce.

METODIKA

Uvedené druhy materiálů byly podrobeny obvyklé přípravě k sušení (čištění, praní, louhování, kostkování, blanžírování) a částečnému předsušení na podíl vlhkosti, závislý na surovině a jejím druhu. Následuje expanzní zpracování buď v parním válci s ohřevem a expanzí, nebo v mikrovlnném elektrickém poli. Po tomto zpracování se materiál dosouší na konečný podíl vlhkosti přibližně 10 %.

VLASTNÍ PRÁCE

Pod pojmem expanzní sušení rozumíme celý sušárenský postup, skládající se z řady technologických prací, do níž zahrnujeme přípravu produktu k sušení, vlastní sušení, expanzní zpracování a všechny dokončovací operace. Jádrem celého postupu je tak zvané expanzní zpracování — nová operace, při které dochází k žádané změně struktury materiálu, charakterizované vysokou pórézností. Je to rázový tlakový a tepelný děj, jemuž je podroben daný materiál. Expanzní zpracování využívající akumulované energie tepelné a tlakové není jediným způsobem, jak dosáhnout žádaného typu výrobku. Principiální podmínky pro uvedený děj je možné zajistit i jinak, ponejvíce jiným zdrojem energie, způsobem jejího sdílení, přeměn a uvolňování (například pomocí dielektrického ohřevu v mikrovlnném elektrickém poli).

Ostatní výrobní operace expanzního způsobu sušení jsou až na malé výjimky běžně používané v nynějších sušárenských provozech včetně tzv. předsušení výrobku a jeho dosušení. V současné době známe řadu způsobů i tak zvaného klasického expanzního zpracování, z nichž dosud málo jich bylo provozně vyzkoušeno. Procesy, které mění strukturu potravinářských výrobků s cílem dosáhnout nových typů výrobků o dosud neobvyklých vlastnostech (rehydratačních, nutričních, spotřebních i měnících tradiční a nevyhovující skladbu jídel), jsou stále předmětem výzkumu ve všech vyspělých státech.

Expanzní zpracování prošlo vývojem od „puffovacího“ děla na zpracování rýže, obilovin a kukuřice. Ve VÚPP ČAZ byly ověřeny a experimentálně zpracovány podmínky tohoto způsobu hlavně pro zeleninu. Podle principu sdílení tepla ohřevu materiálu a ohřevu vlastního expanzního válce byl nazván tento způsob jako vnější ohřev. Dokonalejší typ — expanzní zpracování s přímým ohřevem párou — byl rovněž předmětem výzkumu a výsledky jsou v současné době realizovány v průmyslové výrobě konzervářského oboru.

Danému principu energetického (tepelného) příkonu do materiálu nejlépe odpovídá přenos a přeměna tepla pomocí dielektrického ohřevu v mikrovlnném elektrickém poli. V našem ústavu byly dále prošetřeny podmínky pro dielektrický ohřev v mikrovlnném elektrickém poli při atmosférickém tlaku a při tlaku nižším než atmosférický; tento způsob se používá hlavně pro materiály velmi citlivé na tepelné namáhání. Uvedeme dále stručné charakteristiky jednotlivých pochodů:

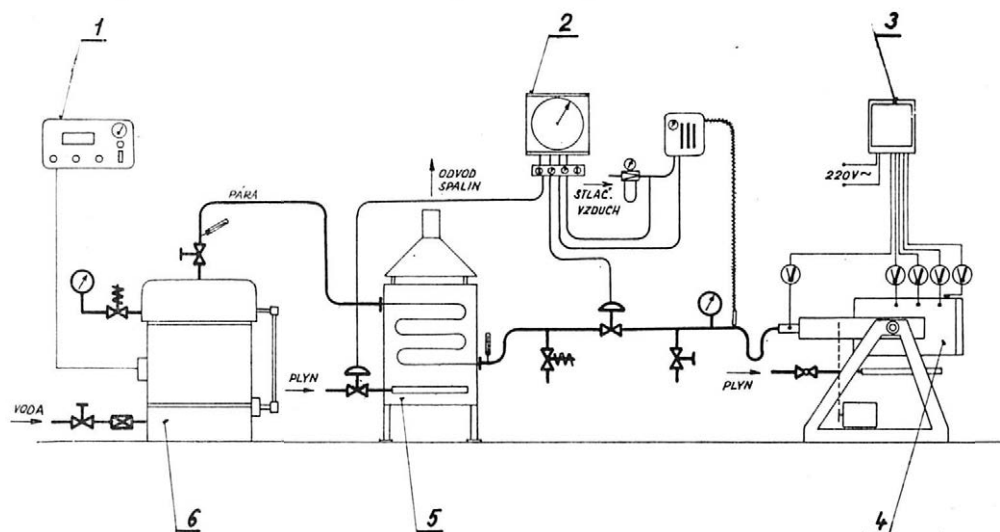
EXPANZNÍ ZPRACOVÁNÍ

Uskutečňuje se v tlakovém válci a spočívá v tlakovém ohřevu materiálu a v následující rychlé expanzi. Ohřev před expanzí je nejožehavějším článkem celého technologického postupu. Materiál o poměrně vysokém obsahu vlhkosti je třeba ohřát na tak vysokou teplotu, kterou by bez úplného znehodnocení dlouhodobě nesl. To klade značné nároky na stanovení podmínek ohřevu, jejich ověření a přesnost regulace.

VNĚJŠÍ OHŘEV

Ohřev náplně, při kterém je tlakový válec ohříván z vnější strany zdrojem tepla, je z hlediska tepelné změny izovolumickým ohřevem. Mění se teplota a tlak vnitřního prostředí (vzduch a vodní pára) i teplota materiálu. Předsušený materiál, jehož podíl vlhkosti je pod prvním kritickým bodem, je ohříván třemi způsoby sdílení tepla: kontaktem, konvekcí a sáláním. Převažuje sdílení tepla

kontaktem z předehřáté stěny válce. Nevýhodou tohoto způsobu ohřevu je to, že klade zvýšené nároky na homogenitu materiálu tvarovou, strukturální a vlhkostní a že nelze zajistit dostatečně rovnoměrný a hlavně intenzivní ohřev. Intenzivnější ohřev zvyšováním teploty vnitřní stěny válce nad vhodnou mez by měl za následek další znerovnoměrnění ohřevu produktu, zvětšování teplotních gradientů (tj. přehřívání), připalování jeho povrchových vrstev. Pro daný způsob ohřevu v tlakovém válci není tedy mnoho možností k ovlivnění, a to nakonec vedlo k uplatnění ohřevu materiálu přehřátou párou (obr. 1).



1. Schéma rozvodu páry a plynu, měřicích míst a pneumatické regulace u expanzního válce na zpracování přehřátou párou

- 1 — ovládání vyvíječe páry
- 2 — pneumatická regulace
- 3 — zapisovač šestikřivkový
- 4 — expanzní válec
- 5 — přehřívák páry
- 6 — vyvíječ páry

OHŘEV PÁROU

Ohřev probíhá rovněž v uzavřeném tlakovém válci, upraveném pro přívod přehřáté páry do vnitřního prostoru, kde na rozdíl od předchozího způsobu ohřevu převládá sdílení tepla při změně skupenství (kondenzace na povrchu částic materiálu). Tím jsou vytvořeny podmínky pro vazbu tlaku a teploty teplotnosného media, které také ovlivňují přestup tepla z okolního prostředí na povrch materiálu. Podmínky ohřevu a předpoklady správné funkce byly teoreticky zpracovány a porovnány s předpoklady z experimentálních prací, a to pro různé druhy zpracovávaných materiálů — např. pro karotku byly vyšetřeny následující podmínky: tlak páry vpouštěné do válce 3,5 bar, teplota páry 160 °C, teplota stěny válce 170 °C. Tato teplota je určena podmínkami ohřevu a požadavkem, aby na vnitřních stěnách tlakového válce nedocházelo k nežádoucí kondenzaci páry.

Jedná se o izobarický děj, při kterém teplotnosné medium je mírně přehřátá pára, ohříváné medium materiál o počáteční teplotě 20 až 40 °C a konečné teplotě 120 až 138 °C, přičemž se uplatňuje i vnější zdroj tepla z přehřátých stěn válce. Dochází k určité autoregulaci teploty jednotlivých částic materiálu,

kteřé jsou v kontaktu s povrchem válce. Teplota povrchu částecek nepřekročí hodnotu 138 °C (pro daný tlak), i když nastane zpětný odpar volné zkondenzované vody s povrchu částic. Podle praktických výsledků převažuje množství tepla předané materiálu párou nad teplem předaným při kontaktu s povrchem, neboť materiál po ohřevu jeví zpravidla určitý přírůstek hmoty (nasycení povrchových vrstev zkondenzovanou párou).

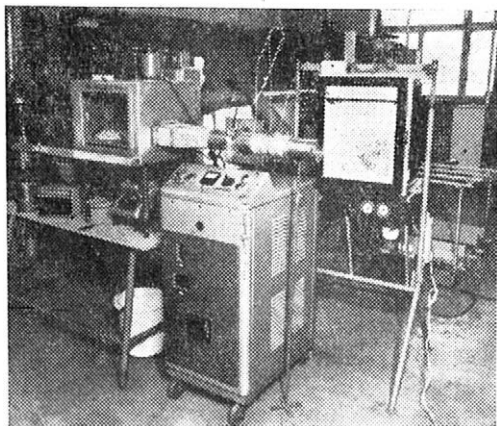
EXPANZE

Na parametry dosažené ohřevem navazuje rázová expanze, tj. náhlé otevření závěru nádoby, při níž prostředí ve válci s obsahem zpracovávaného materiálu expanduje z tlaku několika barů na tlak okolního prostředí. Rázová expanze je tepelný a tlakový děj, jehož mechanické účinky jsou kladeny do rovnováhy s pevností skeletu materiálu. Pórézní struktura je vytvořena párou, která se rázově odpaří z volné vody obsažené v materiálu. Aby mohl nastat tento děj, musí být splněny některé základní podmínky, tj. parametry materiálu a prostředí před expanzí musí dosahovat předem stanovených hodnot. Oblasti vhodných podmínek jsme experimentálně vyšetřili pro všechny zpracovávané materiály. Mimo vyzkoušené oblasti dochází k nežádoucím výsledkům pochodu, jako je spálení produktu, desintegrace či nedokonalá změna struktury.

DIELEKTRICKÝ OHŘEV V MIKROVLNNÉM ELEKTRICKÉM POLI

Rázové zpracování produktu tímto způsobem ohřevu je rovněž základním článkem, na který je navázán celý sušárenský pochod na výrobu vysoce kvalitních pórézních potravin. Hlavní výhody tohoto způsobu jsou v principu sdílení tepla rovnoměrně v celém průřezu materiálu, což se projevuje v kvalitě tepelně opracovaných produktů a v možnosti podrobit jej vysoké intenzitě ohřevu, při kterém dochází k pohybu par vlivem rozdílu absolutních tlaků (vzhledem k molekulární difúzi v kapilárách). Nastává rázový odpar vlhkosti, průtok vlhkosti v plynné fázi skeletem materiálu a dochází k mechanickým účinkům průtoku páry na kapilární cesty (vytvoření pórů). V tomto případě tlaková expanze vnějšího prostředí odpadá vůbec. Zařízení je vyobrazeno na obr. 2.

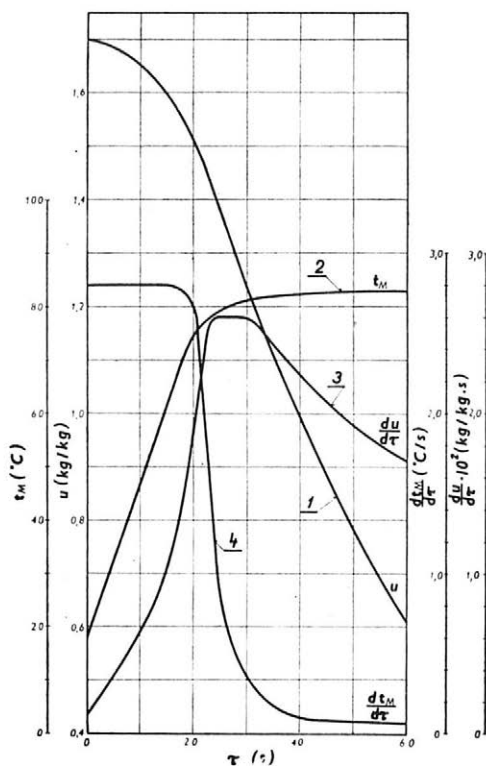
Protože dielektrický ohřev v mikrovlnném elektrickém poli dává jednoznačné předpoklady pro kontinualizaci procesu v provozním provedení, vyhodnotili jsme okamžité hodnoty tepelné energie, spotřebované v jednotlivých fázích procesu.



2. Pohled na zařízení pro mikrovlnné atmosférické zpracování zeleniny a brambor

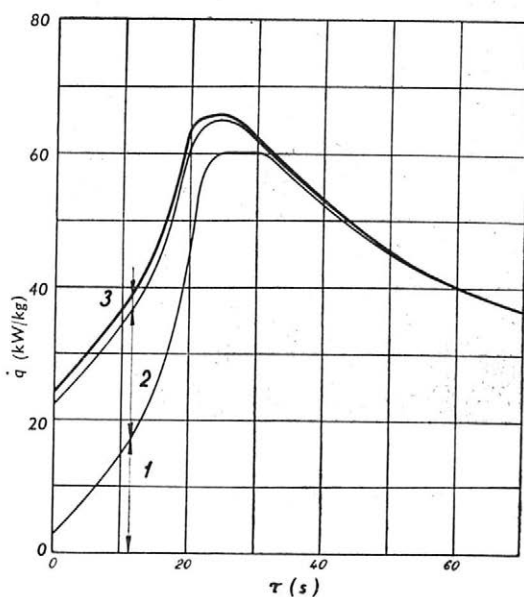
Vyhodnocení vycházelo z podrobného proměření základních parametrů, hlavně teploty materiálu a množství odpařené vody a z derivačních křivek jejich průběhu, tj. z rychlosti jejich změn. Uvedené závislosti jsou na obrázcích 3 a 4. Z rozboru pohlcovaného výkonu na obr. 4 lze uvést, že v prvních vteřinách se podstatná část spotřebuje na ohřev vody ve zpracovávaném vzorku (q_w), zatímco později mnohonásobně převládá část výkonu spotřebovaná k odpaření vody (q_l). Nejmenšího výkonu je třeba k ohřátí sušiny materiálu (q_s). Maximální pohlcený výkon připadá na oblast největší rychlosti sušení, kdy také dochází k nadouvání produktu. Vnitřní poměry při intenzivním dielektrickém ohřevu charakterizované vznikem tlaku nasycené páry v pórech a kapilárách, jsou typické pro molární pohyb páry v materiálu.

Jako poslední způsob dielektrického ohřevu v mikrovlnném elektrickém poli byl prošetřen způsob při tlaku nižším než je tlak atmosférický. Byly hledány nejšetrnější podmínky z hlediska tepelného i mechanického namáhání produktu. Vyšetřovaný způsob je určen především pro ovoce. K experimentálním pracím byl navržen a použit kvádřový rezonátor s vestavbou teflonové válcové komůrky o vnitřním průměru 80 mm a délce 100 mm, uzpůsobené k zavedení a snímání tlaků v rozmezí 0,13 až 4,00 bary. Zařízení je na obr. 5.



3. Diagramy závislosti hlavních veličin při mikrovlnném atmosférickém zpracování na čase

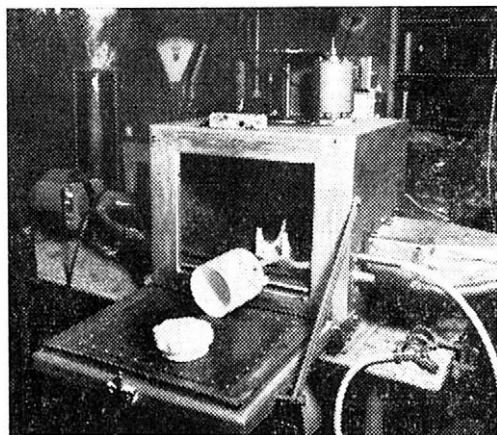
- 1 — křivka sušení $u - \tau$
- 2 — teplota materiálu $t_m - \tau$
- 3 — rychlost sušení $\frac{du}{d\tau} - \tau$
- 4 — rychlost změny teploty materiálu $\frac{dt_m}{d\tau} - \tau$



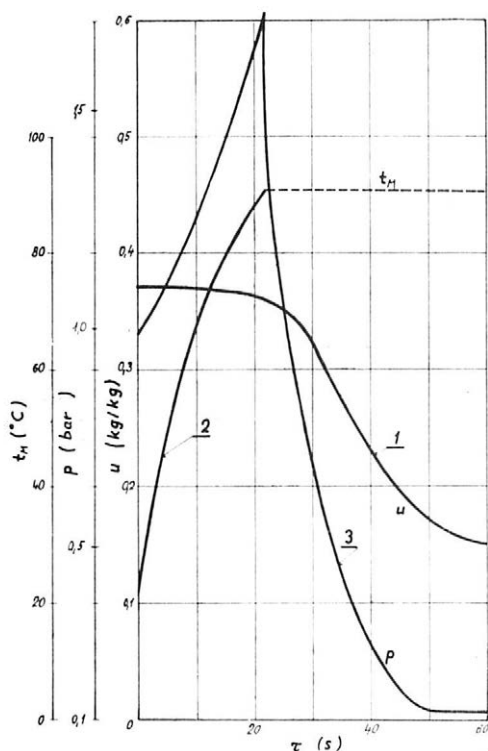
4. Graf průběhu okamžitých energetických toků při mikrovlnném atmosférickém zpracování

- 1 — energie na odpaření vody — q_l
- 2 — energie na ohřev vody v materiálu — q_w
- 3 — energie na ohřev sušiny v materiálu — q_s

Z několika variant tepelně tlakového zpracování produktu v uzavřené aplikační dutině při tlaku nižším než je tlak atmosférický jsme vyhodnotili i způsob charakterizovaný průběhem parametrů podle obr. 6. Doba ohřevu se řídila nárůstem tlaku. Ohřev trvá pouze kolem 20 s, přesně po dobu intenzivního stoupaní tlaku (dosazený tlak v komůrce 1,73 bar). Následné zavedení podtlaku (asi 0,15 bar) umožní využití velkého tlakového gradientu k dokonalé změně struktury (pórovitosti). Největší rychlost sušení se projeví v okamžiku snížení tlaku, a tím i rychlého odvodu odpařené vlhkosti. Pohybuje se okolo hodnoty $0,8 \text{ kg kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Tuto variantu dielektrického ohřevu za použití nižšího tlaku než je tlak atmosférický lze označit za optimální a její princip spočívá v dokonalém využití tlakových změn prostředí v okolí produktu; má přímou návaznost na tlakové gradienty uvnitř produktu, v minimalizaci času ohřevu a ve využití rychlé redukce tlaku až po skončeném mikrovlnném ohřevu.



5. Pohled na vestavěnou teflonovou komůrku pro mikrovlnné vakuové zpracování



6. Graf závislosti měřených veličin při vakuovém mikrovlnném zpracování
1 — křivka sušení $u - \tau$
2 — průběh teploty materiálu $t_m - \tau$
3 — průběh tlaku v komůrce během procesu $p - \tau$

Vyšetřením podmínek této varianty je uzavřena oblast použití rázově-tepelných procesů pro kouskovité materiály, převážně zemědělské produkty — zeleninu, brambory a ovoce. Tato oblast je ovšem součástí dnes velmi rozvíjeného oboru výroby dalších nových typů nadouvaných (pórezních) produktů z pastovitých a těstovitých látek rovněž rázovými procesy například na bázi extruzních pochodů a dalších.

ZÁVĚR

V práci jsou popsány nové způsoby úpravy materiálů rostlinného původu expanzním sušením za použití parního ohřevu a mikrovlnné elektrické energie. Jsou uvedeny principy postupů, experimentálně zjištěné oblasti zpracování pro různé druhy materiálů a přednosti či nedostatky jednotlivých způsobů zpracování. Pro ohřev párou je uveden konkrétní příklad zpracování mrkve. Pro další suroviny máme připraveny a provozně vyzkoušeny všechny oblasti podmínek a použití. Pro metodu zpracování v mikrovlnném elektrickém poli jsou uvedeny grafy sušárenských pochodů a specifické průběhy hlavních sledovaných veličin. Současně je graficky znázorněno zjišťování okamžitých hodnot tepelné energie vstupující do materiálu s ohledem na kontinualizaci výroby.

Expanzní sušení poskytuje nové možnosti pro výrobu kvalitních a — co se týká nutriční hodnoty — zlepšených výrobků konzervářsky zpracované zeleniny, brambor a ovoce. Výrobky takto získané jsou určeny pro přípravu polohotových či hotových jídel hromadného stravování nezávisle na nedostatkových mimosklizňových obdobích a jsou také vhodné pro samostatné použití jako přílohy pro přímou spotřebu. Část produkce ze zpracovatelského závodu byla také upravena obalením v cukru, čímž se získávají nové výrobky cukrárenského průmyslu s nižším obsahem cukru a větším obsahem vitamínů. Hlavní a podstatný zájem je hlavně z hlediska dalšího použití těchto výrobků pro zpracování rychle připravitelných jídel.

Literatura

- ARCHIERI C., BICOUT J., MENORET Y., 1971 Déshydratation sous vide par micro-ondes. IAA 88 : 16-23.
ESKEW R. K., CORDING J. JR., SULLIVAN J. F., 1963, Explosive Puffing. Food Engng 35 : 91-99.
HUXSSOLL C. C., MORGAN A. I. JR., 1967, Microwave Dehydration of Potatoes and Apples. Food Techn. 22 : 47-53.
LYKOV A. V., 1968, Teorija suški. Energie Moskva : 490 s.
SUCHÝ J. a kol., 1969, Sušení potravin — Expanzní sušení za použití vysokofrekvenční energie. Zpráva VÚPP ČAZ.
SUCHÝ J. a kol.: 1970, Expanzní sušení potravin. Zpráva VÚPP ČAZ.

Došlo dne 23. 10. 1973

БАЛЦАР В., КОПРЖИВА М. (Научно-исследовательский институт пищевой промышленности ЧСХА, Прага, Чехословакия). Некоторые данные о расширительной сушке пищевых продуктов. Zem. техника 20 (2) : 69-77, 1974.

На основе оценки информационно-поисковых указателей в Научно-исследовательском институте пищевой промышленности приступили к лабораторной проверке нового метода сушки огородных корнеплодов и картофеля. Цель эксперимента и методики работ состояла в повышении питательной ценности продуктов, в приобретении лучших сенсорных свойств и регидратационной способности. В основе процесса лежит та наз. расширительная обработка, которой подвергают частично подсушенный материал. Обработка расширением проводится либо обогревом в пушке, и последующим расширением — в окружающую атмосферу, либо нагревом в поле токов сверхвысоких частот (СВЧ). В первом случае для каждого вида продуктов подбирается поле влажности, давления и температуры, что гарантирует изменение структуры материала и качественное изделие. Микроволновый способ предназначен для атмосферной и вакуумной обработки. Для континуализации атмосферического способа необходимо знать мгновенные абсорбируемые действия по разным областям процесса, ко-

торые нанесены на диаграммы. Вакуумная обработка намечается для оптимального использования изменений давления между средой и внутренней частью продукта. Скорость влагообмена (сушки) колеблется около 0,8 кг/кг с. в. Прием позволяет получить финальный продукт лучшего качества и питательной ценности при сокращенном сроке сушки, чем при традиционной обработке овощей. Другое преимущество ускорить регидратацию почти до размера свежего, разрезанного на кубики материала.

расширительная сушка; огородные корнеплоды; пушка; поле токов сверхвысоких частот (СВЧ); влажность; скорость влагообмена; пористость; разрезанный на кубики материал

BALCAR V., KOPŘIVA M. (Research Institute of Food Industry of the Czech Academy of Agriculture, Praha, Czechoslovakia). *Some Information from Expansion Drying of Foodstuff Products*. Zem. technika 20 (2) : 69-77, 1974.

The new method for the processing of dried root vegetables and potatoes was tested in the laboratories of the Research Institute of Food Industry with respect to an evaluation of the research work. The experiment and the methodics of work were aimed to obtain an increase of the nutrition value of the products and better sensory properties and rehydration abilities. The method is based on the so-called expansion processing to which partially pre-dried material is subjected. Expansion processing is carried out either through heating in a puffing gun and a following expansion into the surrounding atmosphere or through heating in a microwave field. In the first case ranges of moisture, pressure and temperature for each kind of product were determined to guarantee the change in the structure of the material and quality product. The microwave method was elaborated for an atmospheric and vacuum processing. For a continualization of the atmospheric method a knowledge is necessary of the immediate absorbed outputs for the different areas of the process which are carried out in graphs. The vacuum process was proposed for an optimal utilization of the pressure changes between environment and the inner of product. Drying speed amounts to about 0,8 kg/kg dry matter. This process makes it possible to obtain a final product of a better quality and nutrition value with a shorter drying time than vegetables processed conventionally. An additional advantage is the improved porosity making possible a rapid rehydration almost to the size of fresh cubed material.

expansion drying; root vegetables; puffing gun; microwave field; moisture; drying speed; porosity; cubed

BALCAR V., KOPŘIVA M. (Forschungsinstitut für Lebensmittelindustrie der Tschechischen Akademie für Landwirtschaft, Praha, Tschechoslowakei). *Einige Erkenntnisse aus der Expansionstrocknung der Lebensmittelprodukte*. Zem. technika 20 (2) : 69-77, 1974.

Aufgrund einer Bewertung der Rechercharbeiten erfolgte in dem Forschungsinstitut für Lebensmittelindustrie eine Laborüberprüfung der neuen Methode für die Verarbeitung der getrockneten Gemüswurzelfrüchte und Kartoffeln. Das Ziel der Experimente und der Arbeitsmethodik war es, die Steigerung des Nutritionswertes der Produkte zu sichern und bessere sensorischen Eigenschaften und Rehydrationsfähigkeiten zu gewinnen. Der Grund des Prozesses ist die sogenannte Expansionsverarbeitung, der das teilweise vorgetrocknete Material unterzogen wird. Die Expansionsverarbeitung erfolgt entweder durch Erwärmung im Druckzylinder und eine nachfolgende Expansion in die Umweltatmosphäre oder durch Erwärmung im Mikrowellenfeld. Im ersten Falle werden die Feuchtigkeits-, Druck- und Temperaturbereiche für jede Art der Produkte festgestellt, die eine Änderung der Materialstruktur und ein Qualitätsprodukt sichern. Die Mikrowellenmethode wurde für eine atmosphärische und Vakuumverarbeitung durchgearbeitet. Für die Kontinualisierung der atmosphärischen Methode ist die Kenntnis der augenblicklichen absorbierten Leistungen für die verschiedenen Bereiche des Prozesses, die in Graphen dargestellt sind, erforderlich. Die Vakuumverarbeitung wurde für die optimale Ausnutzung der Druckänderungen zwischen der Umwelt und dem Inneren des Produktes vorgeschlagen. Die Trocknungsgeschwindigkeit bewegt sich rund 0,8 kg/kg Trockenmasse. Das Verfahren ermöglicht die Gewinnung eines Finalproduktes einer besseren Qualität und eines höheren Nutritionswertes bei einer verkürzten Trock-

nungsdauer als das mit konventionellen Methoden verarbeitete Gemüse. Sein weiterer Vorteil ist die verbesserte Materialporosität, die eine sehr schnelle Rehydratation fast auf die Größe des frischen gewürfelten Materials ermöglicht.

Expansionstrocknung; Gemüsegewürzelfrüchte; Druckzylinder; Mikrowellenfeld; Feuchtigkeit; Trocknungsgeschwindigkeit; Porosität; gewürfelt

Adresa autorů:

Ing. Vlastimír Balcar, ing. Miroslav Kopřiva, CSc., Výzkumný ústav potravinářského průmyslu ČAZ, odbor strojního výzkumu, Třebostická 12, 100 00 Praha 10

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 3 časopisu

Z E M Ě Ď Ě L S K Á T E C H N I K A

budou uveřejněny články:

A n d e r t A.: Vliv pracovních podmínek na optimální parametry agregátů

J u n J.: Působení těžší mechanizační techniky na deformaci hrůbků ve svazích

M a l e ř J.: Dávkování obilní hmoty dávkovacími stoly

Š t e f f l Z., D o l e ž a l O.: Hodnocení mikroklimatu snáškové haly pro 10 000 nosnic s klecovým odchovem umístěné ve čtyřpodlažní budově

A b r h a m Z., L i s M.: Organizace údržbářských středisek zemědělských podniků

PROBLEMATIKA VÝMĚNY TEPLA V DESKOVÝCH ODPARKÁCH

P. Hoffman

Výzkumný ústav potravinářské a chladicí techniky, Praha

HOFFMAN P. *Problematika výměny tepla v deskových odparkách*. Zem. technika 20 (2) : 79-86, 1974.

Je zkoumán přestup tepla při varu ve svislém mezideskovém kanálu z hlediska vlivu teploty a množství vstupující zahušťované kapaliny, měrného tepelného toku, mezery mezi deskami, výstupní rychlosti brýdové páry, povrchového napětí a koncentrace. Experimenty probíhaly s destilovanou vodou, cukernými roztoky, mladinou, suspenzí pentaerythritu a vodnými roztoky saponátů. Výsledky všech měření jsou zobecněny kritériálními vztahy.

přestup tepla; var; desková odparka

Výzkum výměny tepla při varu v plochých mezideskových kanálech lze rozdělit podle druhu proudění na dva základní případy: var ve stoupajícím a v klesajícím proudě kapaliny. V současné době končí ve VÚPCHT Praha první etapa výzkumu — experimenty s varem kapalin ve stoupajícím proudě.

Práce byly zaměřeny na určení vlivu velikosti a teploty nástřiku, měrného tepelného toku, mezery mezi deskami, tlaku resp. teploty varu, rychlosti brýd a fyzikálních vlastností kapaliny na velikost součinitele přestupu tepla popř. na proces varu. Souběžně s experimenty byl průběh varu zviditelňován v mezideskovém kanálu.

MATERIÁL A METODY

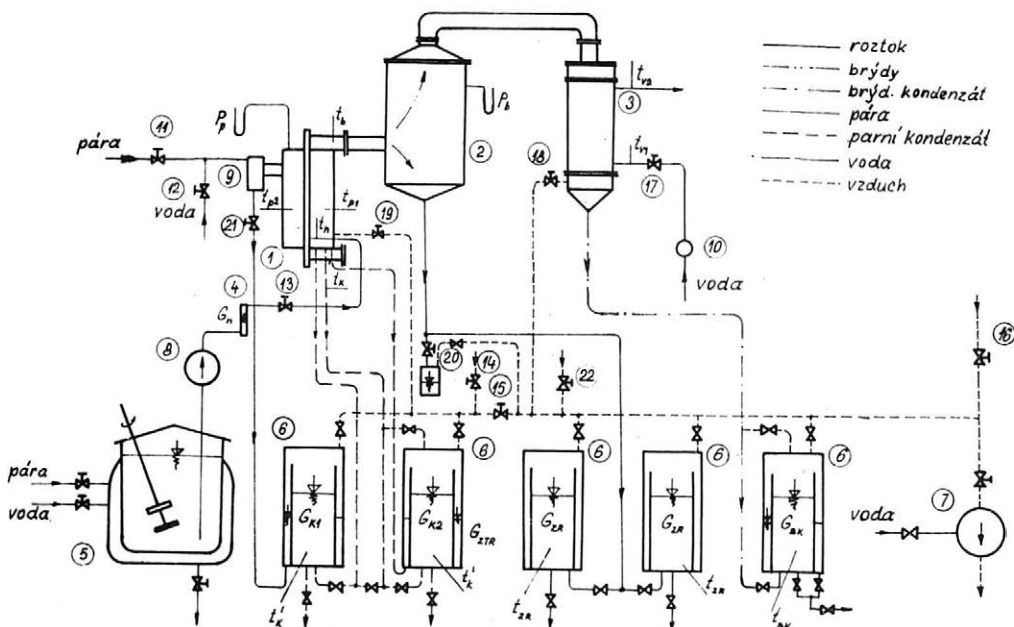
Schéma zkušebního zařízení je uvedeno na obr. 1.

Délka mezideskového kanálu $L = 1000$ mm, jeho šířka $b = 210$ mm a vzdálenost mezideskového kanálu $s = 2 - 16$ mm, tzn. $d_e = 4 - 32$ mm.

Teploty byly měřeny Cu-Co termočlánky, termoelektrické napětí digitálním voltmetrem Solartron. Při zviditelňování byla přední část tělesa odparky nahrazena plexi-deskou, takže kanál byl vytápěn pouze z jedné strany. Podrobný popis zařízení i s měřicí metodikou uvádí Hoffman (1972).

Experimenty probíhaly s destilovanou vodou, cukernými roztoky o průměrných koncentracích $\xi_0 = 25$ až 65 %, sušenou mladinou o $\xi_0 = 17$ až 61 %, suspenzí pentaerythritu a vodnými roztoky saponátů. Teploty varu byly 45 až 80 °C, měrný tepelný tok $q = 0,72$ až 93 kW m⁻² a dynamická viskozita $\mu_0 = 0,38$ až 145 cP a $Pr = 2,37$ až 842 .

V následující části jsou ve stručnosti uvedeny některé výsledky experimentů.



1. Schéma zařízení

- 1 laboratorní desková odparka nerezová
- 2 odlučovač brýd nerezový
- 3 trubkový nerezový kondenzátor
- 4 plovákový průtokoměr
- 5 duplikátorová nádoba 200 l nerezová
- 6 cejchované měřicí nádoby, nerezové, dvouplášťové 100 l
- 7 vodokružná vývěva Sigma 558—Fe
- 8 zubové bronzové čerpadlo Sigma ZUN 4 CBR s variátorem
- 9 odlučovač vlhkosti z páry
- 10 vodoměr Prema Js 40 20 m³ h⁻¹
- 11 parní regulační ventil
- 12 ventil přívodu zvlhčovací vody
- 13 ventil nastavení velikosti nástřiku
- 14 ventil jemného nastavení vakua v parní části
- 15 ventil hrubého nastavení vakua v parní části
- 16 ventil hrubého nastavení vakua v odparce
- 17 ventil nastavení množství chladicí vody
- 18 ventil odvodu nezkondenzovatelných plynů se strany brýd
- 19 ventil odvodu nezkondenzovatelných plynů se strany topné páry
- 20 zařízení na odběr vzorků zahuštěného roztoku
- 21 odvod odloučené vlhkosti z topné páry
- 22 ventil jemného nastavení vakua v odparce

VÝSLEDKY

ZÁVISLOST α NA NÁSTŘIKU

V případě destilované vody se nástřik pohyboval v rozsahu $G_{n1} = 43$ až $316 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}$, čemuž odpovídalo zahuštění (během jednoho průchodu) $z = 1,04$ až $14,30 \times$ a rychlost kapaliny $w_k = 0,002$ až $0,088 \text{ m s}^{-1}$. Pokud nebyla překročena minimální hodnota omočení topné plochy $0,005$ až $0,008 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, nebyl vliv nástřiku i při $z = 4$ až 6 pozorován. Pro filmové trubkové odparky udávají Unterberg a Edwards (1965) hodnotu omočení $0,0079 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ a Bressler (1958) $0,0122 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. U cukerných roztoků

rostlo α mírně s nástřikem, což je však způsobeno nižší konečnou koncentrací roztoku. Teplota nástřiku se měnila od přehřátí $+16^\circ\text{C}$ po podchlazení -30°C bez podstatného vlivu na α , změnil se pouze průběh teploty stěny v nejspodnější části kanálu.

VLIV MĚRNÉHO TEPELNÉHO TOKU

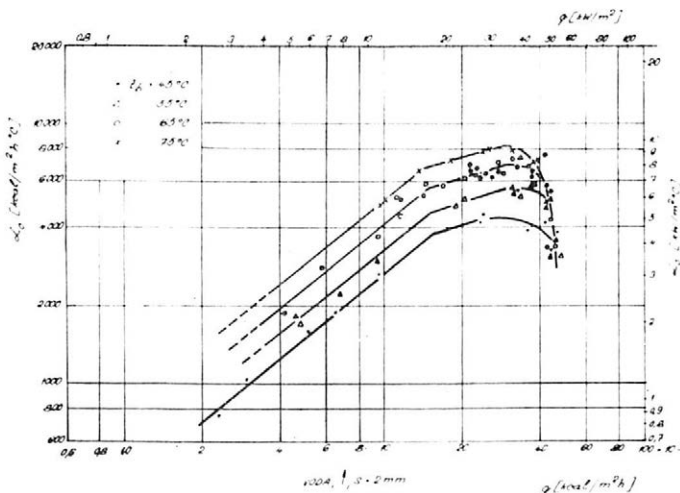
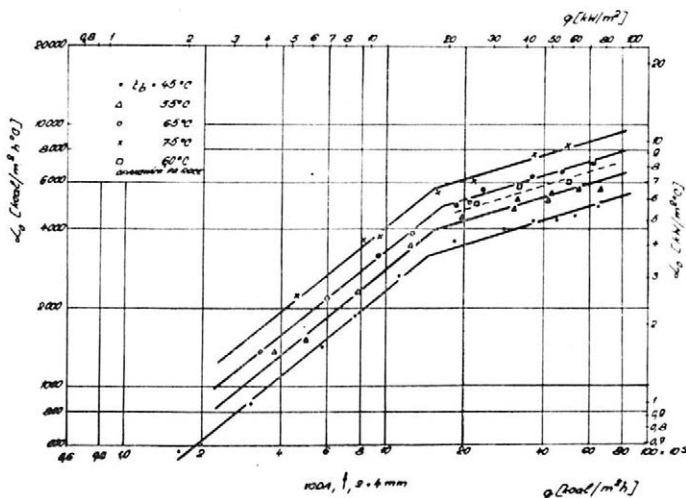
Závislost $\alpha - q$ lze rozdělit do tří oblastí:

Pro nízké tepelné toky je v případě velikosti mezery mezi deskami $s = 2$ až 6 mm a měrný tepelný tok $q < 17 \text{ kW m}^{-2}$ součinitel přestupu tepla $\alpha \sim q^{0,80}$ (obr. 2); v případě $s = 8-16 \text{ mm}$, $q < 30 \text{ kW m}^{-2}$ je $\sim 0,65$. V této oblasti se s rostoucím q rozšiřuje zóna varu, přičemž se vytvářejí izolované a sloučené bubliny.

Při vyšších tepelných tocích se dostáváme do druhé oblasti, ve které je již plně rozvinutý var a v horní části kanálu se začíná tvořit šplhající film. Hodnota exponentu se snižuje a je $\alpha \sim q^{0,33}$, $q > 17-30 \text{ kW m}^{-2}$.

Třetí oblast byla pozorována pouze při mezeře $s = 2 \text{ mm}$ a $q > 35 \text{ kW m}^{-2}$ a je charakterizována prudkým poklesem α s rostoucím q (krize varu druhého druhu) — (obr.3). Obdobný charakter závislosti pozorovali Ishibashi a Nishikawa (1969). Při vysokých tocích a malé mezeře má odcházející brýdová pára značnou rychlost, takže začíná

2. Závislost součinitele přestupu tepla na měrném tepelném toku při varu destilované vody a mezeře $s = 4 \text{ mm}$



3. Závislost součinitele přestupu tepla na měrném tepelném toku při varu destilované vody a mezeře $s = 2 \text{ mm}$

strhávat kapalinu se stěny, na níž se objevují suchá místa. Projevilo se to značným kolísáním povrchové teploty, která se v některých okamžicích blížila teplotě topné páry.

Vyšší hodnota exponentu v případě menších mezer je způsobena rychlejším rozvíjením varu v kanálu, více se projevuje turbulizující účinek parních bublin, i to, že druhá oblast, tzn. plně rozvinutý var, nastupuje při menších mezerách za nižších tepelných toků.

ZÁVISLOST α NA MEZEŘE MEZI DESKAMI

Tato závislost byla zkoumána pro destilovanou vodu a pro cukerné roztoky. V oblasti plně nerozvinutého varu, tzn. pro nižší tepelné toky roste α se zmenšující se mezerou. Tento vztah lze vyjádřit pro mezery $s = 2$ až 12 mm — $\alpha \sim s^{-0,13}$, pro mezery $s > 12$ až 16 mm již α nezávisí na mezeře s .

Při vyšších tepelných tocích $q > 20$ až 40 kW m⁻² není závislost α na mezeře prokazatelná, tzn. že v oblasti sloučených bublin a šplhajícího filmu se neprojevuje zvýšený turbulizující účinek páry v těsnějším prostoru; vlastní turbulence v této oblasti je pravděpodobně již dost vysoká, takže zvýšená rychlost páry, odpovídající zmenšení mezery, nemá vliv na přestup tepla. Tyto výsledky odpovídají údajům Oktábce a Hoffmana (1973).

Pokud se však α nevztahuje na teplotu varu uvnitř kanálu, ale na teplotu odcházejících brýd (což je případ v praxi se vyskytující, neboť teplota brýd odpovídá teplotě topné páry v následujícím stupni odparky, takže vysoké tlakové ztráty při proudění v mezideskovém kanálu nejsou žádoucí), je závislost α_b — s poněkud odlišná. Kanály o malých mezerách mají značné tlakové ztráty, tzn. zhoršuje se α_b . Jestliže se vezme v úvahu, že odparky v potravinářském průmyslu pracují s měrným tepelným tokem $q = 20$ až 50 kW m⁻² a s teplotou varu $t_o = 45$ až 75 °C, pak je pro tento případ

$$s_{opt} = 4 - 6 \text{ mm}$$

To platí pro délku kanálu $L = 1000$ mm. V našich dřívějších pracích (Oktábec a kol. 1968) jsme pro odstředěné mléko a $L = 2000$ (obrat proudu) odvodili

$$s_{opt} = 8 \text{ mm}$$

tzn.

$$\frac{L}{d_{opt}} = 83,3 - 125,0$$

pro uvedený rozsah q a t_o .

VLIV RYCHLOSTI BRÝD

Vliv rychlosti brýd je obdobný jako závislost α na mezeře, neboť $w_b'' \sim l s^{-1}$. Rozsah výstupních rychlostí brýdových par byl při experimentech $w_b'' = 1,0 - 360$ m s⁻¹. Ke krizi varu druhého druhu docházelo při

$$w_b''_{krit} = 70 - 300 \text{ m s}^{-1}$$

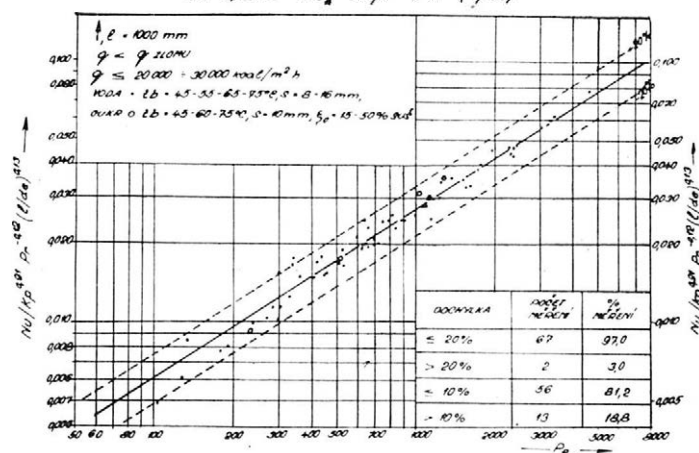
Vyšší hodnoty odpovídaly nižší teplotě varu. Této kritické výstupní rychlosti brýd odpovídá kritická hmotová rychlost

$$(w_b'' \cdot \rho'')_{krit} = 17 - 21 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

VLIV POVRCHOVÉHO NAPĚTÍ

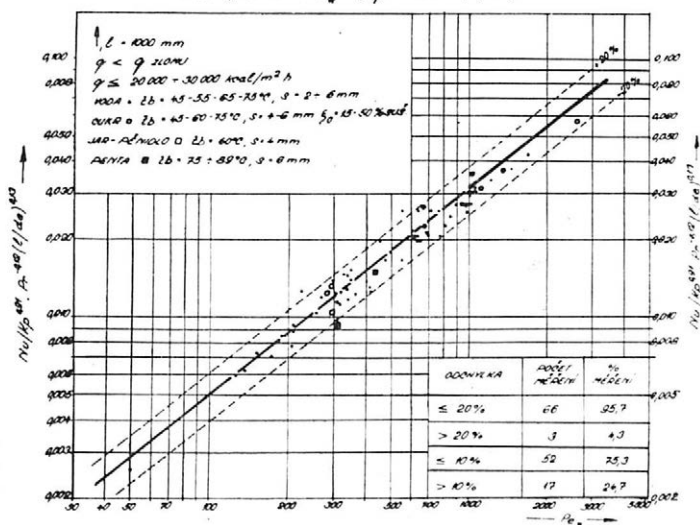
Tento vliv byl zkoumán pouze orientačně. Přidáním pěnidla do vody (1% vodný roztok Jaru) se snížilo povrchové napětí zhruba na polovinu. Při mezeře $s = 10$ mm se zvýšil součinitel přestupu tepla α třikrát až čtyřikrát proti vodě, což odpovídá údajům Kirschbauma (1954), které naměřil na trubkové filmové odparce. Při $s = 4$ mm za

$$Nu = 3,03 \cdot 10^{-4} P_{\text{Re}}^{0,65} K_p^{0,91} P_r^{0,42} (q/ds)^{0,13}$$



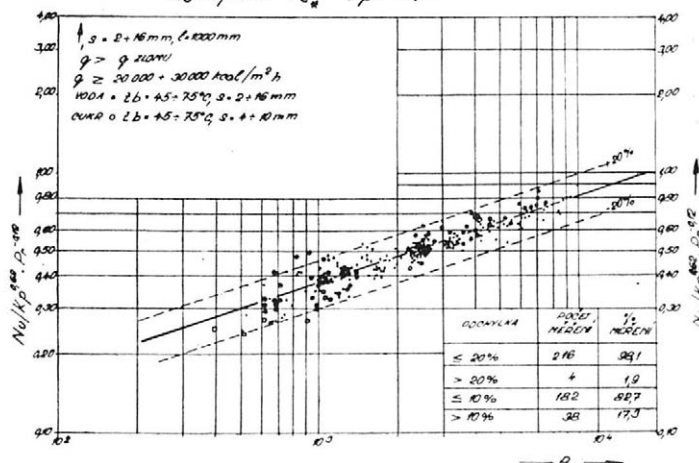
4. Kriteriační vztah pro oblast plně nerozvinutého varu a mezery $s = 8 - 16 \text{ mm}$

$$Nu = 1,25 \cdot 10^{-4} P_{\text{Re}}^{0,60} K_p^{0,91} P_r^{0,42} (q/ds)^{0,13}$$



5. Kriteriační vztah pro oblast plně nerozvinutého varu a mezery $s = 2 - 6 \text{ mm}$

$$Nu = 0,0379 P_{\text{Re}}^{0,33} K_p^{0,68} P_r^{0,18}$$



6. Kriteriační vztah pro oblast plně rozvinutého varu a mezery $s = 2 - 16 \text{ mm}$

týchž podmínek se však α zvýšilo pouze pro $q < 10$ až 15 kW m^{-2} , a to jen $1,4\times$, kdežto pro vyšší tepelné toky byly hodnoty α zhruba stejné jako pro vodu.

Prudký vzrůst α s poklesem σ je provázen značným pěněním. Při malých mezerách a vyšších tepelných tocích se však nemůže pěna vytvářet v takové míře jako u větších mezer či trubek. Tento závěr potvrdilo i zviditelňování.

Velice zajímavým poznatkem dále je to, že téměř všechna kapalina proudí v kanálu ve formě pěny a na stěnách se netvoří šplhající film kapaliny, resp. mezní vrstvička je tak slabá, že je okem skoro nepostizitelná. Pěna proudí vzhůru rychlostí blízkou rychlosti brýd. Toto, spolu se snazší tvorbou parních bublinek, má za následek prudké zvýšení α .

ZÁVĚR

Výsledky všech měření byly korelovány pro uvedené oblasti varu následujícími kritériálními vztahy (obr. 4–6).

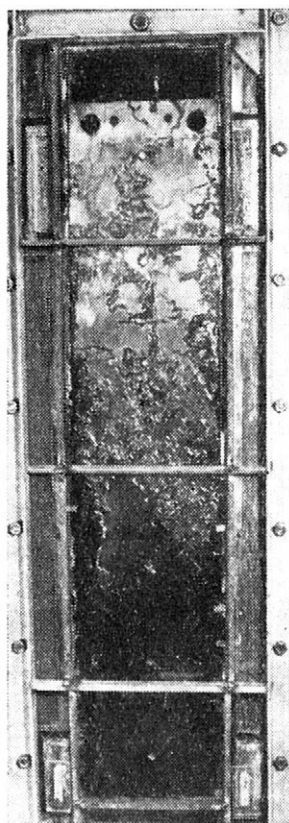
$$Nu = 1,25 \cdot 10^{-4} \quad Pe^{*0,80} \quad K_p^{0,91} \quad Pr^{-0,12} \quad (L/d_e)^{0,13}$$

$$s = 2-6 \text{ mm} \quad q < 17-20 \text{ kW m}^{-2}$$

počátek
tvorby filmu

tvorba sloučených bublin

přehřívání
kapaliny



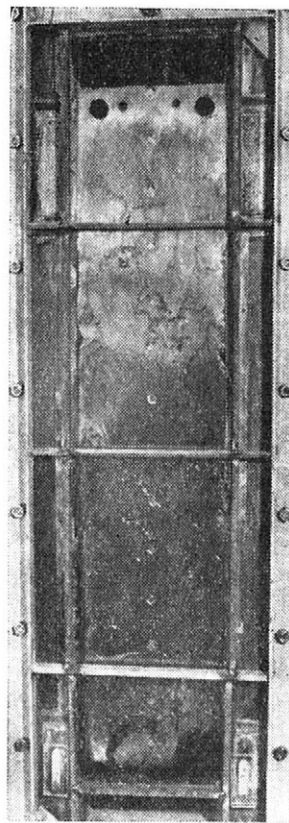
odvod brýd a
zahuštění roztoku

nástřikové otvory

šplhající film

počátek
tvorby filmu

tvorba
sloučených bublin



7. Zviditelňování — plně nerozvinutý var (voda, $s' = 5 \text{ mm}$, $t_o = 65^\circ\text{C}$, $t_p = 70^\circ\text{C}$, $t_n = 65^\circ\text{C}$, $G_n = 79 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}$, $q = 6,4 \text{ kW m}^{-2}$, $\alpha = 2200 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$, $w''_b = 3,4 \text{ m s}^{-1}$)

8. Zviditelňování — plně rozvinutý var (voda, $s' = 2 \text{ mm}$, $t_o = 45^\circ\text{C}$, $t_p = 60^\circ\text{C}$, $t_n = 50^\circ\text{C}$, $G_n = 130 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}$, $q = 30 \text{ kW m}^{-2}$, $\alpha = 4200 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$, $w''_b = 96 \text{ m s}^{-1}$)

$$Nu = 3,03 \cdot 10^{-4} Pe^{*0,65} K_p^{0,91} Pr^{-0,12} (L/d_e)^{0,13}$$

$$s = 8-16 \text{ mm} \quad q < 30 \text{ kW m}^{-2}$$

$$Nu = 0,00379 Pe^{*0,33} K_p^{0,62} Pr^{-0,12}$$

$$s = 2-16 \text{ mm} \quad q > 20-30 \text{ kW m}^{-2}$$

Na obr. 7 a 8 jsou uvedeny typické případy dvoufázového proudění při varu destilované vody (obarvené červeným potravinářským barvivem) ve svislém mezideskovém kanálu. Kapalina proudí zdola nahoru.

Seznam použitých symbolů

$$K_p = \frac{p\delta}{\sigma} \text{ kritérium tlaku} \quad \delta = \sqrt{\frac{\sigma}{g(q' - q'')}} \text{ charakteristický rozměr}$$

$$Pe^* = \frac{q}{r_{j''} a} \text{ Pecletovo kritérium}$$

$$Pr = \frac{\nu}{a} \text{ Prandtlovo kritérium}$$

$$Nu = \frac{a\delta}{\lambda} \text{ Nusseltovo kritérium}$$

a — teplotní vodivost

d_e — ekvivalentní průměr

g — tíhové zrychlení

p — tlak

q — měrný tepelný tok

r — měrné skupenské teplo

s — mezera mezi deskami

t_o — teplota varu

t_b — teplota bryd

t_p — teplota páry

t_n — teplota nástřiku

w — rychlost

z — zahuštění

G_n — nástřik kapaliny

L — délka mezideskového kanálu

α — součinitel přestupu tepla

ξ — sušina

λ — tepelná vodivost

ρ — měrná hmotnost

μ — dynamická viskozita

ν — kinematická viskozita

σ — povrchové napětí

γ — měrná tíha

Literatura

- BRESSLER, 1958, Versuche über die Verdampfung von dünnen Flüssigkeitsfilmen. VDI-Zeitschrift : 15.
- HOFFMAN, 1972, Výroční zpráva VSCHP Praha č. 72-1006.
- ISHIBASHI, NISHIKAWA, 1969, Saturated boiling heat transfer in narrow space. Int. J. Heat Mass Transfer : 12 : 863.
- KIRSCHBAUM, 1954, Der Wärmeübergang in senkrechten Verdampferrohr. Chem. Ing. Techn. 26, 1.
- OKTÁBEC, HOFFMAN, 1973, Experimentální výzkum výměny tepla ve svislých mezideskových odpařovacích kanálech. Potravn. a chlad. technika 4, 2 : 46-49.

OKTÁBEC, JEČMEN, HOFFMAN, 1968, Závěrečná zpráva VSCHP Praha, č. 28-1530.

UNTERBERG, EDWARDS, 1965, Evaporation from falling saline water films in laminar transitional flow. AICHE J. Vol. 11, 6 : 1073.

Došlo dne 14. 11. 1973

ГОФФМАН П. (Научно-исследовательский институт пищевой промышленности и холодильной техники, Прага, Чехословакия). Проблематика теплообмена в пластинчатых испарителях. *Zem. technika* 20 (2) : 78-85, 1974.

Изучался переход тепла во время кипения в вертикальном канале между пластинками с точки зрения влияния температуры и количества входящей сгущенной жидкости, удельного теплового потока, промежутка между пластинками, выходящей скорости экстрапара, поверхностного напряжения и концентрации. Эксперименты проводились с дистиллированной водой, сахарными растворами, охмеленным суслом, суспензией пентаэритрита и водными растворами синтетических поверхностноактивных веществ. Результаты всех измерений обобщены критериальными отношениями.

переход тепла; кипение; пластинчатый испаритель

HOFFMAN P. (Research Institute of Foodstuff and Refrigerating Technology, Praha, Czechoslovakia). *The Problems of Heat Exchange in Plate Evaporators*. *Zem. Technika* 20 (2) : 79-86, 1974.

Heat transmission under the conditions of boiling in a vertical inter-plate canal is studied from the viewpoint of the effect of temperature and the amount of the thickened fluid put in, specific heat flow, slot between plates, emission speed of waste vapour, surface tension, and concentration. Experiments were performed with distilled water, sugar solutions, brewer's wort, pentaerythrite suspension, and water solutions of surface acting agents. The results of all measurements are generalized on the basis of criterion relations.

heat transmission; boiling; plate evaporator

HOFFMAN P. (Forschungsinstitut für Lebensmittel- und Kühlungstechnik, Praha, Tschechoslowakei). *Problematik des Wärmeaustausches in Plattenverdampfern*. *Zem. technika* 20 (2) : 79-86, 1974.

Der Wärmeübergang beim Siedevorgang wird im senkrechten Zwischenplattenkanal vom Standpunkt des Einflusses der Temperatur und der Menge der eingehenden eingedickten Flüssigkeit, des spezifischen Wärmeflusses, Plattenabstandes, der Austrittsgeschwindigkeit von Brüdenkampf, Oberflächenspannung und Konzentration untersucht. Die Versuche verliefen mit destilliertem Wasser, Zuckerlösungen, gehopfter Würze, Pentaerythritsuspension und Wasserlösungen von waschaktiven Substanzen. Die Ergebnisse aller Messungen werden anhand Kriteriumbeziehungen verallgemeinert.

Wärmeübergang; Siedevorgang; Plattenverdampfer

Adresa autora:

Ing. Pavel Hoffman, Výzkumný ústav potravinářské a chladicí techniky, Ostrovského 34, 150 00 Praha 5

VÝZNAM DVOUSTUPŇOVÉHO ODSTŘEĐOVÁNÍ VÝKALŮ PRASAT

K. Bláha

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy

BLÁHA K. *Význam dvoustupňového odstřeďování výkalů prasat.* Zem. technika 20 (2) : 87-103, 1974.

Kromě techniky přímé aplikace surových výkalů prasat jsou ověřovány některé varianty biologického zpracování výkalů, vyžadující především snížit zatížení po stránce obsahu organických látek. Předpokladem k těmto procesům je separace těchto látek. Tuto operaci zajišťuje řada zařízení. Rychlooběžné odlučovače (dekantační odstřeďivky) vykazují poměrně nízký dělicí poměr, vztažený na organickou sušinu. Proto byly ověřovány možnosti odkalování fugátů z prvního stupně separace s využitím čs. odlučovače PO 420 V. K druhému stupni byla použita odkalovací odstřeďivka Alfa-Laval BRPX-207 S. Při úpravě fugátů byla použita řada přístupných chemických látek, byly sledovány dělicí poměry a hodnoty BSK₅. Odstřeďivka dosáhla optima dělicího poměru cca 80 % při dávkování 40% síranu hlinitého v 0,64 % obj. v kombinaci s 1% Akri-naxem 2 (metakrylát sodný) ředěným KOH v poměru 1 : 1. Tohoto parametru bylo dosaženo u fugátu ředěného z výchozího obsahu celkové sušiny 24,9 g l⁻¹ na 12,3 g l⁻¹. Koncentrace nižší s fugátovou sušinou 3 až 10 g l⁻¹ a s nižším dávkováním síranu hlinitého se ukázalo jako neúčinné. Různé koncentrace nátoků byly připravovány v pomocné nádrži o obsahu 0,75 m³, potřebný spád do stroje byl zajištěn výsuvnými podpěrami. Výškový rozdíl nádrže odstřeďivky byl 275 mm, průměrné průtočné množství fugátu bylo 13,3 ± 5,5 l min⁻¹, průměrná náplň nádrže byla 190 l, průměrná doba odstřeďování 13,7 min, doba zdržení po dávkování flokulanty 10,0 min. Sledovány byly závislosti mezi celkovou sušinou, nerozpustnou organickou sušinou, anorganickou sušinou a rozpustným a nerozpustným podílem sušiny. Byly stanoveny rozborů živin a dynamická viskozita fugátu. Odkalovací odstřeďivka dosáhla malé výkonnosti 0,8 m³ h⁻¹ nátoku, vyžadovala značnou spotřebu práce na údržbu. Navrhuje se poloproduktově ověřit sovětské odkalovací odstřeďivky horizontálního provedení, typ OGS. Odpadní vody přicházejí v úvahu pro závlahovou techniku nebo pro další stupně zpracování.

separace výkalů prasat; odkalovací odstřeďivka; dělicí poměr; flokulační prostředky

Pro požadované koncentrace výkrmových prasat se ověřuje řada technologických postupů řešících otázky manipulace s výkaly prasat. Kromě otázek vysloveně technického rázu je řešená problematika ovlivněna řadou požadavků na hygienické, vodohospodářské a jiné problémy, jež jsou obecně formulované pod pojmem životního prostředí. Příslušné kompetentní orgány konkretizují zatím svá kritéria k těmto otázkám, které, jak nasvědčuje vývoj této oblasti, budou nepochybně celosvětově koordinovány.

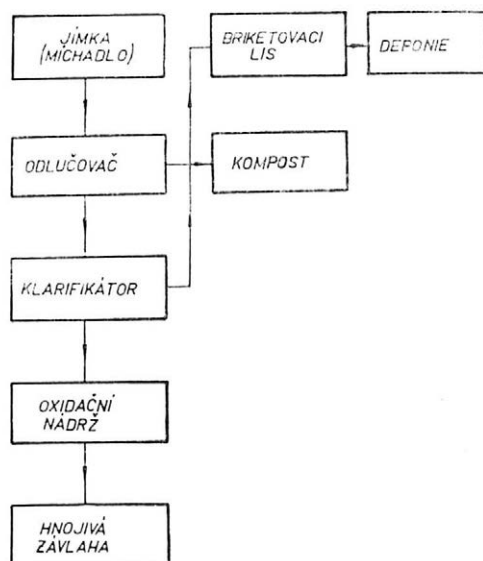
Provozně nejúspěšnějším technologickým řešením je nepochybně technika přímé aplikace výkalů v polních podmínkách. K těmto formám je k dispozici v zahraničí velký sortiment fekálních cisteren, orientovaných z převážné většiny na plošnou a tlakovou

distribuci materiálů. Ostatní vyšší stupně zpracování výkalů prasat jsou v zahraničí založeny na biologicko-fyzikálně-chemických principech (Traulsen 1971). Většina v minulosti vyvíjených zařízení byla založena na biologických formách zpracování odpadních vod (Symposium ASAE 1971). Výzkumy v oblasti výkalů však ukázaly, že samotný biologický způsob zpracování neumožňuje vyčištění odpadních vod do stadia vypustitelnosti do recipientů. Vývoj proto obecně směřuje ke kompletním technologickým linkám zajišťujícím návaznost celé řady operací, jejichž cílem je dosažení stupně čištění odpovídajícího celospolečenským požadavkům (Shattock 1972). Obvyklé plošné rozmístění biologických čistíren se v zahraničních špičkových zařízeních nahrazuje vertikálním uspořádáním, speciálně u filtračních a oxidačních věží tak, aby obestavěný prostor byl co nejmenší. Přitom dochází i k volbě nových funkčních prvků nahrazujících dožijící principy. Užívané konstrukce aeračních turbin či oxidačních válců se nahrazují biologickými filtry, jejichž náplní jsou voštinové filtry ze syntetických hmot. Stabilizace organických látek vyžaduje pochopitelně opakovaný cirkulační způsob.

V našich výzkumných podmínkách se zatím ověřuje řada technologických systémů. Jde většinou o aerační techniku klasického provedení nebo v podroštových prostorách (Joza, Mejkal 1972). Určitou variantou je způsob termického zpracování surových výkalů, tzv. mokré kompostování, sériově vyráběné firmou Alfa-Laval, založené na termickém zahřívání surových materiálů s aktivním přívodem vzduchu na teploty zajišťující dehydrataci organických nerozpustných látek. Předmětem našich výzkumů jsou také systémy anaerobního zpracování, rozšířené u nás na řadě čistírenských provozů. Citované směry vyžadují (až na malé výjimky, pracují-li na biologickém principu) separaci nerozpustného organického podílu výkalů. Separace je podmínkou pro snížení zatížení těchto vod, pro zvýšení účinnosti čištění a pro zkrácení délky doby zdržení v nádržích. Je to tedy především aspekt ekonomický, snížení provozních nákladů, jež je podstatou separace.

K separaci těchto látek slouží celá řada zařízení pracujících opět na principech fyzikálně-chemických. Pro oddělení koncentrovaných suspenzí se středně a hrubě dispersní pevnou fází slouží v současném vývojovém stupni hlavní reprezentanti: dekantální odstředivky, tlakové a vakuové filtry, spádová scezovací síta a mechanické šnekové separátory. Ve výzkumu existuje nepochybně i řada jiných systémů, s kterými se sice experimentuje, nejsou však běžně k dispozici (Traulsen 1971). Čs. rychloběžný odlučovač (dekantální odstředivka) PO 420 V z Blanických strojren, Vlašim, byl ověřen laboratorně výzkumně (Bláha, Groda 1972) i oficiálně SZZLS. Prokázal průměrný dělicí poměr vztažený na organické nerozpustné látky $52,1 \pm 8,1 \%$ při celkové sušině nátoků $4,2 - 7,6 \%$ ($81,7 - 82,2 \%$ org. látek); průměrná hodnota BSK₅ fugátů byla $1720 \pm 471 \text{ mgO}_2\text{l}^{-1}$, úbytek BSK₅ ve fugátech proti nátokům byl $70,18 \pm 25,7 \%$. Tyto hodnoty neumožňují vypustitelnost do vodních toků, dávají však předpoklad pro zvládnutí biologických forem zpracování výkalů. V potravinářském a chemickém průmyslu se užívají pro purifikaci a klarifikaci zpracovaných materiálů odkalovací odstředivky pro odkalování vysoko dispersních suspenzí malé koncentrace (Škoropád 1972). Jde o sovětské odstředivky řady OGŠ. V městských čistírnách byly ověřovány odkalovací odstředivky typu BRPX fa. Alfa-Laval (Aronsson 1968).

Celkový stupeň dvojitého čištění byl 91% , autor používal polyelektrolytů s dávkováním $0 \text{ až } 15 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ sušiny, celková sušina nátoků byla 6% . Dvoustupňový systém odstřeďování městských odpadních vod byl ověřován také ve Švýcarsku (Wylemann, Graf). Je to především nízký dělicí poměr dekantálních odstředivek, který vedl uvedené pracovníky k ověření dalšího stupně založeného na stejném principu zpracování. Pokusy s opakovanou centrifugací fugátů dekanterem s předúpravou flokulačními prostředky anorganickými sloučeninami byly negativní (Bláha 1973). Z toho důvodu byla vytvořena hypotéza o oddělení všech organických látek použitím druhého stupně odstřeďování, s vy-

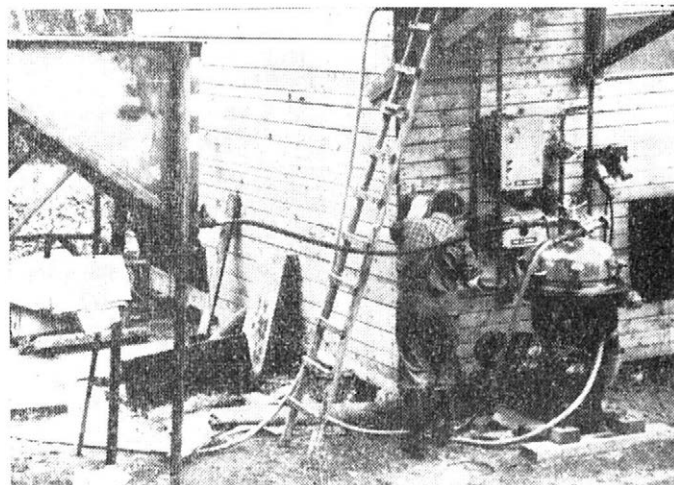


1. Perspektivní technologie dvoustupňového zpracování výkalů

užitím odkalovací odstředivky a s aplikací dostupných chemických látek, od nichž není možné očekávat reziduální vlivy v půdě. Za těchto předpokladů by bylo možné očekávat efektivní odkalování suspenzí fáze, jež je provozně náročná a řešená speciálními zařízeními pracujícími na principech elektroflotace. Návrh technologické linky pro zpracování výkalů prasat na tomto principu je patrný z obr. 1.

METODIKA

Pro ověření této hypotézy byla v našich podmínkách zvolena forma laboratorního ověření. K těmto účelům byl použit čs. rychloběžný odlučovač PO 420 V, vertikální talířová odstředivka BRPX 207 S, Alfa-Laval, zapůjčená Mechanikou Praha. Obě zařízení byla zkompletována na velkovýkrmně Smiřice, kde dekanter provozně zajišťuje separaci jisté produkce výkalů. K provizornímu přístřešku dekanteru byla instalována uvedená odstředivka, doplněná o pomocnou nádrž s obsahem jedné sekce 0,75 m³



2. Pohled na pracovní uspořádání laboratorní linky

a opatřená mechanickými výsuvnými podpěrami zajišťujícími spád fugátů do odstředivky. Výškový rozdíl nádrže a vtokového hrdla stroje byl 275 mm, byl překonáván čerpáním fugátů z kanalizačního systému. Regulace vypouštění byla umožněna 1 1/2 ventilem a gumovou hadicí na armaturu odstředivky. Průměrné dosažené průtočné množství bylo $13,3 \pm 5,6 \text{ l min}^{-1}$, průměrná náplň nádrže byla 190 l, průměrná doba odstředování byla 13,7 min (obr. 2, 3).

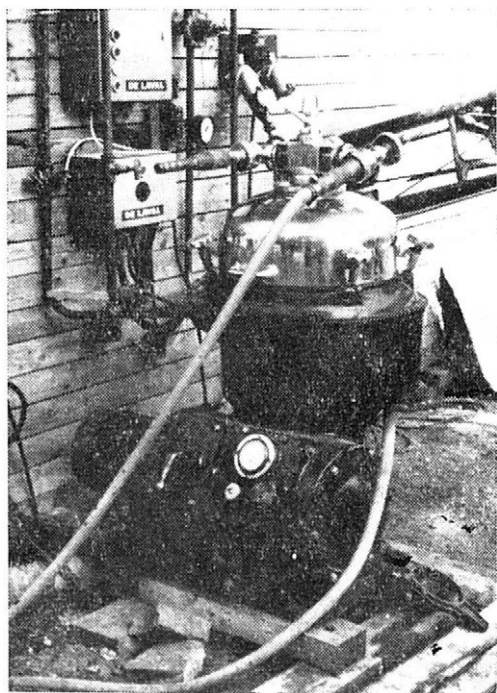
Laboratorní zkoušky vyžadovaly i použití chemických látek ověřených v předcházejících koagulačních testech. Z flokulantů byly připraveny a na pracoviště dopraveny:

- a) 20% chlórové vápno
- b) 20% technický kamenec
- c) 40% síran hlinitý
- d) 10% síran vápenatý
- e) 1% Akrixax 2 (metakrylát sodný ředěný KOH 1 : 1)

Roztok síranu vápenatého byl v druhé fázi zkoušek vzhledem k velké sedimentaci připravován přímo před vlastní zkouškou. V pomocné nádrži byly ředěním pitnou vodou získány podle cejchované stupnice požadované koncentrace fugátů, příslušný flokulant byl nadávkován, suspenze byla homogenizována a ponechána vždy 10 min v klidu. Vzorky byly odebírány z nádrže v druhé polovině odstředovacího procesu. Fyzikální hodnoty 1. série (zkouška 1–7a) stanovily Okresní vodovody a kanalizace Hradec Králové, středisko Třebechovice pod Orebem, chemické a fyzikální rozbory druhé série (zkouška 8–18) provedl ÚKZÚZ Praha, stanice Planá nad Lužnicí. Zkoušky byly omezeny počtem vzorků, pracoviště z technických důvodů nemohla zajistit plánovaný počet rozborů. Dynamická viskozita vzorků byla stanovena rotačním viskozimetrem RHEO-TEST 2.

Zjišťování ukazatelů:

- stanovení celkové sušiny nátoků, fugátů a sedimentů,
- stanovení organické sušiny nátoků, fugátů a sedimentů,
- stanovení základních živin N, P, K,



3. Detailní pohled na odkalovací odstředivku (klarifikátor) s ovládací aparaturou

- stanovení hodnoty BSK₅,
- stanovení anorganické sušiny nátoků, fugátů a sedimentů,
- stanovení výkonnosti odstředivky,
- stanovení dávek flokulačních prostředků,
- stanovení pracovních časů na údržbu stroje,
- zjištění závislosti mezi celkovou sušinou a nerozpustnou organickou sušinou u všech zpracovaných frakcí,
- zjištění závislosti mezi celkovou a anorganickou sušinou u všech zpracovaných frakcí,
- zjištění závislosti mezi rozpustným a nerozpustným podílem sušiny,
- stanovení hodnot dynamické viskozity fugátů.

VLASTNÍ PRÁCE

STANOVENÍ FYZIKÁLNĚ-VODOHOSPODÁŘSKÝCH UKAZATELŮ

V průběhu laboratorních zkoušek bylo stanoveno celkem 18 ověřovacích testů. Přehled o zkouškách je uveden v tab. I.

Z tabulky je patrné, že celková sušina nátoků se pohybovala od 24,9 do 3,0 g/l, organická sušina od 17,2 do 1,9 g/l. Zkoušky byly metodicky také orientovány i při uvedených omezeních na hypotézu, že nízká koncentrace nátoků bude příznivá pro flokulační procesy, a tím i pro separační výsledky.

Kritériem pro funkci odstředivky byl dělicí poměr φ vztažený na organickou sušinu. Udává zachycenou sušinu sedimentu v procentech ze vstupní sušiny. Vypočítán je ze vzorce:

$$\varphi = \frac{(S_a - S_c) \cdot S_b}{(S_b - S_c) \cdot S_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1)$$

Z tab. I je patrné, že nejlepšího dělicího poměru vztaženého na organickou sušinu bylo dosaženo se síranem hlinitým, který ve zkouškách 4, 4a, 14 a 15 vykazoval hodnotu 62,3 až 74,7 %. Maximální hodnoty bylo dosaženo ve fugátech s obsahem 12,3 g/l, celkové sušiny, s dávkováním 0,44 % obj. 40% roztoku. Minimálních hodnot bylo dosaženo s nátokem 8 až 14 g/l celkové sušiny, s dávkováním 0,22 až 0,15 % objemových. Nejvyššího dělicího poměru vůbec bylo dosaženo opět s dávkováním tohoto roztoku v kombinaci s Akrinaxem 2 při dávce 0,64 % obj. Al₂(SO₄)₃ a 0,003 % obj. Akrinaxu 2 79,1 %. Fugát po odstředění byl již poměrně vyčištěný, průhledný, se žlutým zákalom odpovídajícím barvě piva.

Ostatní flokulační prostředky nedosáhly této hodnoty, speciálně chlórové vápno nebo síran vápenatý, který měl podstatnou nevýhodu v tom, že i při 10% koncentraci silně sedimentoval a nebylo možné jej dávkovat ve stejné koncentraci, i když byl míchan a připravován bezprostředně před zkouškou.

Podobně technický kamenec nedosáhl úrovně síranu hlinitého. Akrinax 2 projevil své flokulační účinky v kombinaci se síranem hlinitým, samotný nedosáhl vysokého flokulačního účinku. Z výsledků zkoušek je patrné, že flokulační prostředky hrají v této technologii důležitou funkci a že je to otázka aplikace a volby těchto látek, aby mohl být dělicí poměr zvýšen nad dosaženou hranici.

Dělicí poměr u původního fugátu bez aplikace flokulantů byl 44,7 %, při nátokové sušině 24,9 g/l.

Jelikož byly stanoveny i ukazatele vodohospodářské — BSK₅ — bylo možné zhodnotit systém odstřeďování i po této stránce. Vzhledem k tomu, že tyto hodnoty nebyly zjištěny u všech vzorků, byla stanovena korelace mezi celkovou sušinou fugátových vod

I. Laboratorní testy odstředivky BRPX-207-S

Zkouška číslo	Technologická úprava	Nátok (g l ⁻¹)		Obsah organické sušiny – fugát (g l ⁻¹)	Obsah organické sušiny – sediment (g l ⁻¹)	Úbytek organické sušiny – fugát (%)
		celková sušina	organ. sušina			
1	Původní materiál	24,92	17,22	9,42	43,03	45,30
2	Zředěný materiál	13,29	8,56	5,57		34,93
	20 % chlorového vápna 0,22 % obj.	13,29	8,56	5,85	20,37	31,66
2a	Zředěný materiál					
	20 % chlorového vápna 0,31 % obj.		8,56	4,25	66,18	50,36
3	Zředěný materiál					
	20 % kamence 0,22 % obj.	20,47	14,05	7,50	65,67	46,62
3a	Zředěný materiál					
	20 % kamence 0,36 % obj.		14,05	6,57	87,52	53,24
4	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,44 % obj.	12,30	7,80	2,19	59,72	71,93
4a	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,64 % obj.		7,80	2,73	72,11	65,00
4b	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,64 % obj. AKRINAX 2 0,003 % obj.		7,80	1,75	88,02	77,57
5	Zředěný materiál					
	10 % síranu vápenatého 0,08 % obj.	12,28	7,95	3,45	77,28	56,61
5a	Zředěný materiál					
	10 % síranu vápenatého 0,39 % obj.		7,95	3,30	49,87	58,50
6a	Zředěný materiál					
	AKRINAX 2 0,01 % obj.	11,68	7,60	4,01	78,37	47,24
7a	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,19 % obj. AKRINAX 2 0,0025 % obj.	8,55	5,48	1,34		75,55
8	Zředěný materiál					
	bez flokulantů	6,00	1,90	1,30		31,58
9	Zředěný materiál					
	bez flokulantů	3,00	1,90	1,00	43,50	41,37
10	Zředěný materiál					
	10 % síranu vápenatého 0,07 % obj.		4,40	2,60	11,50	40,91
11	Zředěný materiál					
	10 % síranu vápenatého 0,07 % obj.	7,00	3,10	1,90	42,50	38,31
12	Zředěný materiál					
	10 % síranu vápenatého 0,07 % obj.	6,00	3,10	1,80	34,40	41,94
13	Původní materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,30 % obj.	19,00	11,10	5,40	28,50	51,36
14	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,22 % obj.	14,00	8,80	3,20	34,30	63,64
15	Zředěný materiál					
	40 % síranu hlinitého 0,15 % obj.	8,00	5,00	2,00	53,20	60,00
16	Původní materiál					
	10 % kamence 0,18 % obj.	11,00	6,40	4,50	47,00	29,70
17	Zředěný materiál					
	10 % kamence 0,18 % obj.	8,00	5,10	3,30	22,90	35,30
18	Zředěný materiál					
	10 % kamence 0,18 % obj.	10,00	6,60	2,20	61,30	66,70

Nátok BSK 5 (mg l ⁻¹)	Fugát BSK 5 (mg l ⁻¹)	Úbytek BSK 5 — fugát (%)	Index BSK 5 — fugát	Dělici poměry organické sušiny (%)	Sediment BSK 5 (mg l ⁻¹)	Zvýšení sedimentu BSK 5 (nátok — 100) (%)	Obsah anorganické sušiny — nátok (g l ⁻¹)	Obsah anorganické sušiny — fugát (g l ⁻¹)	Obsah anorganické sušiny — fugát (nátok — 100) (%)
22 193	13 226	40,41	100,00	44,68	54 423	245,22	7,69	6,11	79,40
11 087	7 468	32,65	56,45	48,07				3,92	82,97
	7 277	34,37	54,85	44,41	28 097	126,37	4,73	3,45	72,90
	5 462	50,74	41,17	53,80	86 538	389,93			
17 944	10 266	42,79	77,61	52,62	83 864	377,88	6,41	4,93	76,90
	9 922	44,71	74,79	57,55	81 974	369,36		5,50	85,80
10 142	4 316	57,45	32,63	74,66	75 079	338,30	4,49	4,05	90,20
	5 270	48,04	39,72	67,55	67 017	301,97		4,55	91,30
	4 717	53,50	35,55	79,13	82 451	371,51		4,91	99,40
10 122	4 622	54,34	34,84	59,24	96 947	436,83	4,33	3,07	70,90
	4 125	59,25	31,09	62,63	63 906	287,95		2,69	62,10
9 549	5 032	47,31	37,93	49,78	98 857	445,44	4,08	2,93	71,80
6 560	2 721	58,53	20,51				3,06	3,18	93,90
4 125	2 215	46,30	100,00						
1 260	305	75,79	13,80	48,50	53 783	4268,00			
	4 125		186,20	52,90	14 630				
5 080	5 080		229,30	40,50	53 780	1058,00			
4 125	4 125		186,20	44,20	46 144	1118,00			
16 540					35 639	215,40			
11 765	5 080	56,80	229,30	55,60	41 370	351,60			
6 035	3 170	47,50	143,10	62,30	65 243	1081,00			
8 900	6 319	29,00	285,20	32,80	58 558	657,90			
6 035	4 125	31,60	186,20	46,60	24 179	400,90			
7 943	5 080	36,10	229,30	38,10	70 018	381,20			

a hodnotou BSK_5 . Závislost lze vyjádřit matematicky následovně:

$$BSK_5 = -1604,1 + 954,96 SU \quad (2)$$

kde: $r = 0,741$,
 $p_{0,05} = 0,666$

Z rovnice vyplývá, že se vzestupem 1 g celkové sušiny stoupne hodnota BSK_5 o 955 mg O_2/l .

Tento vztah byl aplikován do všech laboratorních zkoušek, aby mohly být porovnány separační funkce z hledisek vodohospodářských. Je pochopitelné, že způsob vyčíslení hodnot BSK_5 u ostatních frakcí je čistě informativního charakteru.

Hodnota BSK_5 nátoků se pohybovala mezi 22 193 až 1260 mg O_2/l , hodnota fugátů mezi 13 200 až 305 mg O_2/l , úbytek BSK_5 u fugátů proti nátokům se pohyboval v rozmezí 32,6 až 75,8 %; index fugátů (nátok bez flokulantů a zkoušky č. 1 = 100) se pohyboval v rozmezí 56,1 až 20,5 v první sérii pokusů zk. č. 1–10, v druhé sérii pokusů zk. č. 10–18 vesměs hodnoty indexu přesahovaly srovnávací základnu u zkoušky č. 8. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí 100 až 229,3. Toto nepříznivé srovnání bylo způsobeno nízkou nátokovou hodnotou zk. č. 8, jinak dělicí poměry v sériích zkoušek nebyly sice nadprůměrné, ale signalizovaly hodnoty blízké se dobrému průměru odvislému z flokulačním účinku chemické látky.

Tabulka uvádí také hodnotu BSK_5 u sedimentů (kalové vody), index zvýšení BSK_5 sedimentů proti nátoku = 100 se pohyboval v rozmezí 245 až 1058.

V poslední kolonce tab. I. je procentuální obsah anorganické sušiny fugátů, jestliže nátok = 100; v sérii zkoušek 1–7a je patrné, že hodnoty vesměs se pohybují pod srovnávací hladinou, jinými slovy, procentuální obsah je vždy nižší ve fugátech než v nátoku.

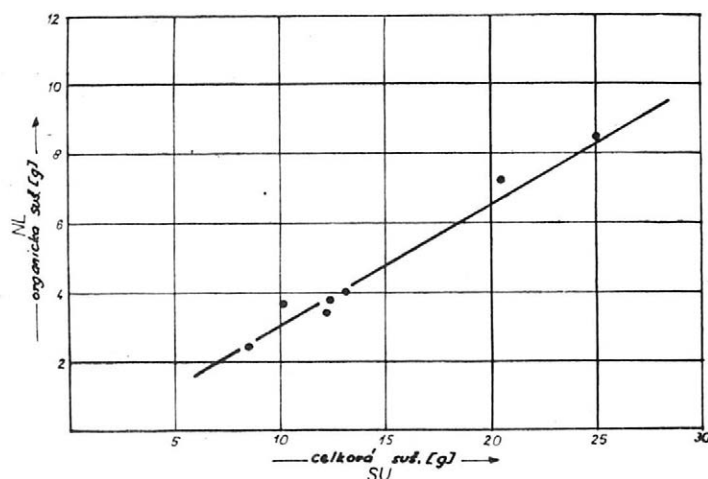
VZTAHY MEZI CELKOVOU SUŠINOU A NEROZPUSTNOU ORGANICKOU SUŠINOU

Uvedené vztahy jsou důležité z hlediska technologického, přispívají k objasnění dělení zpracovávaných látek z hlediska fyzikálního. Kromě toho je tento vztah zajímavý i z hlediska výživářského (obr. 4).

Závislost je možno vyjádřit matematicky

$$NL = -0,733 + 0,369 SU \quad (3)$$

kde: $r = 0,985$ při $p_{0,01} = 0,874$



4. Závislost nerozpustného podílu organické sušiny na celkové sušině nátoků

Z rovnice vyplývá, že v nátocích stoupne s každým g celkové sušiny lineárně i obsah nerozpustných organických látek v sušině o 0,37 g. Ve fugátech je tento vztah následující

$$NL = -0,708 + 0,139 SU \quad (4)$$

kde: $r = 0,915$ při $p_{0,05} = 0,764$

Na jeden gram celkové sušiny připadlo pouze 0,14 g nerozpustné organické sušiny. Konečně v sedimentech je vztah následující

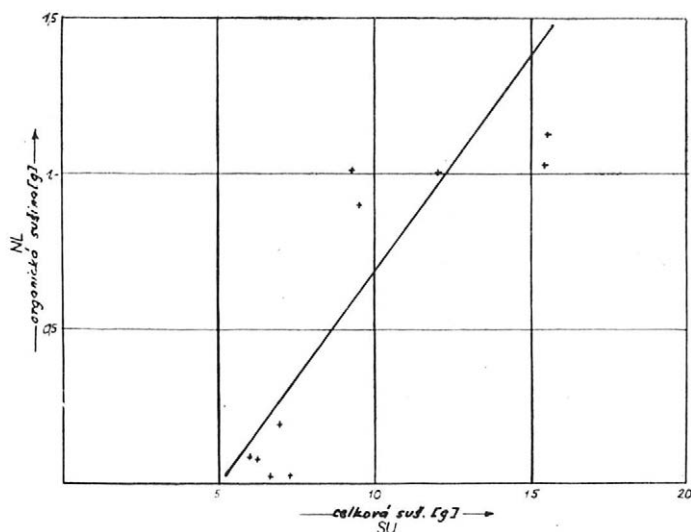
$$NL = -15,876 + 0,837 SU \quad (5)$$

kde: $r = 0,952$ při $p_{0,05} = 0,834$

Každý gram je zde doprovázen 0,84 g nerozpustné organické sušiny.

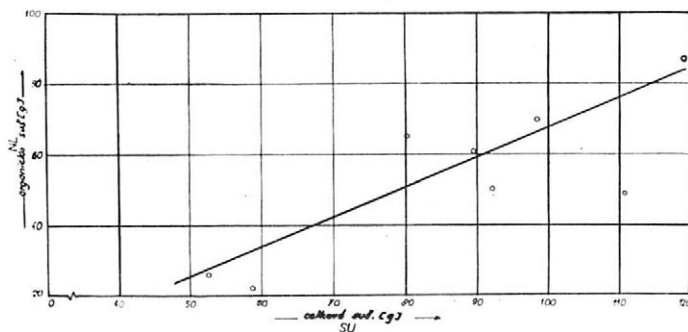
Porovnáme-li grafy, je viditelný pokles celkové sušiny fugátů proti sedimentům způsobený kromě jiného také pohybem nerozpustného podílu celkové sušiny. Srovnáme-li zastoupení nerozpustného organického podílu v jednotlivých frakcích, docházíme k závěru, že:

1. v nátocích byla celková sušina tvořena asi z 30 % nerozpustnou organickou částí,
2. fugáty měly toto zastoupení jenom asi ze 7 %,
3. sušina sedimentu byla zastoupena asi 67,8 % nerozpustného organického podílu.



5. Závislost nerozpustného podílu organické sušiny na celkové sušině fugátů

6. Závislost nerozpustného podílu organické sušiny na celkové sušině sedimentů



Zastoupení nerozpustného organického podílu v sedimentu se tedy zvětšilo proti výchozímu materiálu asi o 230 %, takže došlo asi k 63 % poklesu organického podílu ve fugátu oproti nátoku. Tento ukazatel je vlastně obdoba uvedeného parametru dělicího poměru φ . Závislosti jsou graficky zachyceny na obr. 4, 5 a 6.

VZTAHY MEZI CELKOVOU A ANORGANICKOU SUŠINOU

Anorganická sušina je tvořena z převážné míry ze solí; pro sledování jejího pohybu byly zjišťovány také závislosti anorganické sušiny k celkové sušině u tří frakcí. Závislost u nátoků lze vyjádřit rovnicí

$$AS = 0,974 + 0,270 SU \quad (6)$$

kde: $r = 0,996$ při $p_{0,05} = 0,874$

Podobně lineární je průběh ve fugátech

$$AS = 1,044 + 0,329 SU \quad (7)$$

kde: $r = 0,866$ při $p_{0,01} = 0,764$

a konečně v sedimentech

$$AS = 2,202 + 0,243 SU \quad (8)$$

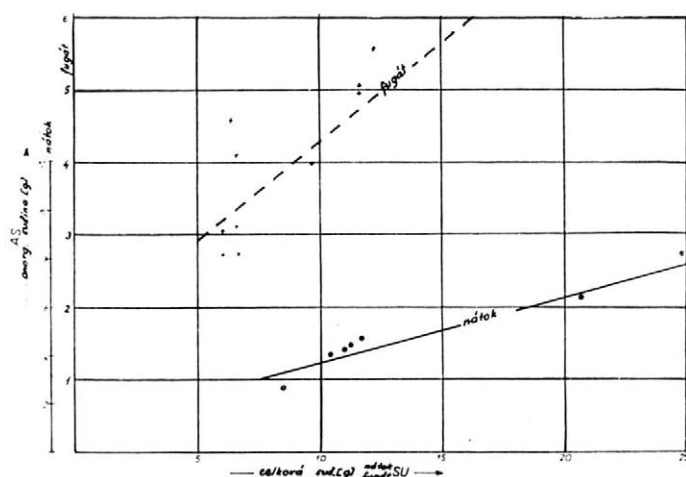
kde: $r = 0,922$ při $p_{0,01} = 0,834$

Závislosti jsou zobrazeny na obr. 7 a 8.

Z grafického zpracování je patrný vzestup celkové sušiny u sedimentů oproti fugátům. Vyhodnotíme-li z regresních rovnic procentické zastoupení anorganické sušiny v celkové sušině, docházíme k závěru:

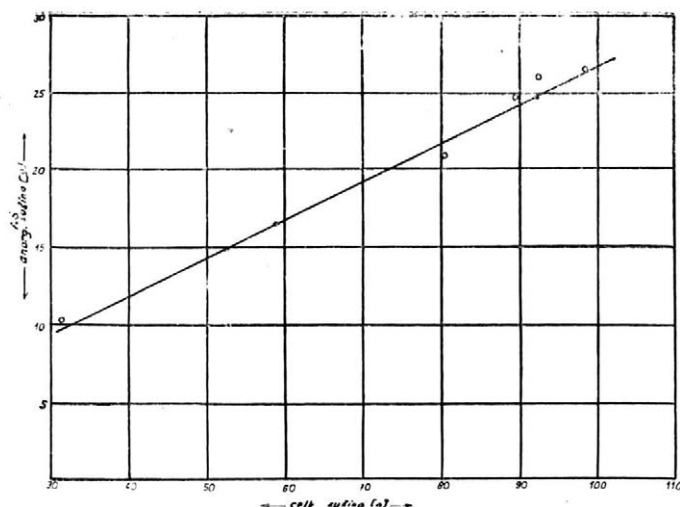
1. Anorganická sušina je v nátokách celkové sušiny zastoupena asi 36,7 %.
2. Ve fugátech toto zastoupení nepatrně stoupne na obsah asi 43,3 %.
3. V sedimentech dosahuje tato hodnota asi 29 %.

Anorganická sušina přechází tedy do obou frakcí po centrifugaci s tím, že je asi o 49 % váhově zastoupena více ve fugátech oproti nátokům. Z toho důvodu by bylo teoreticky možno očekávat větší obsah živin z anorganických solí ve fugátech.



7. Závislost anorganické sušiny nátoků a fugátů na celkové sušině

8. Závislost anorganické sušiny sedimentů na celkové sušině



VZTAHY MEZI ROZPUSTNÝM A NEROZPUSTNÝM PODÍLEM CELKOVÉ SUŠINY

Fyzikální rozbor zpracovávaných materiálů dělil celkovou sušinu na nerozpustnou a rozpustnou část. Této skutečnosti bylo využito ke sledování pohybu těchto složek vlivem centrifugace. Podobně i zde byla závislost vyhodnocena matematicky; vztah u nátoků je definovatelný

$$RL = 0,045 + 1,023 NL \quad (9)$$

kde: $r = 0,985$ při $p_{0,01} = 0,874$

Podobně lze vyjádřit vztah u fugátů

$$RL = 2,030 + 3,924 NL \quad (10)$$

kde: $r = 0,939$ při $p_{0,01} = 0,797$

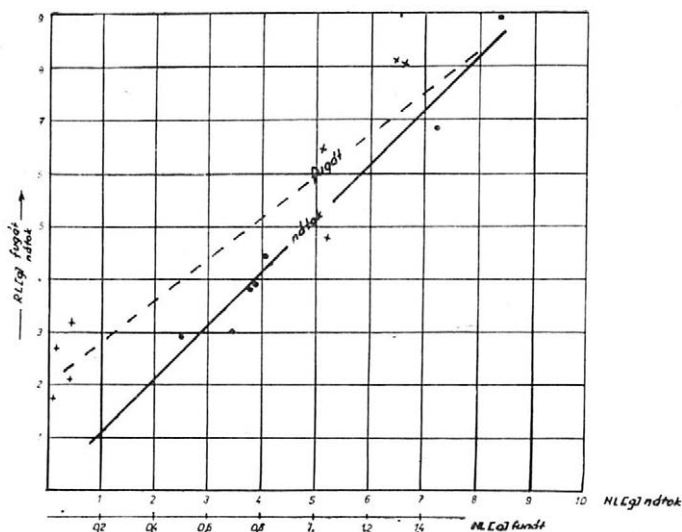
V sedimentech byl vztah definován

$$RL = 13,214 - 0,061 NL \quad (11)$$

u koeficientu lineární závislosti r nebylo dosaženo potřebného kritéria pravděpodobnosti pro velký rozptyl naměřených hodnot. Připustíme-li však, že rovnice 11 má svoji obecnou platnost (fyzikální vlastnosti sedimentů nedávají záruky menší variability), pak můžeme

II. Reologické vlastnosti fugátů

Zkouška čis.	Technologická úprava nátoků	Teplota °C	Dynamická viskozita cP
11	zředěný materiál 10% síran vápenatý 0,07 % obj.	10	3,99
		15	3,86
		20	3,79
12	zředěný materiál 40% síran hlinitý 0,15 % obj.	10	3,86
		15	3,70
		20	3,62



9. Závislost rozpustného podílu celkové sušiny na nerozpustném podílu v nátocích a fugátech

určité dedukce učinit také z vypočítaných konstant regresních rovnic; za předpokladu že veškeré nerozpustné látky jsou odstraněny, pak váhový podíl rozpustného podílu je: nátoky $0,045 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, fugáty $2,03 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, sediment $13,21 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Z těchto hodnot je patrný převážný přechod nerozpustných látek do sedimentu. Grafické zobrazení 9 zachycuje průběh, kdy s narůstajícím podílem nerozpustné sušiny klesá rozpustný podíl celkové sušiny.

Poměr $NL : RL$ u nátoků byl přibližně $1 : 1$, fugáty tento poměr zvětšily na $1 : 6$, zatímco sedimenty se přiblížily podstatě nátoků poměrem $1 : 1,3$.

REOLOGICKÉ VLASTNOSTI FUGÁTŮ

Vzhledem k omezeným možnostem odebrání většího množství vzorků byla stanovena dynamická viskozita pouze u dvou fugátů. Hodnoty jsou uvedeny v tab. II. Z ní je patrné, že rozdíly těchto hodnot nejsou velké, poněvadž ani hodnoty organické sušiny se příliš nelišily.

CHEMICKÉ VLASTNOSTI ZPRACOVANÝCH MATERIÁLŮ

Obsah živin v jednotlivých frakcích je zachycen v tab. III. Rozbor byl stanoven u materiálů s vysokým obsahem vody, informativní hodnoty ukázaly, že separaci dochází k rozdělení původního obsahu živin do obou frakcí; to se týká především čpavkového N a K. Pouze P přechází s organickou částí do sedimentu, kde zvyšuje podstatně svoje zastoupení.

DISKUSE

Laboratorní ověření odkalovací odstředivky ukázalo, že lze centrifugací oddělit další část nerozpustného podílu organické sušiny. Stanovený dělicí poměr nedosáhl hodnot zjištěných Aronssonem (1968) při zpracování fugátových vod kanalizačního charakteru. Tento rozdíl vyplývá ze dvou skutečností. Prvním faktem je, že nebylo použito polyelektrolytů majících patrně pro flokulaci koloidních látek příznivější účinky. V našich současných podmínkách nejsou tyto látky běžně vyráběny a jejich cena je pro

III. Chemické rozborů zpracovaných materiálů

Zkouška č.	Nátoky				Fugáty				Sedimenty			
	v původním vzorku				v původním vzorku				v původním vzorku			
	obsah vody %	čpavkový dusík %	kyselina fosforečná %	draslík %	obsah vody %	čpavkový dusík %	kyselina fosforečná %	draslík %	obsah vody %	čpavkový dusík %	kyselina fosforečná %	draslík %
8	99,4	0,07	0,03	0,03	99,6	0,06	0,02	0,03	—	—	—	—
9	99,7	0,07	0,02	0,01	99,8	0,05	0,01	0,03	94,2	0,33	0,56	0,02
10	96,9	0,12	0,03	0,05	99,4	0,10	0,03	0,05	98,3	0,16	0,06	0,05
11	99,3	0,09	0,03	0,05	99,3	0,08	0,03	0,04	94,2	0,30	0,38	0,05
12	99,4	0,09	0,02	0,04	99,4	0,08	0,03	0,04	95,0	0,25	0,33	0,04
13	98,1	0,26	0,08	0,09	98,3	0,22	0,02	0,17	96,1	0,25	0,06	0,09
14	98,6	0,17	0,09	0,03	99,3	0,13	0,04	0,04	95,5	0,28	0,35	0,05
15	99,2	0,10	0,05	0,02	99,5	0,06	0,02	0,04	93,0	0,31	0,43	0,08
16	98,9	0,24	0,07	0,13	98,1	0,22	0,02	0,16	93,7	0,41	0,58	0,09
17	99,2	0,11	0,06	0,02	99,4	0,10	0,05	0,03	97,3	0,20	0,27	0,03
18	99,0	0,12	0,06	0,06	99,2 99,4	0,10 0,09	0,03 0,02	0,06 0,06	92,5	0,31	0,41	0,08
Průměr	98,88 ± ± 0,75	0,13 ± ± 0,063	0,049 ± ± 0,024	0,043 ± ± 0,034	99,22 ± ± 0,47	0,11 ± ± 0,055	0,026 ± ± 0,028	0,063 ± ± 0,047	94,98 ± ± 1,96	0,28 ± ± 0,070	0,31 ± ± 0,19	0,058 ± ± 0,022

zemědělský provoz zatím neúnosná. Ověření těchto látek by však zasluhovalo podrobné odzkoušení nejen v řešeném technologickém pojetí, ale i ve speciálních zařízeních, např. koagulatorech. Druhou skutečností pro nižší dělicí poměr je možné spatřovat v rozdílných fyzikálních vlastnostech fugátových vod z výkalů prasat, především v oblasti granulometrické. Nepochybně ovlivní tento faktor i délka skladování a teplota výkalů způsobující biologické narušení těchto materiálů, a tím i separaci organického podílu. Laboratorní ověření by dále vyžadovalo použití fugátových vod z jiných provozů, jelikož z každé výkrmny se produkuje materiál jiného fyzikálního složení. Rovněž první stupeň separace by mohlo zajistit jiné zařízení, např. scezovací síto.

Je nutné pokračovat v chemických rozborech jednotlivých frakcí (vzhledem k agro-technickému poslání) a pokračovat v reologických měřeních a v hledání obecné korelace mezi celkovou sušinou a dynamickou viskozitou. Rovněž stanovení vodohospodářských ukazatelů bude nutné prohloubit.

ZÁVĚR

Laboratorní ověření odkalovací odstředivky Alfa-Laval typ BRPX-207 S prokázalo, že lze s použitím flokulačních prostředků dosáhnout oddělení kalu z vysokodispersní suspenze malé koncentrace. Dělicí poměr φ vztažený na nerozpustnou organickou část sušiny dosáhl v optimálním parametru hodnoty téměř 80 %. Tohoto ukazatele bylo dosaženo dávkováním tekutého 40% síranu hlinitého v dávce 0,64 % obj., v kombinaci s Akrixem 2 při dávce 0,003 % obj. Zpracovaný fugát z rychloběžného odlučovače byl ředěn z celkové sušiny 24,9 g . l⁻¹ na obsah 12,30 g . l⁻¹ s organickou sušinou 7,8 g . l⁻¹.

Nižší koncentrace fugátu o rozmezí 3 až 14 g . l⁻¹ nedosáhly těchto hodnot a jeví se k těmto účelům nevhodné. Ostatní flokulační materiály nedosáhly úrovně síranu hlinitého, některé, jako síran vápenatý nebo technický kamenec, způsobovaly potíže s dávkováním o stejné koncentraci. Ověřovaná odstředivka prokázala ve zkouškách nízkou výkonnost pouze 0,8 m³ h⁻¹ fugátu. K dispozici jsou však výkonnější provedení. Jako nepříznivý faktor se jevila vysoká spotřeba času na náročné čištění velkého počtu talířů a ostatních pracovních ploch od přichycených organických látek. Z toho důvodu by bylo vhodné ověřit poloprovozně i jiná konstrukční provedení těchto zařízení, např. sovětské horizontální odstředivky OGŠ.

Mechanické zpracování tekutého podílu po separaci hrubého organického podílu by přineslo četné výhody provozního charakteru. Jeho využití přichází v úvahu jako hnojivá závlaha v případech, kde aplikace surových výkalů v potřebných dávkách je nevhodná z vyšších hledisek nebo jako výchozí materiál pro další stupně zpracování.

Seznam použitých symbolů

AS	— anorganická sušina
BSK ₅	— množství kyslíku nutného k stabilizaci organické hmoty narušené aktivací aerobních bakterií v mg O ₂ l ⁻¹
NL	— nerozpustná část celkové sušiny v g l ⁻¹
RL	— rozpustná část celkové sušiny v g l ⁻¹
r	— koeficient lineární závislosti
Sa	— sušina nátoku v %
Sb	— sušina sedimentu v %
Sc	— sušina fugátu v %
SU	— celková sušina v g l ⁻¹
φ	— dělicí poměr nerozpustné organické sušiny v %
cP	— fyzikální jednotka dynamické viskozity

Literatura

- ARONSSON G., 1968, Sludge Dewatering with Separators, Process Biochemistry, zvl. separát.
- BLÁHA K., GRODA B., 1972, Zpracování a likvidace výkalů prasat odstřediváním. Mech. zem. : 99-104.
- BLÁHA K., 1973, Návrh technologických linek pro zpracování a aplikaci výkalů prasat. Dílčí zpráva VÚZT, Z-969.
- JOZA K., MEJKAL Č., 1972, Aerobní zpracování výkalů v podroštovém prostoru bez odtoku. Zem. technika 18 : 747-753.
- SHATTOCK G., 1972, Zařízení na zpracování tekutého hnoje — problém a hledání řešení. Pwr. Fmg. : 50-52.
- ŠKOROPÁD D., 1972, Vysoce účinné usazovací šnekové odstředivky. Obchod SSSR — ČSSR, 25-26.
- TRAULSEN H., 1971, Verfahren zur Beseitigung tierischer Exkremente. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.).
- WYLEMANN E., GRAF M., 1967, Versuche der Schlammmentwässerung mit Zentrifugen in zwei Stufen. Kommunalwirtsch. 9, zvl. otisk.
- , 1971, Odklizení a využití hnoje, boj proti znečišťování prostředí. Sborník z mezinárodního symposia, ASAE, THE UNIVERSITY OHIO, USA.

Došlo dne 16. 7. 1973

БЛАГА К. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы, Чехословакия). Значение двухступенчатого центрифугирования экскрементов свиней. Zem. technika (2) : 87-103, 1974.

Кроме техники непосредственного применения необработанных экскрементов свиней испытывались некоторые варианты биологической обработки экскрементов, требующие, прежде всего, понижения нагрузки с точки зрения содержания органических веществ. Предпосылкой для этих процессов является их сепарация. Эту операцию производит несколько приспособлений. Скоростные сепараторы (декантационные центрифуги) отличаются сравнительно низким коэффициентом распределения в отношении к сухому веществу. Поэтому испытывалась возможность отмучивания фугатов из первой ступени сепарации, используя сепаратор РО 420 ватт. Для второй ступени применялась отмучивающая центрифуга Альфа-Лавал BRPX-207S. Для предварительной обработки фугатов применялся ряд доступных химических веществ, изучался коэффициент распределения величины BSK₅. Центрифуга достигла оптимального коэффициента распределения примерно 80 % при дозировании 40 % сульфата алюминия в дозе 0,64 % объема в комбинации с однопроцентным Акринаком 2 (натриевый метакрилат), разбавленный КОН в отношении 1 : 1. Этот параметр был достигнут у фугата, разбавленного при исходном содержании общего сухого вещества 249 г/л до 12,3 г/л. Низкая концентрация с сухим веществом фугата 3—10 г/л и с низким дозированием сульфата алюминия оказалась неэффективной. Разные концентрации напуска приготавливались во вспомогательном сосуде емкостью 0,75 м³, необходимый перепад в машину осуществлялся при помощи механических выдвигающихся подпорок. Разница в высоте по сравнению с баком центрифуги составляла 275 мм, среднее проточное количество фугата составляло 13,3 ± 5,5 л/мин, среднее содержание бака было 190 л, среднее время центрифугирования 13,7 мин., время задерживания после дозирования флокулянтов 10 мин. Изучались зависимости между общим содержанием сухого вещества, нерастворимым органическим сухим веществом, неорганическим сухим веществом и растворимой и нерастворимой долей сухого вещества. Производились анализы питательных веществ и динамической вязкости фугата. Отмучивающая центрифуга достигла небольшой производительности 0,8 м³/час напуска и нуждалась в большой затрате труда на уход. Предлагается произвести полупроизводственное испытание советских отмучивающих центрифуг горизонтального типа OGS. Сточные воды принимаются во внимание для оросительной техники или для дальнейшей степени обработки.

сепарация экскрементов свиней; отмучивающая центрифуга; коэффициент распределения; флокуляционные средства

BLÁHA K. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepý, Czechoslovakia). *The Importance of Two-stage Centrifugation of Hog Faeces*. Zem. technika 20 (2) : 87-103, 1974.

Besides the technique of direct application of raw faeces of pigs a checking is being carried out of some other variants of the biological processing of faeces requiring above all a lowering of the content of organic substances. A pre-condition for these processes is their separation. This operation is performed by a number of devices. The high speed separators (decantation separators) show a relatively low ratio of division as regards the organic dry substance. Therefore a checking was performed of the possibility of a defecation of fugates of the first stage of separation with the use of the Czechoslovak PO 420 V separator. For the second stage use was made of the defecation separator Alfa-Laval BRPX-207S. In the preliminary preparation of the fugates use was made of a number of available chemical substances, and investigated were the ration of division and the BSK₅ values. The centrifuge attained an optimum ratio of division of approx. 80 per cent in the case of a dosing with 40 % aluminium substrate in a dose of 0.64 per cent of the volume in combination with 1 % Akrinax 2 (sodium metacrylate) diluted with KOH at a ratio of 1 : 1. This parameter was obtained in a fugate diluted, from the original content of total dry substance 24.9 g p⁻¹, to 12.3 g p⁻¹. Lower concentrations with a fugate dry substance of 3-10 g p⁻¹ and with a lower dosing of aluminium sulphate proved ineffective. Different concentrations of inlets were prepared in an additional tank of a capacity of 0.75 cu. m., the required descent into the machine was obtained by means of mechanical shifting supports. The difference of height of the tank of the separator was 275 mm, the average transflux quantity of the fugate was 13.3 ± 5.5 p min⁻¹, the average content of the tank was 190 l, the average time of centrifugation was 13.7 min., and the length of time of retention after the dosing with flocculants was 10 min. Investigated were the dependences between the total dry substance, the insoluble organic dry substance, the anorganic dry matter, and the soluble and insoluble share of the dry substance. Determined were analyses of nutrients and the dynamic viscosity of the fugate. The defecation centrifuge produced a small output of 0.8 cu. m. h⁻¹ of the inlet, and it required a considerable amount of work for maintenance. The author proposes a checking of Soviet defecation separators of the horizontal type OGŠ. Waste waters may be used for irrigation purposes or for a further stage of processing.

separation of hog faeces; defecation separator; ratio of division; means of flocculation

BLÁHA K. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha-Řepý, Tschechoslowakei). *Die Bedeutung des Zweistufenzentrifugierens der Schweineexkremente*. Zem. technika 20 (2) : 87-103, 1974.

Außer der Technik der direkten Applikation von rohen Schweineexkrementen wurden auch einige Varianten der biologischen Verarbeitung von Exkrementen geprüft die vor allem eine bestimmte Herabsetzung der Belastung was den Gehalt an organischen Stoffen anbelangt benötigen. Eine der Voraussetzungen dieser Prozesse ist ihre Separierung die mittels einer Reihe von Vorrichtungen durchgeführt wird. Schnellaufende Separatoren (Dekantierungsschleudermaschinen) weisen ein relativ niedriges auf die organische Trockensubstanz bezogenes Teilungsverhältnis auf. Deshalb sind Möglichkeiten der Entschlammung von Fugaten der ersten Separierungsstufe unter Benutzung des tschechoslowakischen Separators PO 420 V geprüft worden. Für die zweite Stufe wurde die Entschlammungsschleudermaschine Alfa-Laval BRPX-207S benutzt. Für die Vorbehandlung von Fugaten wurden mehrere übliche chemische Stoffe benutzt, die Teilungsverhältnisse und die BSK₅-Werte ausgewertet. Die Schleudermaschine erzielte ein optimales Teilungsverhältnis von cca 80% bei der Dosierung von 40% Aluminiumsulfat in Gabe von 0,64% in Kombination mit einprozentigem im Verhältnis von 1 : 1 KOH-verdünntem Akrinax 2 (Natriummetakrylat). Dieser Parameter wurde bei einem Anfangsgehalt an Totaltrockensubstanz von 24,9 g l⁻¹ auf 12,3 g l⁻¹ verdünntem Fugat erzielt. Die niedrigere Konzentration mit einer Fugatrockensubstanz von 3-10 g l⁻¹ und mit einer niedrigen Dosierung von Aluminiumsulfat zeigte sich als wirkungslos. Die unterschiedlichen Auflaufkonzentrationen wurden in einen Hilfsbehälter von 0,75 m³ vorbereitet, wobei das notwendige Gefälle in die Maschine durch mechanische aus-

rückbare Stützen gesichert wurde. Der Höhenunterschied des Schleudermaschinenbehälters betrug 275 mm, die durchschnittliche Fugat-Durchflußmenge war $13,3 \pm 5,5 \text{ l min}^{-1}$, die durchschnittliche Behälterfüllung war 190 L, die durchschnittliche Zentrifugierungsdauer betrug 13,7 min und die Verlustdauer während der Flokulantendosierung 10 Minuten. Kontrolliert wurden die Beziehungen zwischen der Gesamttrockensubstanz der unlöslichen organischen Substanz, der anorganischen Substanz und dem löslichen und unlöslichen Trockensubstanzanteil. Es wurden Nährstoffanalysen und die dynamische Viskosität von Fugaten festgesetzt. Die Entschlammungsschleudermaschine erzielte eine niedrige Auflaufleistung von $0,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ und stellte hohe Ansprüche auf die Instandhaltung. Es wird eine halbtechnische Überprüfung der sowjetischen Entschlammungsschleudermaschine horizontaler Ausführungsform vom Typ OGS vorgeschlagen. Das Abfallwasser kommt in Frage für die Bewässerungstechnik oder für eine andere Verarbeitungsstufe.

Separierung von Schweineexkrementen; Entschlammungsschleudermaschine; Teilungsverhältnis; Flockungsmittel

Adresa autora:

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

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 4 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

budou uveřejněny články:

Řezníček R., Patočka K., Kadrmás J.: Pevnost vazby
zrna v klasu u různých odrůd jarních a ozimých pšenic a napětí
na mezi pevnosti poutka v tahu

Prokop K., Čadil P.: Optimalizace vektoru základních para-
metrů sklizně obilovin

Janáč K.: Súčasný problémy striech v poľnohospodárskom sta-
viteľstve

Thér M.: Poškození obilního zrna při sklizni

Houšková J., Hoke K.: Konvekční ohřev — racionalizace
a intenzifikace tepelného opracování kusových potravin

Zemědělská technika v praxi

Strouhal E.: Měrný tlak zemědělských vozidel na půdu

MĚŘENÍ ZTRÁT PŘI DOPRAVĚ ZRNA

Z. Mareš, W. Hey

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy

Institut für Mechanisierung, Postdam-Bornim, Zweigstelle Meissen

MAREŠ Z., HEY W. Měření ztrát při dopravě zrna. Zem. technika 20 (2) : 105-114, 1974.

Ztráty zrna netěsností ložného prostoru při dopravě obilí představují podle vlastních výzkumů a publikací u dopravního prostředku bez těsnících pásů 10 až 70 kg zrna na dopravní oběh. Ztráty při této variantě dosáhly až 4,7 kg na 1 km. U varianty při které byl ložný prostor opatřen vodorovnými a svislými těsnícími lištami, byly ztráty na jeden oběh na komunikacích II. a III. třídy v průměru 1,97 Dg a maximálně dosáhly hodnot: pšenice 0,7 kg, žito 1,7 kg, ječmen 1,5 kg, oves 0,2 kg. Na ujetý kilometr byly ztráty v průměru 0,95 g. Z těchto hodnot plyne nutnost vybavení ložného prostoru těsnícími pásy. Ztráty sfouknutím za jízdy představují při rychlostech nad 40 km h⁻¹ až 0,3 %. Je tedy nutné vybavit všechny dopravní prostředky pro přepravu zrna zařízením pro zakrytí ložného prostoru. Pro zajištění minimálních ztrát při dopravě obilí je nutné do široké praxe zavést utěsnění ložného prostoru gumovými pásy a dopravní prostředky vybavit zařízením pro zakrytí ložného prostoru.

ztráty zrna; doprava zrna; dopravní prostředek; ložný prostor; ztráty zrna sfouknutím; ztráty zrna propadem; utěsnění ložného prostoru

Z národohospodářských hledisek a podnikových aspektů je nutné při sklizni obilí zabezpečit minimální ztráty zrna. Tento požadavek se vztahuje také na dopravu zrna od sklízecí mlátičky do místa jeho první překládky nebo zpracování.

Podle Mührela (1970) nelze velikost ztrát při nakládce a dopravě obilí přesně stanovit. Usuzuje se pouze, že značný podíl těchto ztrát připadá na dopravu zrna z pole do místa zpracování. V ostatní literatuře uvádějí autoři velikost ztrát až 30 kg na jeden dopravní oběh při odvozu obilí od sklízecí mlátičky. Jestliže celkové ztráty při nakládce a dopravě činí 1 %, představuje to v celonárodním měřítku ztrátu přes 13 mil. Kčs.

Ztráty zrna při dopravě lze rozdělit do dvou skupin (Mareš 1972):

1. ztráty způsobené sfouknutím během jízdy,
2. ztráty způsobené netěsnostmi ložného prostoru.

ZTRÁTY ZPŮSOBENÉ SFOUKNUTÍM BĚHEM JÍZDY

Průměrná přepravní rychlost dopravních prostředků pracujících v zemědělství se zvýšila nasazením nákladních automobilů. Zvýšenou rychlostí dochází během jízdy k sfouknutí lehkých, jemných a prašných částic nákladu proudem vzduchu. Jak ukázaly průzkumy, mohou takto způsobené ztráty u obilí činit až 0,3 % nákladu.

Vlastní pozorování potvrzovala, že již při rychlosti nad 40 km h^{-1} dochází ke ztrátám sfouknutím, pokud nebylo použito žádného prostředku k zakrytí ložného prostoru.

ZTRÁTY ZPŮSOBENÉ NETĚSNOSTMI LOŽNÉHO PROSTORU

METODIKA MĚŘENÍ

Pro zjištění velikosti ztrát zrna způsobených netěsnostmi ložného prostoru byl k dispozici nákladní automobil typu IFA W 50 LA/Z, který byl pro účely měření vybaven plachtou, zavěšenou podél bočnic a na rámu. Plachta tvořila kapsy pro zachytávání propadlých zrn. Vlastní uspořádání zařízení pro zachytávání propadlého zrna je vidět na obr. 1.



1. Měřicí vozidlo pro zjišťování ztrát zrna, způsobených netěsnostmi ložného prostoru

Pro zjišťování ztrát způsobených netěsnostmi byly vybrány dva zkušební měřicí úseky na komunikacích II. a III. třídy (dělení podle německé normy TGL).

Definice tříd:

II. třída — zahrnuje průměrné hospodářské a polní cesty spolu se silnicemi o středních nerovnostech, výmolech a příčných stružkách. Do této třídy patří průjezdové komunikace malými osadami, stavebními místy apod. Tyto komunikace omezují maximální rychlost u nákladních automobilů na hodnotu 30 km h^{-1} (u IFA W 50 na 28 km h^{-1}) a pro traktory na hodnotu 19 km h^{-1} (obr. 2).

III. třída — zahrnuje velmi dobré — většinou zpevněné — hospodářské a polní cesty a silnice s rovným a pevným povrchem. Tyto komunikace dovolují využívat maximální rychlost dopravního prostředku a jsou většinou zastoupeny komunikacemi okresního charakteru (obr. 3).

Velikost ztrát se zjišťovala pro normálně naložené a pro přetížené vozidlo. U měřicího vozidla byl měněn způsob utěsnění ložného prostoru. Ztráty byly zjišťovány pro čtyři základní varianty utěsnění ložného prostoru:

1. utěsnění ložného prostoru novými těsnícími pásy,
2. utěsnění ložného prostoru opotřebovanými těsnícími pásy,
3. ložný prostor bez těsnících pásů,
4. utěsnění ložného prostoru pomocí pytlů.



2. Část měřicího úseku na komunikaci II. třídy



3. Část měřicího úseku na komunikaci III. třídy

Po každé měřené jízdě bylo ze zachytné plachty pečlivě vybráno propadlé zrno a na přesných (laboratorních) vahách se zjišťovala velikost ztrát pro danou zkušební variantu. Náklad obilí byl zakryt plachtou, aby se vyloučil vliv ztrát způsobených sfouknutím během jízdy.

Měřicí jízdy byly pro každou variantu opakovány v nutných počtech.

NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

Několik ukázek z výsledků našich měření je pro čtyři základní varianty uvedeno v tab. I. Jedná se o střední a typické hodnoty jednotlivých variant. Z měření nevyplynul podstatný a prokazatelný rozdíl mezi první a druhou variantou; ve druhé variantě jsou hodnoty ztrát nepatrně vyšší.

Vyhodnocení měření ztrát zrna (D_g) pro variantu první a druhou udává graf na obr. 4. Křivka 1 grafu představuje průběh experimentálního rozdělení četností ztrát. Křivka 2 představuje modelové vyrovnání dat pomocí exponenciálního rozdělení (Reisenauer 1970, Janko 1958). Je to křivka průběhu teoretických četností. Rovnice křivky 2 je:

$$f(t) = k \cdot \bar{x} \cdot e^{-\bar{x}t}$$

kde: k — konstantní hodnota vypočtená podle vzorce

$$k = n \cdot h$$

$f(t)$ — rovnice pro křivku exponenciálního rozdělení

k — konstanta

$\bar{x}$ — výběrový aritmetický průměr

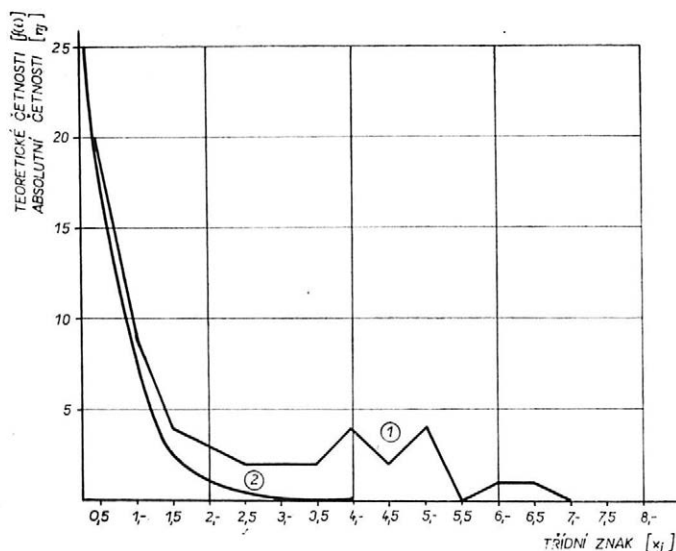
e — základ přirozených logaritmů

t — horní hranice j -tého intervalu

h — délka intervalu

I. Ukázka několika naměřených hodnot u čtyř základních variant

Varianta (-)	Datum (-)	Obilí (-)	Váha nákladu (kg)	Třída vozovky (-)	Ujetá vzdálenost (km)	Střední rychlost (km h ⁻¹)	Ztráty zrna (kg)	Ztráty zrna (g km ⁻¹)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6. 7. 72	pšenice	4604	III	32,0	33,7	0,001	0,03
	10. 7. 72	oves	2500	III	31,0	36,4	0,006	0,20
	18. 8. 72	žito	4820	III	31,0	39,0	0,010	0,32
	7. 7. 72	pšenice	4604	II	16,0	28,2	0,048	3,00
	10. 7. 72	oves	2500	II	16,0	26,2	0,017	1,10
	17. 8. 72	žito	4820	II	16,0	24,0	0,044	2,70
2	10. 8. 72	ječmen	4010	III	31,0	41,4	0,040	1,26
	5. 9. 72	ječmen	4640	III	31,0	31,0	0,015	0,47
	11. 8. 72	ječmen	4010	II	15,7	27,0	0,140	8,90
	21. 8. 72	ječmen	3930	II	17,0	24,8	0,062	3,65
3	12. 7. 72	pšenice	4970	III	14,0	35,1	10,800	771,00
	12. 7. 72	pšenice	4970	III	22,0	32,2	18,200	828,00
	11. 7. 72	pšenice	4970	II	15,0	17,6	29,850	1990,00
	11. 7. 72	pšenice	4970	II	15,0	24,6	71,520	4770,00
4	6. 9. 72	pšenice	4810	III	33,0	35,0	0,051	1,60
	6. 9. 72	pšenice	4810	III	31,0	37,0	0,063	2,03
	6. 9. 72	pšenice	4810	II	16,0	24,0	0,434	27,10
	6. 9. 72	pšenice	4810	II	16,0	24,0	1,203	75,20



4. Vyhodnocení měření ztrát zrna (Dg) pro první a druhou variantu

Výběrový aritmetický průměr se určí podle vzorce (Reisenauer 1970)

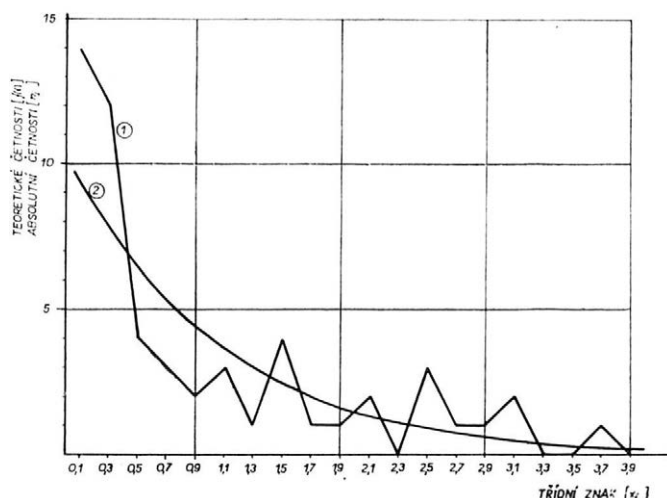
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k x_j \cdot n_j$$

kde: $\bar{x}$ — výběrový aritmetický průměr
 n — rozsah zkoumaného souboru
 x_j — hodnota třídního znaku j -té třídy
 n_j — absolutní četnost v j -té třídě

Pro náš případ, tj. pro vozidlo W 50 LA/Z, byl výběrový aritmetický průměr $\bar{x}_1$:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{j=1}^k x_j \cdot n_j = \frac{1}{54} \cdot 106,5 = 1,97 \text{ Dg}$$

Průměrné ztráty na jednu jízdu u varianty první a druhé byly 1,97 Dg. Podobný průběh má graf na obr. 5, který představuje vyhodnocení ztrát zrna v gramech na jeden ujetý km. Křivka 1 opět představuje průběh experimentálního rozdělení četností ztrát



5. Vyhodnocení měření ztrát zrna (g km^{-1}) pro první a druhou variantu

(g km⁻¹). Křivka 2 udává modelové vyrovnání dat pomocí exponenciálního rozdělení pro velikost ztrát v g km⁻¹, neboli je to rovněž křivka průběhu teoretických četností ztrát zrna v g km⁻¹.

Výběrový aritmetický průměr $\bar{x}_2$ se určí podle stejného vzorce:

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^k x_j \cdot n_j = \frac{1}{55} 52,3 = 0,95 \text{ g km}^{-1}$$

Průměrné ztráty u první a druhé varianty pro vozidlo W 50 LA/Z byly 0,95 g km⁻¹.

Pro varianty měření s utěsněním ložného prostoru těsníci pásy bylo dosaženo u kombinace vozidla W 50 LA/Z s přívěsem v přepočtu na průměrnou přepravní vzdálenost od sklizeče do sídla výkupní organizace (16,3 km v NDR v roce 1971) při průměrné vlhkosti zrna 14 až 15 % na komunikacích II. a III. třídy ztrát zrna maximálně:

pšenice	0,7 kg
žito	1,7 kg
ječmen	1,5 kg
oves	0,2 kg

To je méně než 0,02 % ztrát zrna zjištěných za pokusných podmínek. Ztráty zrna u čtvrté varianty jsou proti první a druhé variantě vyšší a lze říci, že způsob utěsnění ložného prostoru pytlí lze považovat za možné nouzové opatření.

Ztráty zrna u vozidla W 50 LA/Z při třetí variantě, tj. bez těsnících pásů, byly nerosvratelně vyšší. Několik hodnot je uvedeno v tab. I. Při této variantě byl uskutečněn malý počet měřicích jízd, protože ztráty se pohybovaly v rozmezí 10,0 ÷ 70,0 kg. Maximální dosažené ztráty byly až 4,7 kg na ujetý km. Při první a několika dalších zkušebních jízdách bylo dokonce nutné přerušit měření a nouzově ucpat štěrby, kterými volně vytékalo zrno.

Vzhledem k tak vysokým ztrátám nelze tuto variantu v žádném případě doporučit a nelze ji ani připustit.

Ztráty zrna za jízdy na komunikacích III. třídy jsou o málo menší než na komunikacích II. třídy, což lze přisuzovat lepšímu povrchu těchto komunikací. Rovný povrch komunikací III. třídy nevyvolá tolik otřesů a namáhání vozidla jako vozovka II. třídy

DISKUSE KE SNÍŽENÍ ZTRÁT ZRNA

SNÍŽENÍ ZTRÁT ZPŮSOBENÝCH NETĚSNOSTÍ LOŽNÉHO PROSTORU

Aby bylo dosaženo co možná nejnižších ztrát zrna při dopravě od sklízecí mlátičky k místu první překládky, jsou nutná následující praktická opatření:

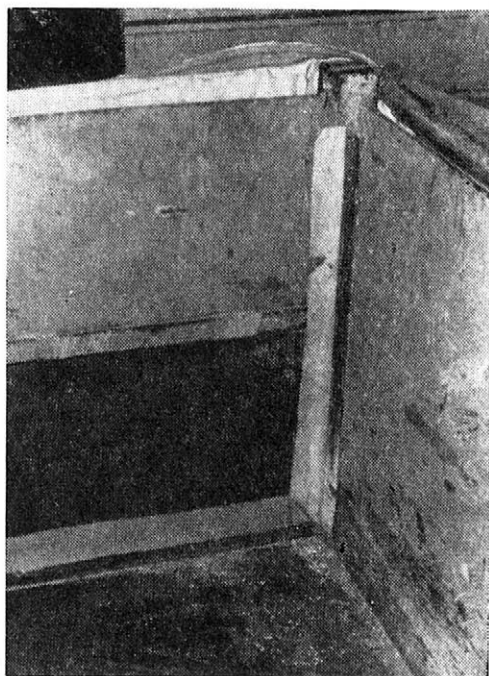
- zainteresovat řidiče na snižování ztrát,
- při přípravě vozidel na sezónu pečlivě vyrovnat bočnice, zejména ocelové, u starších vozidel,
- bočnice vybavit těsníci pogumovanými pásy, a to podél vodorovných a svislých spojů (obr. 6),
- vozidla nesmí být překládána, to znamená, že zrní nesmí být příliš navršeno, aby nemohlo dojít k přepadávání zrna přes bočnice, přeložením vozidla se zvětšují také škvíry mezi podlahou ložné plochy a bočnicemi,
- průměrná rychlost musí být přizpůsobena stavu povrchu komunikace,
- je nutné zabránit fyzickému přetížení řidičů, které způsobuje únavu, a tím snižuje pozornost při zajišťování všech bezpečnostních opatření během nakládky a dopravy obilí.

SNÍŽENÍ ZTRÁT ZPŮSOBENÝCH SFOUKNUTÍM ZA JÍZDY

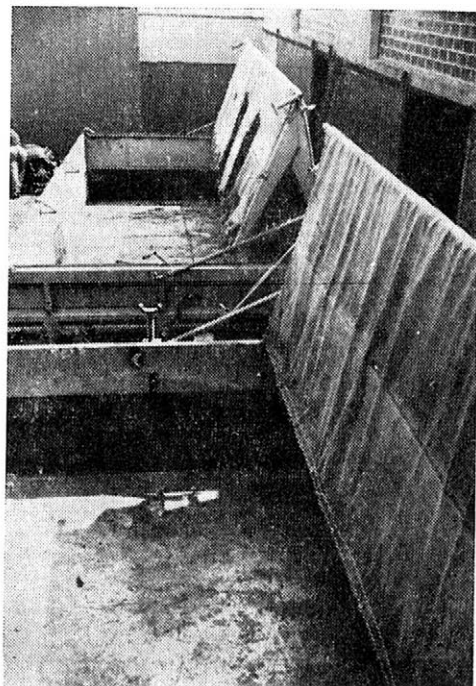
Pro snížení těchto ztrát musí být dopravní prostředky, hlavně nákladní automobily, opatřeny jednoduchým a účelným zařízením, sloužícím k zakrytí ložného prostoru (Apitz 1971). Nutnost zakrytí ložného prostoru plachtou u všech dopravních prostředků při dopravě obilí nařizuje § 1, odst. 2 silničního dopravního řádu NDR.

Současná praxe v NDR používá k zakrytí vozidel plachet různě připevňovaných k bočním dopravního prostředku. Zakrytí vozidla plachtou vyžaduje však další pracovní a časové náklady, neboť manipulace s plachtou je obtížná a částečně i nebezpečná (možnost pádu řidiče).

Práce při zakrytí ložného prostoru značně usnadňuje zařízení s mechanickým ovládáním, vyvinutém v Ingenieurbüro für landwirtschaftlicher Transport v Míšni (Mareš 1972, obr. 7).



6. Pohled na utěsnění ložného prostoru vodorovnými a svislými těsníci pásy



7. Pohled na soupravu automobilu IFA W 50 s přívěsem HW 80.11 vybavenou zařízením pro zakrytí ložného prostoru

Manipulace s tímto zařízením je jednoduchá, zařízení je ovladatelné z místa řidiče a je možné připevnit je i na přívěs. Toto zařízení by mělo náležet ke standardnímu vybavení vozidel používaných k dopravě obilí.

Zařízení pro zakrytí ložného prostoru má následující výhody:

- zamezuje ztrátám sfouknutím za jízdy,
- nedovolí nadměrné překládání vozidel,
- chrání náklad před nepříznivými účinky počasí,
- zaručí vyšší jistotu silničního provozu ve smyslu § 1, odst. 2 dopravního řádu NDR,
- zvyšuje produktivitu práce.

Z Á V Ě R

U dopravních prostředků vybavených těsnícími pásy nedosahují ztráty 0,02 % celkové váhy nákladu. Ztráty zrna dosáhly na komunikacích II. a III. třídy maximálních hodnot 1,7 kg (žito). Pokud má dopravní prostředek utěsněný ložný prostor pytlí v rozích, jsou ztráty vyšší, z praktického hlediska lze tento způsob utěsnění považovat za nouzově možný. V žádném případě nelze ovšem připustit dopravu obilí vozidlem bez utěsnění škvír, neboť zde se zjištěné ztráty pohybovaly od 10 do 70 kg na jeden dopravní oběh. U této varianty bez utěsnění dosáhly ztráty až 4,7 kg na jeden ujetý kilometr.

Na komunikacích III. třídy jsou ztráty proti II. třídě poněkud menší, což lze přisuzovat lepšímu povrchu vozovky.

Závěrem lze doporučit, aby dopravní prostředky, určené k přepravě obilí, byly vybaveny těsnícími pásy a zařízením pro zakrytí ložného prostoru.

Seznam použitých symbolů

- e — základ přirozených logaritmů
- $f(t)$ — rovnice křivky exponenciálního rozdělení
- h — délka intervalu
- k — konstanta pro výpočet hodnot exponenciálního rozdělení
- n — rozsah souboru
- n_1 — rozsah souboru pro první graf
- n_2 — rozsah souboru pro druhý graf
- n_j — absolutní četnost v j -té třídě
- t — horní hranice j -tého intervalu
- $\bar{x}$ — výběrový aritmetický průměr
- $\bar{x}_1$ — výběrový aritmetický průměr ztrát v Dg
- $\bar{x}_2$ — výběrový aritmetický průměr ztrát v gramech $\cdot \text{km}^{-1}$ ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)
- x_j — hodnota třídního intervalu j -té třídy
- $\sum_{j=1}^k$ — suma hodnot od $j = 1$ až do k

L i t e r a t u r a

- APITZ K., 1971, Universalle Abdichtung von Körnertransportfahrzeugen. Dokumentation VEB Getreidewirtschaft Halle.
- ČERNOCH S., 1959, Strojnické tabulky. SNTL Praha.
- FERNER K., 1971, Konstruktions- u. Fertigungsunterlagen zum Bau von Laderaumabdeckung für die Fahrzeuge HW 8011 und W 50 LA/Z. Projekt Ing.-Büro, Meißen.
- JANKO J., 1958, Statistické tabulky. Nakladatelství ČSAV Praha.
- MAREŠ Z., 1972, Cestovní zpráva z NDR. C. Z. 193, VÚZT Praha-Řepy.
- MÜHREL K.: 1970, Planungsatlas der Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR. Verlag Berlin.
- REISENAUER R., 1970, Metody matematické statistiky. SNTL Praha.

Došlo dne 16. 7. 1973

МАРЕШ З., ГЕЙ В. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага-Ржепы, Чехословакия). Измерение потерь при транспортировке зерна. *Zem. technika* 20 (2) : 105-114, 1974.

Потери зерна в результате негерметичности транспортируемого средства по собственным исследованиям и литературе у транспортного средства без прокладочных лент составляют 10—70 кг зерна на один оборот. Потери при этом варианте достигли 4,7 кг на 1 км. У варианта, где транспортное средство было оснащено горизонтальными и вертикальными уплотняющими планками, потери на один оборот на коммуникациях II и III класса составляли в среднем 1,97 кг и достигали максимальных величин: у пшеницы 0,7 кг, у ржи 1,7 кг, у ячменя 1,5 кг и у овса 0,2 кг. На пройденный километр потери в среднем составляли 0,95 г. Из этих величин вытекает необходимость оснащения транспортируемого средства прокладочными лентами. Потери в результате сдувания во время езды при скорости более 40 км в час составляли 0,3 %. Следовательно, необходимо оснастить все транспортные средства для перевозки зерна приспособлением для закрывания кузова. Для обеспечения минимальных потерь при транспортировке зерна необходимо внедрить в широкую практику уплотнение резиновыми лентами, а транспортные средства оснастить приспособлением для закрывания кузова.

потеря зерна; транспортировка зерна; транспортное средство; грузопместимость; потери зерна сдуванием; потери зерна утруской; повышение непроницаемости грузопместимости

MAREŠ Z., HEY W. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepy, Czechoslovakia). *Measuring of Losses Occurring in the Transport of Grain*. *Zem. technika* 20 (2) : 105-114, 1974.

Losses of grain caused by leakage of the loading space in the transport of cereals amount, according to our own investigations and publication, in a means of transport without any sealing strips, to from 10 to 70 kg of grain per one run. In the case of this variant losses reached up to 4.7 kg per 1 km. In the case of the variant with the loading space fitted with horizontal and vertical sealing slats, the losses suffered in one run on communications of the 2nd and 3rd class amounted on an average to 1.97 dkg and the maximum values reached were: wheat 0.7 kg, rye 1.7 kg, barley 1.5 kg, and oats 0.2 kg. The losses per one covered kilometer amounted to an average of 0.95 g. From these values results the need for a fitting of the loading space with sealing strips. Losses caused by blow-off during the run amount, at speeds of over 40 km h⁻¹, to up to 0.3 per cent. Thus it is necessary to fit all means of transport employed for the transport of grain with equipment for the covering of the loading space. For the securing of minimum losses in the transport of cereals it is necessary to introduce in the wide practice a sealing of the loading space with rubber strips and to fit the means of transport with covers of the loading space.

grain loss; grain conveyance; conveying device; loading space; grain losses through blowing-off; grain losses through falling through; sealing of loading space

MAREŠ Z., HEY W. (Forschungsinstitut für Landtechnik, Praha-Řepy, Tschechoslowakei). *Das Messen der Verluste während des Korntransportes*. *Zem. technika* 20 (2) : 105-114, 1974.

Die durch die Undichtigkeit der Ladefläche während des Transportes von Getreide verursachten Kornverluste belaufen sich nach unseren eigenen Forschungen und Publikationen bei einem Transportmittel ohne Dichtungsbänder auf 10 bis 70 kg Korn pro einen Transportumlauf. Die Verluste bei dieser Variante beliefen sich auf 4,7 kg km⁻¹. Bei der Variante bei der die Ladefläche mit senk- und waagrechten Dichtungsleisten versehen wurde, beliefen sich die Verluste eines einzigen Transportumlaufes auf den Landstrassen II. und III. Kategorie im Durchschnitt auf 1,97 dkg und höchstens erreichten sie folgende Werte: Weizen 0,7 kg; Roggen 1,7 kg; Gerste 1,5 kg und Hafer 0,2 kg. Pro ein zurückgelegtes Kilometer beliefen sich die Verluste im Durchschnitt auf 0,95 g. Aus diesen Werten geht die Notwendigkeit der Abdichtung der Ladeflächen mit Dichtungsbändern hervor. Die durch den Wind während

der Fahrt verursachten Verluste bei einer Geschwindigkeit von 40 km/Stunde belaufen sich nur auf 0,3 %. Es sich aber nötig alle für die Korntransporte bestimmte Transportmittel mit irgendeiner zum Bedecken der Ladefläche dienenden Vorrichtung zu versehen. Für die Sicherung minimaler Verluste während des Getreide-transportes ist es nötig in die breite Praxis die Abdichtung der Ladefläche mit Hilfe von Gummibändern einzuführen und alle Transportmittel mit irgendeiner Vorrichtung zum Bedecken der Ladefläche zu versehen.

Kornverluste; Kornbeförderung; Transportmittel; Laderaum; Kornverluste durch Abblasen; Kornverluste durch Durchfall; Laderaumabdichtung

Adresa autorů:

Ing. Zdeněk Mareš, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6-Řepy, Dipl.-Ldw. Wolfgang Hey, Institut für Mechanisierung Potsdam Bornim Zweigstelle Meissen — landwirtschaftlicher Transport

VLIV DIAGNOSTIKY NA MEZNÍ PODMÍNKY PROVOZU STROJNÍCH PRVKŮ

L. Pejša

Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchbát

PEJŠA L. *Vliv diagnostiky na mezní podmínky provozu strojních prvků.* Zem. technika 20 (2) : 115-127, 1974.

Řešený problém osvětluje, jakým způsobem ovlivňují náklady na diagnostiku mezní podmínky provozu strojních prvků a jaký je naopak zpětný vliv mezních podmínek na ekonomickou oprávněnost aplikace diagnostických metod a algoritmů. Pomocí minimalizace měrných nákladů na jednotku doby provozu stroje nebo strojního prvku je pro dané funkční vyjádření nákladů na diagnostiku stanovena optimální doba uplatnění diagnostiky a optimální doba ukončení provozu. Teoreticky je zdůvodněn způsob stanovení optimální doby provozu strojního prvku jedinou mezní hodnotou diagnostického parametru.

optimalizace; opravárenství

Základní podmínkou optimálního provozu stroje či technické soustavy je znalost mezních podmínek, při nichž je účelné jednotlivé části soustavy vyměnit nebo opravit. Na základě těchto mezních podmínek lze v rámci technické diagnostiky vyslovit prognózu bezporuchového provozu a stanovit optimální dobu pro vyřazení jednotlivých strojních prvků. Diagnostika, přesněji řečeno náklady na diagnostiku, však zpětně ovlivňují mezní podmínky provozu.

Při prostém algoritmu diagnózy, který lze charakterizovat pravidelnými prověrkami všech vybraných prvků technické soustavy, lze náklady na diagnostiku zahrnout do lineárně rostoucích nákladů na provoz a stanovit mezní podmínky provozu pomocí kritéria minimálních měrných nákladů na jednotku produkce (Selivanov 1964, Legát 1972, Pejša a kol. 1970, Havlíček 1967, Komrsková a kol. 1972).

Moderní diagnostické metody však bývají spojeny s algoritmem diagnózy, využívajícím souhrnné ukazatele technického stavu; přitom náklady na diagnostiku nejsou konstantní, ale jsou poměrně složitou funkcí intenzity poruch jednotlivých zkoumaných prvků (Pejša 1972). Náklady na diagnostiku tedy značně ovlivňují ekonomiku provozu strojních prvků zejména v období jejich dožívání, při vysoké intenzitě poruch, a mají proto významný vliv na mezní podmínky provozu.

V předložené práci je řešen problém vlivu diagnostiky na mezní podmínky provozu strojních prvků a problém zpětného vlivu mezních podmínek na ekonomickou oprávněnost samotné existence jednotlivých diagnostických metod a algoritmů.

Technickou soustavu či stroj je možné chápat jako soustavu prvků, které jsou při poruše vyměňovány za nové nebo opravené. Prvkem v uvedeném pojetí bude zpravidla součást, dílec, skupina, pokud se vyměňují jako celek. Jedná se např. o valivá ložiska, ozubená kola, hlavy válců, dynamy, spouštěče, akumulátorové baterie, vstřikovací čerpadla apod., ale také o převodovky, přední osy a motory, pokud jsou u nich v rámci technické údržby odstraňovány pouze drobné poruchy charakterizované konstantními náklady, přičemž po dosažení mezních podmínek provozu jsou tyto skupiny vyměňovány jako celek.

Zřejmým optimalizačním kritériem je dosažení minima celkových měrných nákladů na provoz sledovaného prvku. Celkovými měrnými náklady jsou zde míněny všechny náklady (včetně difference pořizovací a zůstatkové hodnoty prvku, nákladů na mzdy, pohonné hmoty, běžnou údržbu, garážování a rovněž tak včetně nákladů na diagnostiku a nákladů spojených s rizikem havarijní poruchy), vztažené na jednotku doby provozu.

Doba provozu je nejčastěji udávána v časových jednotkách. Může se však také jednat např. o jednicové výrobky, ujeté kilometry, tunokilometry, spotřebu pohonných hmot, průměrné hektary apod. Pro zjednodušení výkladu je v této práci doba provozu ztotožňována s časem.

Celkové měrné náklady na provoz prvku je třeba nejprve vyjádřit pomocí jednotlivých tvořících složek jako funkci doby provozu (času) a dále pak hledat podmínky pro dosažení lokálního minima této funkce. Vzhledem k tomu, že celkové měrné náklady na provoz konkrétního prvku jsou ovlivněny charakteristikami spolehlivosti a mají tak pravděpodobnostní charakter, je možné v obecném případě mluvit pouze o pravděpodobné hodnotě těchto nákladů. V dalším textu a v definicích nebude pravděpodobnostní charakter zvláště zdůrazňován a bude brán jako samozřejmost.

OBECNÉ VYJÁDRĚNÍ CELKOVÝCH MĚRNÝCH NÁKLADŮ NA PROVOZ PRVKU

Celkové měrné náklady jsou tvořeny podílem veškerých nákladů spojených s provozem prvku a střední doby provozu při vyřazení prvku v případě dožití v daném čase. Střední doba provozu respektuje skutečnost, že ne všechny prvky se dožijí času předpokládané výměny, kdy jsou vyřazovány ty prvky, jejichž technický život neskončil náhodně dříve. Uvedený termín „v případě dožití“ by měl být obsažen v každé níže uvedené definici zahrnující veličinu „střední doba provozu“, avšak pro zjednodušení nebude v dalším textu zvláště zdůrazňován.

Předpokládejme, že v obecném případě bude po určitou dobu od uvedení prvku do provozu uplatněn, vzhledem k malému nebezpečí vzniku poruchy, havarijní systém oprav, tj. případná oprava bude provedena až po vzniku poruchy, bez předchozí diagnostické prověrky. Po určité době provozu, kterou bude nutné přesně stanovit, bude vzhledem ke zvýšenému nebezpečí vzniku poruchy účelné zavést pravidelné diagnostické prověrky a po dosažení optimální doby provozu prvek vyřadit nebo opravit.

Je samozřejmé, že v konkrétních případech mohou být zmíněná dvě období života prvku různě dlouhá. V jednom extrémním případě, při levné diagnostice a vysokých ekonomických ztrátách v důsledku havarie, bude diagnostika uplatněna již od samého počátku provozu prvku, čili období havarijního systému bude nulové. V druhém extrémním případě, při drahé diagnostice a malých ekonomických ztrátách v důsledku havarie, nebude diagnostika vůbec uplatněna a prvek bude podroben pouze havarijnímu systému oprav.

Přiřadíme-li každému ze zmíněných dvou období života prvku příslušné pravděpodobné provozní náklady a obdobně přiřadíme každému z těchto období příslušnou střední dobu provozu, dostaneme v podobě podílu hledanou veličinu:

$$U(t_d, t_p) = \frac{N_r + N_h(t_d) + N_d(t_d, t_p)}{t_s(t_d) + t_s(t_p, \tau, H_p)} \quad (1)$$

- kde: $U(t_d, t_p)$ — celkové měrné náklady na provoz prvku při počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d a při vyřazení prvku z provozu v čase t_p
 N_r — redukovaná hodnota prvku na počátku provozu (cena prvku včetně nákladů na uvedení do provozu, méně zůstatková hodnota v čase t_p)
 $N_h(t_d)$ — náklady na provoz prvku od jeho uvedení do provozu do počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d (období havarijního systému)
 $N_d(t_d, t_p)$ — náklady na provoz prvku od počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d do vyřazení prvku z provozu v čase t_p (období uplatnění diagnostiky)
 $t_s(t_d)$ — střední doba provozu prvku od počátku provozu do počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d
 $t_s(t_p, \tau, H_p)$ — střední doba provozu prvku od počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d do vyřazení prvku z provozu v čase t_p , při uplatnění diagnostiky a výměny prvků v intervalech doby provozu τ a při relativní chybě H_p , s níž je vyslovena prognóza „porucha“ a prvek chybně vyřazen
 t_d — doba počátku uplatnění diagnostiky
 t_p — doba, při níž je prvek v případě dožití vyřazen z provozu

Redukovanou hodnotou prvku na počátku provozu N_r je míněna ta část hodnoty prvku, která v průběhu jeho využívání přechází jako zhmotnělá práce do hodnoty produkce:

$$N_r = N(O) - N_z \quad (2)$$

- kde: $N(O)$ — hodnota prvku na počátku provozu (cena prvku včetně montáže a nákladů na uvedení do provozu)
 N_z — zůstatková hodnota prvku při jeho vyřazení (u prvků, u nichž je oprava neekonomická, nebo jsou vůbec neopravitelné, je to cena šrotu; u prvků ostatních je to jednotná cena, za kterou lze obvyklým způsobem opotřeбенý prvek prodat např. renovačnímu středisku)

Další složku celkových měrných nákladů $U(t_d, t_p)$ tvoří náklady $N_h(t_d)$, vynaložené v období havarijního systému oprav daného prvku:

$$N_h(t_d) = \int_0^{t_d} [V_p(t) + V_h(t)] R(t) dt \quad (3)$$

- kde: $V_p(t)$ — přímé měrné náklady na provoz prvku (pohonné hmoty, mzda, běžná údržba atd.)
 $V_h(t)$ — měrné náklady vyjadřující riziko havarijních ztrát
 $R(t)$ — pravděpodobnost bezporuchového provozu prvku v čase t (při plném využití technického života)

Ve vztahu (3) obsažené riziko havarijních ztrát lze vyjádřit takto:

$$V_h(t) = \lambda(t) Z_h \quad (4)$$

- kde: $\lambda(t)$ — intenzita poruch daného prvku
 Z_h — ztráty v případě havarie daného prvku

přičemž:

$$Z_h = Z_{h1} - Z_{h2} \quad (5)$$

- kde: Z_{h1} — náklady spojené s havárií prvku (montáž, prostoje, odstranění závislých poruch, ztráty na zpracovávání materiálu, pravděpodobné ztráty z nedodržení agrotechnických lhůt apod.)
 Z_{h2} — náklady na výměnu nehavarovaného prvku

Náklady na provoz prvku v období uplatnění diagnostiky lze vyjádřit takto:

$$N_d(t_d, t_p) = \int_{t_d}^{t_p} [V_p(t) + V_d(t)] R(t, \tau, H_p) dt \quad (6)$$

kde: $V_d(t)$ — přímé měrné náklady na diagnostiku daného prvku v čase t (vztaženo na jednotku doby provozu)
 $R(t, \tau, H_p)$ — pravděpodobnost bezporuchového provozu prvku v čase t při uplatnění diagnostiky a výměny prvků v intervalech doby provozu τ a při relativní chybě H_p , s níž je vyslovena prognóza poruchy a prvek je chybně vyřazen

Veličiny obsažené ve vztahu (6) vyžadují podrobnější osvětlení. Přímé měrné náklady na diagnostiku lze vyjádřit, jak zřejmo z práce (Pejša 1972), takto:

$$V_d(t) = \frac{D_I}{\tau} + \lambda(t) (D_{II} + H_n Z_h) \quad (7)$$

kde: $\frac{D_I}{\tau}$ — měrné náklady spojené s realizací souhrnného diagnostického úkonu (pro daný prvek se souhrnný úkon vykonává při každé diagnostické prověrce)
 τ — interval doby provozu mezi dvěma po sobě následujícími diagnostickými prověrkami
 D_{II} — náklady spojené s realizací detailního diagnostického úkonu daného prvku (potřeba vykonání detailního úkonu je úměrná intenzitě poruch $\lambda(t)$)
 H_n — relativní chyba, s níž je vyslovena prognóza „normální stav“ a prvek chybně vyřazen z provozu (počet chybných prognóz lomený počtem objektivně vzniklých poruch za období prognózy τ)

Pro osvětlení vztahu (7) lze dodat, že součin $\lambda(t)D_{II}$ vyjadřuje měrné náklady na detailní diagnostický úkon (pravděpodobnou hodnotu) a součin $\lambda(t)H_n Z_h$ vyjadřuje měrné ztráty v důsledku chybné prognózy „normální stav“ u daného prvku (rovněž pravděpodobnou hodnotu).

Jak je zřejmé, uvedené přímé měrné náklady na diagnostiku prvku v sobě zahrnují rovněž ztráty v důsledku chybné prognózy „normální stav“. Přichází však v úvahu ještě chyba prognózy „porucha“, jejímž bezprostředním důsledkem je předčasné vyřazení prvku z provozu a z toho plynoucí ekonomické ztráty. Obdobný vliv na nevyužití technického života prvku má skutečnost, že prvky jsou i při správné prognóze vyřazovány před ukončením svého technického života, v diskrétních hodnotách doby provozu, daných intervaly τ mezi jednotlivými prověrkami.

Pro potřeby dalšího rozboru problému je třeba stanovit spojitou funkční závislost vyjadřující naznačené diskrétní vztahy. Vyjděme z jednoduché závislosti, která za pomoci pravděpodobnosti bezporuchového provozu $R(t)$ vyjadřuje střední dobu provozu prvku v čase t_d :

$$t_s(t_d) = \int_0^{t_d} R(t) dt \quad (8)$$

Uvedený vztah (8) je součástí čitatele ve vztahu (1) a plně platí pouze při havarijním systému oprav, protože nezahrnuje výše zmíněné ztráty technického života.

Poněkud jiná je situace při uplatnění diagnostiky, tj. v rozmezí doby provozu t_d až t_p . Vezmeme-li v úvahu, že od počátku uplatnění diagnostiky t_d až do okamžiku vyřazení prvku v čase t_p bylo nutno prvek s pravděpodobností $R(t_d) - R(t_p)$ vyřadit a že při vyřazování v intervalech doby provozu τ lze předpokládat průměrnou ztrátu technického života $\frac{\tau}{2}$, je možné s dostatečnou přesností vyjádřit příslušnou střední hodnotu ztráty technického života součinem $\frac{\tau}{2} [R(t_d) - R(t_p)]$.

Obdobně lze vyjádřit rovněž ztráty v důsledku chyby prognózy „porucha“. Jak plyne z níže uvedené definice relativní chyby H_p , lze pravděpodobnost chybné prognózy „porucha“ vyjádřit součinem $[R(t_d) - R(t_p)]H_p$ a z toho plynoucí ztráty doby provozu součinem $[R(t_d) - R(t_p)]H_p \tau$.

Výsledný vztah pro střední dobu provozu za období diagnostiky má tudíž tvar:

$$t_s(t_p, \tau, H_p) = \int_{t_d}^{t_p} R(t) dt - \tau(0,5 + H_p) [R(t_d) - R(t_p)] \quad (9)$$

kde: H_p – relativní chyba, s níž je vyslovena prognóza „porucha“ a prvek chybně vyřazen z provozu (počet chybných prognóz „porucha“ lomený počtem objektivně vzniklých poruch za období prognózy τ)

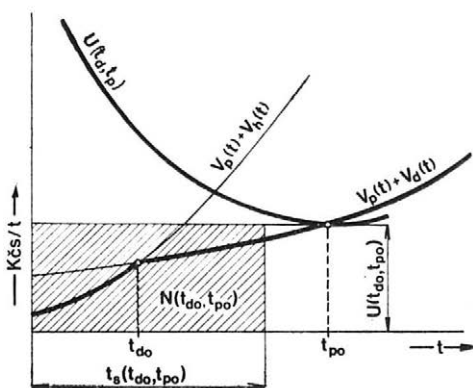
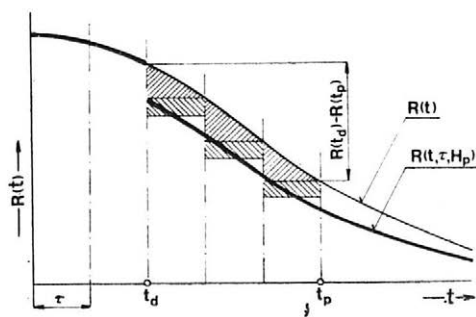
Derivací spojité funkce (9) podle proměnné t (obecný případ t_p) dostáváme:

$$R(t, \tau, H_p) = R(t) + \tau(0,5 + H_p) \frac{dR(t)}{dt} \quad (10)$$

Schematicky je uvedené řešení znázorněno na obr. 1.

Nyní již je možné za pomoci vztahů (3), (6), (8), (9) a (10) upravit vztah (1) a vyjádřit celkové měrné náklady na provoz prvku takto:

$$U(t_d, t_p) = \frac{N_r + \int_0^{t_d} [V_p(t) + V_h(t)] R(t) dt + \int_{t_d}^{t_p} [V_p(t) + V_d(t)] R(t, \tau, H_p) dt}{\int_0^{t_d} R(t) dt + \int_{t_d}^{t_p} R(t, \tau, H_p) dt} \quad (11)$$



1. Schéma stanovení funkce $R(t, \tau, H_p)$

Suma vyšrafovaných ploch trojúhelníků = $[R(t_d) - R(t_p)] \frac{\tau}{2}$

Suma vyšrafovaných ploch obdélníků = $[R(t_d) - R(t_p)] H_p \tau$

2. Stanovení optimálních podmínek provozu průměrného prvku daného typu

$U(t_d, t_p)$ – celkové měrné náklady na provoz prvku při počátku uplatnění diagnostiky v čase t_d a při vyřazení prvku z provozu v čase t_p

$V_p(t) + V_h(t)$ – okamžitá hodnota měrných provozních nákladů na havarijní systém oprav

$V_p(t) + V_d(t)$ – okamžitá hodnota měrných provozních nákladů na systém oprav s diagnostikou

t_{d0} – optimální doba počátku uplatnění diagnostiky

t_{p0} – optimální doba při níž je prvek v případě dožití vyřazen z provozu

$U(t_{d0}, t_{p0})$ – minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku

Uvedený obecný vztah (11) nabývá v konkrétních případech jednodušších forem. Např. u prvku, u něhož se nevyskytují havarijní poruchy, tj. $R(t) \rightarrow 1$ a $\lambda(t) \rightarrow 0$, lze okamžik vyřazení z provozu t_p chápat jako okamžik, při němž je vykonán první a současně poslední diagnostický úkon s nulovou pracností, čili $t_d = t_p$. Na základě vztahu (11) tedy platí:

$$U(t_p) = \lim_{\substack{R(t) \rightarrow 1 \\ \lambda(t) \rightarrow 0 \\ t_d = t_p}} U(t_d, t_p) = \frac{N_r + \int_0^{t_p} V_p(t) dt}{t_p} \quad (12)$$

V případě, že lze přímé měrné provozní náklady $V_p(t)$ vyjádřit vztahem:

$$V_p(t) = B + C n t^{n-1} \quad (13)$$

nabývá vztah (12) běžně známého tvaru (Havlíček 1967):

$$U(t_p) = N_r t_p^{-1} + B + C t_p^{n-1} \quad (14)$$

Obdobně lze postupovat i v ostatních konkrétních případech.

OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY PROVOZU PRŮMĚRNÉHO PRVKU

Spolehlivostní a ekonomické parametry, jimiž jsou určovány výše odvozené celkové měrné náklady na provoz prvku, jsou jednak zjišťovány statisticky, jednak mohou být v průběhu provozu u konkrétních prvků upřesňovány na základě výsledků periodických diagnostických prověrek. Zejména je možné upřesňovat okamžité hodnoty přímých provozních nákladů $V_p(t)$, které mají, vzhledem k variabilitě vnitřní kvality prvku a vnějších podmínek provozu, významný vliv na ekonomiku.

Před zahájením provozu konkrétního prvku je však nutno s tímto prvkem počítat jako s prvkem průměrným, jehož spolehlivostní a ekonomické parametry odpovídají statistickým údajům a jehož optimální podmínky provozu lze tedy odvodit z výše uvedených vztahů. S použitím vztahu (10) dostaneme pomocí partiálních derivací funkce (11) podle proměnných t_d a t_p následující optimální podmínky pro uplatnění diagnostiky a pro vyřazení prvku z provozu:

$$\frac{V_h(t_{do}) - V_d(t_{do})}{\lambda(t_{do}) \tau(0,5 + H_p)} + V_p(t_{do}) + V_d(t_{do}) = U(t_{do}, t_{po}) \quad (15)$$

$$V_p(t_{po}) + V_d(t_{po}) = U(t_{do}, t_{po}) \quad (16)$$

kde: t_{do} — optimální doba počátku uplatnění diagnostiky u daného typu prvku
 t_{po} — optimální doba, při níž je prvek v případě dožití vyřazen z provozu
 $U(t_{do}, t_{po})$ — minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku při optimálním počátku diagnostiky t_{do} a optimální době vyřazení t_{po}

Vztahy (15) a (16) tvoří soustavu dvou rovnic o dvou neznámých t_{do} a t_{po} . Předpokládejme pro přibližné řešení, že přímé měrné provozní náklady $V_p(t)$ a přímé měrné náklady na diagnostiku $V_d(t)$ jsou konstantní, čili $V_p(t_{do}) = V_p(t_{po})$ a $V_d(t_{do}) = V_d(t_{po})$. Za tohoto předpokladu dostáváme ze vztahů (15) a (16) přibližnou podmínku pro počátek uplatnění diagnostiky:

$$V_h(t_{do}) - V_d(t_{do}) \approx 0 \quad (17)$$

Dalším početním postupem lze pro konkrétní typ distribuční funkce vzniku poruchy stanovit hodnoty t_{do} a t_{po} s požadovanou přesností.

Podmínky (16) a (17) jsou graficky znázorněny na obr. 2, kde je lze názorně pochopit. K počátku uplatnění diagnostiky t_{do} dochází přibližně tehdy, když okamžitá hodnota měrných provozních nákladů na havarijný systém oprav $V_p(t) + V_h(t)$ dosáhne okamžité hodnoty měrných provozních nákladů na systém oprav s diagnostikou $V_p(t) + V_d(t)$. K vyřazení prvku v čase t_{po} dochází tehdy, když měrné provozní náklady, v daném případě $V_p(t) + V_d(t)$, dosáhnou hodnoty minima celkových měrných nákladů $U(t_{do}, t_{po})$.

Na obr. 2 je také vyznačena střední doba provozu prvku při jeho vyřazení v případě dožití v čase t_{po} , vyjádřená symbolem $t_s(t_{do}, t_{po})$, přičemž:

$$t_s(t_{do}, t_{po}) = \int_0^{t_{do}} R(t) dt + \int_{t_{do}}^{t_{po}} R(t, \tau, H_p) dt \quad (18)$$

kde: $t_s(t_{do}, t_{po})$ — střední doba od počátku provozu prvku do okamžiku jeho vyřazení v případě dožití v čase t_{po}

Vyšrafovaná plocha na obr. 2 je rovna:

$$N(t_{do}, t_{po}) = N_r + \int_0^{t_{do}} [V_p(t) + V_h(t)] R(t) dt + \int_{t_{do}}^{t_{po}} [V_p(t) + V_d(t)] R(t, \tau, H_p) dt \quad (19)$$

kde: $N(t_{do}, t_{po})$ — střední hodnota veškerých nákladů, které byly do prvku vloženy od počátku provozu do okamžiku vyřazení v čase t_{po}

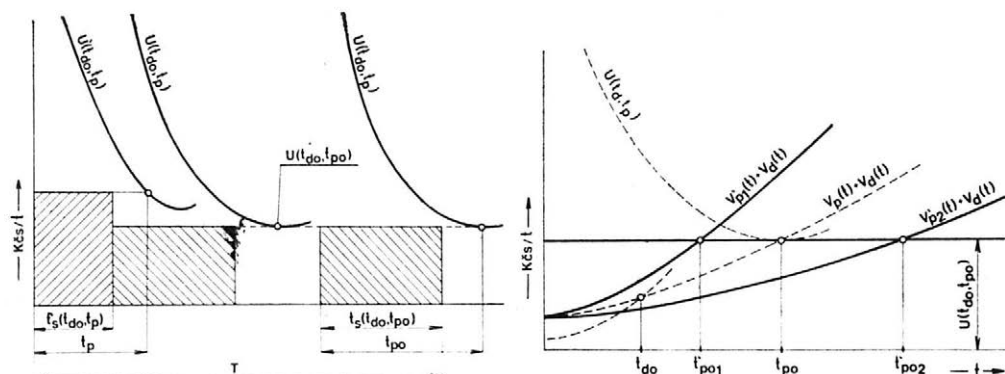
Jak je zřejmé ze vztahů (18) a (19), představuje vyšrafovaná plocha spolu s příslušnými kótami na obr. 2 grafické zobrazení vztahu (11), platného v tomto konkrétním případě pro optimální hodnoty t_{do} a t_{po} .

OPTIMÁLNÍ DOBA PROVOZU KONKRÉTNÍHO PRVKU Z HLEDISKA CASOVÉ NÁVAZNOSTI PRVKŮ PRŮMĚRNÝCH

Předpokládejme, že sledujeme provoz konkrétního prvku s konkrétními spolehlivostními a ekonomickými parametry, odlišnými od parametrů prvku průměrného. Optimální dobu provozu tohoto konkrétního prvku je třeba stanovit s ohledem na to, že v časové návaznosti lze po vyřazení konkrétního prvku z provozu očekávat nástup prvku průměrného, po něm opět průměrného atd., až do ukončení provozu celé technické soustavy. Nebudeme-li pro přehlednost kótovat optimální dobu počátku diagnostiky t_{do} , lze uvedený předpoklad schematicky znázornit obrázkem 3.

Průběh nákladů $U'(t_{do}, t_p)$ na obr. 3 charakterizuje konkrétní prvek náhodně horší kvality ve srovnání s prvky průměrnými. Lze očekávat, že optimální doba provozu prvku náhodně horší kvality bude menší ve srovnání s optimální dobou prvku průměrného a naopak, u prvku náhodně lepší kvality se optimální doba provozu prodlouží (Pejša a kol. 1970).

Cílem je stanovit takovou optimální dobu provozu konkrétního prvku, při níž bude za celou plánovanou dobu provozu technické soustavy dosaženo minimálních celkových měrných nákladů na provoz. Měrné náklady na provoz uvažovaného souboru prvků s časovou návazností je možno při velkém počtu navazujících průměrných prvků s dosta-



3. Provoz konkrétního prvku z hlediska časové návaznosti prvků průměrných

- $U'(t_{do}, t_p)$ — celkové měrné náklady na provoz konkrétního prvku při počátku uplatnění diagnostiky v čase t_{do} a při vyřazení prvku v čase t_p
- $t_s'(t_{do}, t_p)$ — střední doba od počátku provozu konkrétního prvku do okamžiku vyřazení v čase t_p
- t_p — doba provozu, při níž je konkrétní prvek v případě dožití vyřazen z provozu
- $U(t_{do}, t_{po})$ — minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku
- T — plánovaná doba provozu celé technické soustavy (stroje)

4. Stanovení optimální doby provozu konkrétního prvku

- $U(t_{do}, t_{po})$ — minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku
- $V_{p1}(t) + V_d(t)$ — okamžitá hodnota měrných nákladů na provoz a diagnostiku konkrétního prvku náhodně horší kvality
- $V_{p2}(t) + V_d(t)$ — okamžitá hodnota měrných nákladů na provoz a diagnostiku konkrétního prvku náhodně lepší kvality
- t_{po1}' — optimální doba provozu pro vyřazení prvku 1
- t_{po2}' — optimální doba provozu pro vyřazení prvku 2

tečnou přesností vyjádřit jako sumu vyšrafovaných ploch na obr. 3, lomenou celkovou plánovanou dobou provozu technické soustavy T :

$$U_T(t_{do}, t_p) = \frac{U'(t_{do}, t_p) t_s'(t_{do}, t_p) + [T - t_s'(t_{do}, t_p)] U(t_{do}, t_{po})}{T} \quad (20)$$

- kde: $U_T(t_{do}, t_p)$ — celkové měrné náklady na provoz souboru prvků stejného typu s časovou návazností, v závislosti na době t_p , při níž je v případě dožití vyřazován konkrétní prvek z provozu
- $U'(t_{do}, t_p)$ — celkové měrné náklady na provoz konkrétního prvku při počátku uplatnění diagnostiky v optimálním čase t_{do} a při vyřazení prvku v čase t_p
- $t_s'(t_{do}, t_p)$ — střední doba od počátku provozu konkrétního prvku do okamžiku vyřazení v čase t_p
- $U(t_{do}, t_{po})$ — minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku
- T — plánovaná doba provozu celé technické soustavy (stroje)

Vztah (20) platí přesně pro neomezenou dobu provozu technické soustavy $T \rightarrow \infty$, kde je možné pravidelnou obnovu daného prvku chápat jako kontinuální proces s průměrnými měrnými náklady $U(t_{do}, t_{po})$. Pro konečnou dobu provozu T je vztah (20) zatížen malou chybou, pramenící ze skutečnosti, že plánovaná doba T , zmenšená o hodnotu $t_s'(t_{do}, t_p)$, bude pouze ve vyjimečném případě beze zbytku dělitelná střední dobou provozu průměrných prvků $t_s(t_{do}, t_{po})$ a že tedy na konci technického života soustavy (stroje) dojde k náhodným ztrátám v důsledku předčasného nebo pozdního vyřazení prvku.

Pro stanovení optimální doby provozu konkrétního prvku pomocí vztahu (20) je třeba provést ještě některé úvahy.

Vyjádříme:

$$U'(t_{do}, t_p) t_s'(t_{do}, t_p) = N'(t_{do}, t_p) \quad (21)$$

kde analogicky vztahům (18) a (19) platí, že

$$t_s'(t_{do}, t_p) = \int_0^{t_{do}} R'(t) dt + \int_{t_{do}}^{t_p} R'(t, \tau, H_p) dt \quad (22)$$

a dále pak, že

$$N'(t_{do}, t_p) = N_r + \int_0^{t_{do}} [V_p'(t) + V_h(t)] R'(t) dt + \int_{t_{do}}^{t_p} [V_p'(t) + V_d(t)] R'(t, \tau, H_p) dt \quad (23)$$

Ve vztahu (23) uvedené funkce $V_h(t)$ a $V_d(t)$ neplatí pouze pro konkrétní prvek, ale představují pravděpodobné hodnoty platné pro průměrný prvek daného typu. Konkretizace v případě funkce $V_h(t)$ není vůbec možná, protože v daném období činnosti prvku není uplatněna diagnostika. Rovněž v případě funkce $V_d(t)$ se jedná o obdobný problém, i když poněkud složitější.

Jak je zřejmé ze vztahu (7), mají zmíněné náklady $V_d(t)$ jednak konstantní složku, která je pro průměrný i konkrétní prvek naprosto stejná, a dále pak složku závislou na intenzitě poruch, čili nepřímo závislou na stáří prvku. Tato druhá složka představuje statisticky zjištěné riziko v podobě nákladů na detailní diagnostickou prověrku. Je zřejmé, že u konkrétních prvků dojde k realizaci detailních nákladů na diagnostiku po různé době provozu, popřípadě u mimořádně kvalitních prvků k těmto nákladům vůbec nedojde, ovšem tuto skutečnost není schopna sama diagnostika odhalit. Náklady na diagnostiku tedy nelze pro konkrétní prvek konkretizovat a funkce $V_d(t)$ ve vztahu (23) vyjadřuje přímé měrné náklady na diagnostiku průměrného prvku.

Za pomoci vztahů (21), (22) a (23) lze z první derivace funkce (20) podle proměnné t_p stanovit podmínku pro optimální dobu provozu konkrétního prvku:

$$V_p'(t) + V_d(t) - U(t_{do}, t_{po}) = 0 \quad (24)$$

kde: $V_p'(t)$ — přímé měrné náklady na provoz konkrétního prvku v čase t

Grafické zobrazení podmínky (24) je na obr. 4. Je možné předpokládat, že minimum celkových měrných nákladů na provoz průměrného prvku $U(t_{do}, t_{po})$ bude stanoveno v útvaru mimo uživatele stroje. Mělo by se stát samozřejmou zvyklostí, že jeden z nejdůležitějších argumentů propagace výrobku (strojního prvku nebo stroje) bude objektivní institucí zjištěné dosažitelné minimum celkových měrných nákladů na provoz.

Předpokládáme-li např., že množství spáleného paliva je úměrné vykonané práci, budou nás u nového typu traktorového motoru především zajímat náklady na jednotku spáleného paliva ve srovnání se stejnými náklady u motoru starého typu. Převážnou většinu zdánlivě samostatných hodnotících hledisek strojních prvků lze převést na ekonomické kritérium a kvantitativně vyjádřit v podobě vlivu na minimum měrných nákladů $U(t_{do}, t_{po})$.

Jak je z uvedeného rozboru zřejmé, promítá se do hodnoty $U(t_{do}, t_{po})$ pořizovací cena prvku, snadnost montáže (náklady na uvedení do provozu), životnost, riziko havárie, náklady na diagnostiku a přímé provozní náklady v podobě mzdy obsluhovatele, spotřeba paliva, běžné údržby apod. Zmíněné ekonomické kritérium nezahrnuje vliv estetického provedení prvku a vliv případné změny ve kvalitě jeho činnosti. Prakticky se tato okolnost projeví tím, že případ od případu je třeba posoudit, zda difference minima celkových

měrných nákladů na provoz posuzovaných prvků je vyvážena změnou kvality činnosti. Např. nový typ pneumatiky bude mít vyšší pořizovací cenu, ale také vyšší životnost, vyšší spolehlivost a lepší jízdní vlastnosti. Pořizovací cena, životnost a spolehlivost se bezprostředně projeví v minimu nákladů na 1 km jízdy a po porovnání s měrnými náklady starého typu pneumatiky je nutné rozhodnout, zda lepší jízdní vlastnosti (kvalita činnosti) jsou schopny vyvážit zvýšené měrné náklady na provoz. Jinými slovy, lze i tento případ a téměř všechny případy ostatní převést na ekonomické kritérium.

Stanovení optimální doby provozu konkrétního prvku je možné při praktické realizaci podstatně zjednodušit. Pro daný typ prvku lze statisticky zjistit nejen hodnotu $U(t_{do}, t_{po})$, ale rovněž tak lze předepsat optimální algoritmus diagnózy a zjistit jemu odpovídající průběh přímých měrných nákladů na diagnostiku průměrného prvku $V_d(t)$. Dále pak je možné z přímých měrných nákladů na provoz prvku vyčlenit konstantní složku těchto nákladů a rovněž ji statisticky zjistit:

$$V_p'(t) = V_{pr}'(t) + B \quad (25)$$

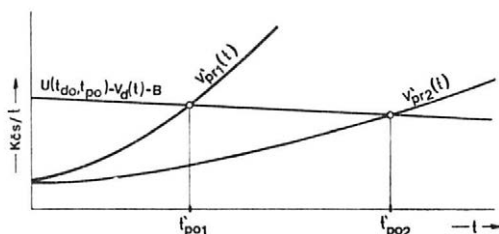
kde: $V_{pr}'(t)$ — progresivní složka přímých měrných nákladů na provoz konkrétního prvku (spotřeba paliva, oleje, ztráta výkonu apod.)

B — konstantní složka přímých měrných nákladů na provoz (mzda obsluhy, garážování, režie apod.)

Na základě uvedené úvahy a za pomoci vztahů (24) a (25) lze vyjádřit podmínku pro stanovení optimální doby provozu konkrétního prvku takto:

$$V_{pr}'(t) = U(t_{do}, t_{po}) - V_d(t) - B \quad (26)$$

Grafické zobrazení podmínky (26) je na obr. 5. Jak je zřejmé, celou pravou stranu rovnice (26) lze stanovit statisticky pro průměrný prvek daného typu a na základě diagnostického stanovení progresivní složky přímých měrných nákladů na provoz $V_{pr}'(t)$ lze snadno určit optimální dobu provozu konkrétního prvku t_{po}' (viz obr. 5). Je pouze otázkou dohody, zda pro jednoduchost nebude účelné do funkce $V_{pr}'(t)$ zahrnout také některou část nákladů konstantních. Např. spotřeba paliva a oleje může být celá zahrnuta do progresivní složky, ovšem nesmí s ní být potom ještě počítáno ve složce konstantní.



$[U(t_{do}, t_{po}) - V_d(t) - B]$ — statisticky zjištěné údaje platné pro průměrný prvek
 t_{po1}' ; t_{po2}' — optimální doby provozu konkrétních prvků

5. Zjednodušený postup stanovení optimální doby provozu konkrétního prvku

V_{pr1}' — progresivní složka přímých měrných nákladů na provoz konkrétního prvku náhodně horší kvality

V_{pr2}' — progresivní složka přímých měrných nákladů na provoz konkrétního prvku náhodně lepší kvality

V případě, že progresivní složka $V_{pr}'(t)$ u daného typu prvku neexistuje, bude prvek zpravidla vyřazován před ukončením svého technického života v nejbližším termínu diagnostické prověrky.

V ostatních případech je možno nalézt vazbu mezi hodnotou $V_{pr}'(t)$ a příslušným diagnostickým parametrem a k vyřazení přistoupit po dosažení mezní hodnoty tohoto parametru.

V případě, že měrné náklady na diagnostiku $V_d(t)$ se budou s dobou provozu t měnit pouze v zanedbatelné míře, je možné pravou stranu rovnice (26) považovat za konstantu a předepsat jedinou mezní hodnotu diagnostického parametru,

kteřá bude u libovolného konkrétního prvku daného typu odpovídat optimální době provozu t_{po} , přičemž tato optimální doba bude samozřejmě případ od případu různá. Je možné např. vyslovit domněnku, že pro každý typ spalovacího motoru existuje jediná hodnota měrné spotřeby pohonných hmot a mazadel, po jejímž dosažení je účelné motor opravit nebo vyřadit z provozu. Rozpracování uvedeného námětu řešení pro ty případy, kdy je aplikovatelný, by mohlo podstatně zjednodušit jak složitou přípravu, tak i vlastní vyhodnocování diagnostických měření.

ZÁVĚR

Z rozboru a dílčích závěrů je zřejmé, že technická diagnostika má své opodstatnění v soustavě péče o provozuschopnost strojů pouze tehdy, jestliže příznivě ovlivňuje měrné náklady na provoz prvku, stroje či technické soustavy. Kritérium minima měrných nákladů je třeba respektovat při výběru diagnostických metod, při sestavování algoritmů diagnózy a při určování mezních podmínek provozu strojních prvků.

Uvedené kritérium ovšem nelze prakticky aplikovat, pokud nejsou zatím k dispozici potřebné statistické údaje v podobě charakteristik spolehlivosti jednotlivých strojů a jejich prvků. Je třeba vzít v úvahu, že i když se v budoucnu stav zlepší a potřebné informace budou shromažďovány, budou to vždy informace relativně zastaralé, protože statistické závěry o provozní spolehlivosti nového typu prvku je možné dělat až po určité době jeho hromadného nasazení do provozu. Jako mimořádně významné se tedy jeví vypracování takové metodiky posuzování nových strojů a jejich prvků z opravárenského hlediska, která by respektovala vliv dědičnosti konstrukce, vliv experimentálně ověřené změny kvality materiálu, vliv změny podmínek činnosti apod.

Bude-li např. u spalovacího motoru při zachování stejného výkonu snížena pístová rychlost, lze předpokládat, že o úměrnou hodnotu se zvýší střední doba technického života pístů a vložek válců. Na základě takto hypoteticky stanovených charakteristik spolehlivosti je možné stanovit již u nového prvku nebo stroje mezní podmínky provozu a za daných podmínek navrhnout optimální algoritmus diagnózy, který bude možné po zpracování údajů z provozu postupně zpřesňovat.

Navržený způsob stanovení minima měrných nákladů na provoz prvku má ještě další možnosti aplikace, o kterých je třeba se stručně zmínit.

1. Ve vztahu pro měrné náklady na provoz prvku se objevuje jako významná veličina redukováná hodnota prvku na počátku provozu N_r . Hodnota N_r přechází v průběhu provozu jako zhmotnělá práce do hodnoty produkce, což v použité terminologii znamená nákladové zatížení doby provozu. Vyjdeme-li z předpokladu, že celkové měrné náklady na provoz jsou za období exploatace stroje či prvku zprůměrovány, dospíváme k závěru, že na počátku provozu je odčerpáno více práce zhmotnělé a méně je vynaloženo na přímé provozní náklady, kdežto na konci exploatačního období je tomu naopak. Odvozené vztahy skýtají možnost stanovit po dalším matematickém zpracování intenzitu přechodu zhmotnělé práce do hodnoty produkce. Lze tak sestavit technicko-ekonomicky zdůvodněné pokyny pro regresivní účetnické odpisy strojů a vytvořit předpoklady pro jejich intenzivnější a účelnější využívání.

2. Na základě podrobnějšího rozboru funkční závislosti redukovévané hodnoty prvku na době provozu lze dospět k závěru, že optimální doba pro vyřazení průměrného prvku z provozu je totožná s okamžikem, kdy redukováná hodnota prvku je vyčerpána, čili veškerá zhmotnělá práce přešla do hodnoty produkce. Jestliže však je třeba ukončit život technické soustavy jako celku, nebude zřejmě možné, aby všechny prvky zcela vyčerpaly svoji redukovanou hodnotu v jednom časovém okamžiku a nutně tedy bude docházet ke ztrátám. Navržené řešení zatím tuto skutečnost nerespektuje a je proto vhodné pouze pro izolovaný prvek, i když prvkem může být míněn poměrně složitý

mechanismus. Nabízí se možnost rozpracovat řešení pro technickou soustavu skládající se z více prvků, přičemž kritériem pro optimální dobu ukončení provozu nebo opravu celé soustavy by bylo minimum sumy nevyčerpaných redukováných hodnot jednotlivých prvků.

3. V odvozených vztazích nebyl zatím respektován vliv morálního opotřebení strojů a jejich prvků. Vezmeme-li v úvahu, že morální opotřebení je ekonomickým činitelem, lze je vyjádřit změnou dosažitelného minima celkových měrných nákladů na provoz stroje nového typu ve srovnání s typem starým. V tomto směru se jeví účelné předložený návrh stanovení mezních podmínek provozu strojních prvků dále rozpracovat. Prakticky to znamená, že ve vztahu (24), popřípadě (26), nebude minimum měrných nákladů $U(t_{do}, t_{po})$ konstantní, ale bude v podobě funkční závislosti na kalendářním čase zahrnovat předpokládaný trend změny kvality nových typů strojů. Jelikož pro dané exploatační podmínky je doba provozu funkčně závislá na kalendářním čase, jeví se problém jako řešitelný.

Literatura

- HAVLÍČEK J., 1967, Příspěvek k teorii mezního opotřebení strojních součástí. Zem. technika 13, 4 : 201-212.
- KOMRSKOVÁ I., LEGÁT V., PEJŠA L., 1972, Optimalizace zabezpečování provozu-schopnosti strojů. Zem. technika 18, 3 : 177-188.
- LEGÁT V., 1972, Využití některých charakteristik spolehlivosti k optimalizaci systémů oprav. Zem. technika 18, 6-7 : 427-442.
- PEJŠA L., LEGÁT V., HAVLÍČEK J., 1970, Vliv variability fyzické životnosti na stanovení optimální doby používání strojů v provozu. Zem. technika 16, 3 : 149-158.
- PEJŠA L., 1972, Problémy optimalizace technické diagnostiky. Sborník referátů na vědecké konferenci mechanizační fakulty VŠZ Praha.
- SELIVANOV A. I., 1964, Osnovy teorii stáření mašin. Mašinostrojenie, Moskva.

Došlo dne 1. 6. 1973

ПЕЙША Л. (Сельскохозяйственный институт, Прага-Сухдол, Чехословакия). Влияние диагностики на предельные условия эксплуатации деталей машин. Zem. technika 20 (2) : 115-127, 1974.

Решенная проблема объясняет, каким образом затраты влияют на диагностику предельных условий эксплуатации деталей машин и какое обратное влияние предельных условий на экономическую обоснованность применения методов диагностики и алгоритмов. При помощи минимализации удельных затрат на единицу времени эксплуатации машин или детали для данного функционального выражения затрат на диагностику определено оптимальное время внедрения диагностики и оптимальное время окончания эксплуатации. Теоретически метод определения оптимального времени эксплуатации детали машины обоснован единой предельной величиной диагностического параметра.

оптимализация; ремонтное дело

PEJŠA L. (University of Agriculture, Praha-Suchdol, Czechoslovakia). *The Effect of Diagnosis on the Marginal Conditions of the Operation of Machine Units*. Zem. technika 20 (2) : 115-127, 1974.

The paper explains the ways in which diagnosis costs affect the marginal conditions of the operation of machine units and *vice versa*, the effect of marginal conditions on the economic justification of the application of diagnostic methods and algorithms. The minimization of specific costs per unit of machine (or machine-unit) operation is employed to determine the optimum time of the application of diagnosis and the optimum time of stopping the operation, for the given functional expression of the diagnosis costs. The paper gives theoretical reasons for the method of determining the optimum operation time of a machine unit by a single marginal value of the diagnostic parameter.

optimization; repair activities

PEJŠA L. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha-Suchdol, Tschechoslowakei). *Einfluß der Diagnostik auf Grenzbedingungen des Betriebes von Maschinenelementen*. Zem. technika 20 (2) : 115-127, 1974.

Das zu lösende Problem klärt auf, in welcher Weise die Kosten für die Diagnostik die Grenzbedingungen des Betriebes von Maschinenelementen beeinflussen und umgekehrt welche ist die Rückwirkung der Grenzbedingungen auf die ökonomische Rechtfertigung der Anwendung von diagnostischen Methoden und Algorithmen. Mit Hilfe der Minimierung von spezifischen Kosten für die Zeiteinheit des Betriebes der Maschine oder des Maschinenelementes wird für die gegebene funktionsgerechte Darstellung der Kosten für die Diagnostik eine optimale Zeit der Geltendmachung der Diagnostik und die optimale Zeit des Betriebsabschlusses festgelegt. Theoretisch wird das Verfahren der Festlegung einer optimalen Betriebszeit des Maschinenelementes mittels eines einzigen Grenzwertes des diagnostischen Parameters begründet.

Optimierung; Reparaturwesen

Adresa autora:

Doc. ing. Ladislav Pejša, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

Upozorňujeme čtenáře, že v čísle 5 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

budou uveřejněny články:

Blažek J.: Použití šnekového přihrnovače píce v krmných linkách

Žák K.: Porovnání radličného a rotačního pluhu při orbě na svahu

Šesták J.: Aplikácia dimenzionálnej analýzy na niektoré silové
a výkonové požiadavky procesu mlátenia

Roh J.: Teoretický rozbor vlivu hydrostatické transmise na prokluz
pojezdových kol

PŘEHLED MĚŘICÍ TECHNIKY A MĚŘICÍCH METOD POUŽÍVANÝCH VE VÚZT V PRAZE-ŘEPÍCH

Měřicí a výpočetní technika se v současné době stala ve výzkumné sféře nejdůležitějším prostředkem k získávání a zpracování vědeckotechnických informací všeho druhu.

Při zhodnocení vývoje měřicí a výpočetní techniky ve VÚZT vystupuje do popředí jeden ze základních rysů – velmi těsná souvislost mezi vývojem a strukturou měřicí techniky na straně jedné a vývojem a zaměřením výzkumu na úseku zemědělské techniky na straně druhé.

Hlavním úkolem měřicí techniky ve VÚZT je zajistit řešení výzkumných úkolů na základě požadavků jednotlivých pracovních skupin. Částečně se dělají zakázky i pro jiné organizace.

Vlastní provoz měřicí a výpočetní techniky ve VÚZT v současné době zajišťuje:

- 1) přípravu a provedení měřicích prací,
- 2) vývoj speciálních částí měřicích linek, resp. jejich kompletaci,
- 3) modernizaci měřicí a výpočetní techniky,
- 4) údržbu a ošetřování měřicí a výpočetní techniky.

První fázi rozvoje měřicí techniky ve VÚZT charakterizuje vysoký podíl vývojových prací. Byla zkonstruována řada tenzometrických a diferenciálních snímačů, dvoukanálová staticko-dynamická měřicí aparatura atd.

Rovněž poloautomatické vyhodnocovací zařízení grafických záznamů a měřicí vůz na podvozku terénního automobilu PRAGA V3S se v praxi velmi dobře osvědčily při zajišťování činnosti měřicí techniky ve VÚZT. Uskutečňovala se převážně tenzometrická měření mechanických veličin při pevnostním, energetickém a technologickém zhodnocení zemědělských strojů resp. jejich pracovních orgánů, měření teplot odporovými teploměry s dálkovou dlouhodobou registrací při skladování zemědělských produktů, měření vzduchotechnických parametrů při dopravě, zpracování a konzervaci materiálů.

NĚKTERÉ PŘÍSTROJE A METODY MĚŘENÍ POUŽÍVANÉ VE VÚZT

1. Důležitou částí činnosti měřicí techniky VÚZT jsou tenzometrická měření při technickém, energetickém a technologickém hodnocení zemědělských strojů. Pro tyto účely je oddělení vybaveno tranzistorovou tenzometrickou měřicí aparaturou TSA 4, určenou pro přesná statická měření, dynamickými měřicími aparaturami TDA 3, TDA 6 a řadou tenzometrických čidel. Měřené veličiny jsou registrovány přímopísičím osmikanálovým oscilografem RFT typu 8 LS-1, resp. dvanáctikanálovým klasifikátorem RFT typu KLA-1.

2. Pro zjišťování hmotnosti přepravovaných nákladů při řešení výzkumných úkolů v zemědělském provozu byla na-

vržena přenosná tenzometrická dvanáctitunová polní váha. Je určena především pro vážení nákladů přepravovaných na jednoosých a dvouosých vlečných vozzech s běžnými rozvory a rozchody kol. Váha je deformací, na principu odporových tenzometrů. Ve čtyřech tlakových snímačích jsou umístěny jednotlivé měřicí kroužky s nalepenými odporovými tenzometry. Na dvojicích tlakových snímačů s pevně nastavenou vzdáleností je uložena vlastní nájezdová plošina. Vzhledem k tomu, že váha je určena i k vážení nákladů přepravovaných na dvouosých vlečných vozzech, jsou tyto plošiny dvě a jejich vzdálenost se nastavuje v závislosti na rozvoru vážených vozů.

Použitá elektronická měřicí aparatura typu TDT 59 je napájena ze sítě. Váha má tři základní rozsahy: 0–2500, 5000 a 12 000 kp. Přesnost vážení je minimálně 2 % (Sláma 1969).

3. Skupina měřicí a výpočetní techniky je vybavena analogovým počítačem TESLA AP-4, který je používán k modelování procesů v zemědělském výzkumu, např. při řešení pneumatické dopravy sypkých produktů (Vávra 1965), při výzkumu samočinného navádění traktorů v rádcích (Kosek a kol. 1966).

Na počítači jsou zpracovány úlohy řešení pohyb mobilních agregátů při práci, dopravních prostředků v zatáčkách, vyšetřující dráhy libovolných bodů pracovních orgánů, pohyb materiálu jako výsledek funkční činnosti pracovních orgánů zemědělských strojů atd.

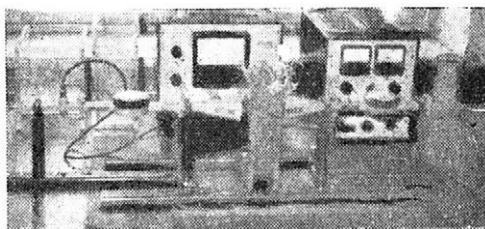
Analogový počítač je využíván při poloautomatickém vyhodnocování grafických záznamů měření (Vorlíček 1972).

4. Ve skupině byl rovněž navržen a vyroben přenosný tranzistorový registrátor časových snímků pracovních operací. Základem registrátoru je stokylový budík se zabudovaným fotoelektrickým snímačem. Na výstup tranzistorového zesilovače lze připojovat tlačítkovou soupřávkou postupně 10 elektromagnetických počítadel. Vzhledem ke kapacitě napájecích zdrojů mohou být v provozu maximálně tři počítačidla současně.

5. Podle dokumentace poskytnuté pracovníky fyzikálního ústavu KU v Praze byl navržen a vyroben neselektivní registrátor přejezdu motorových vozidel. Pracuje na principu změny indukčnosti snímací smyčky položené ve vozovce; tato indukčnost je vyvolána pohybem kovové hmoty vozidla nad smyčkou. Průjezdy vozidel jsou indikovány na elektromagnetickém počítadle. Přístroj lze napájet ze sítě i z akumulátoru. Jeden z přístrojů je v provozu nasazen ve spojení s filmovou kamerou upravenou pro snímání jednotlivých obrázků.

6. Rychlokamera v zemědělském výzkumu dává velké možnosti studia jednotlivých úseků technologických procesů. Soustava zařízení umožňuje velmi rychle vyvolání filmu a jeho prohlížení. Vyhodnocuje se promítací metodou. Aby se usnadnilo a urychlilo vyhodnocování, bylo vyvinuto zařízení umožňující automaticky zastavit snímky v předem nařízeném intervalu.

Rychlokamerou typu ZEITLUPE ZL-1 s šíří filmu 35 mm byla například hodnocena funkční činnost pracovních orgánů drhlíků kukuřičných palic, odlučovače kamene atd. (Květoň 1970).

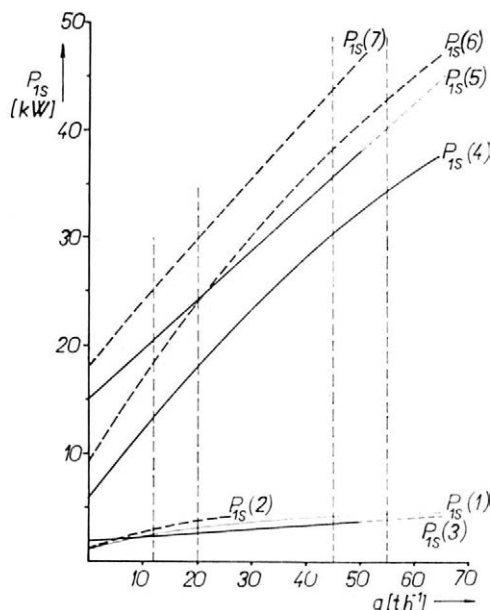


1. Laboratorní souprava pro mikrovlnné měření vlhkosti

7. Laboratorní mikrovlnná souprava (obr. 1) je určena pro zjišťování fyzikálních vlastností materiálů metodou měření absorpce energie mikrovln při jejich průchodu zkoumaným vzorkem. Zařízení pracuje s nosným kmitočtem 9600 MHz s modulací 1 kHz. Je využíváno pro rychlé nedestruktivní měření vlhkosti sypkých materiálů (obilí) – (Mikrovlnný měřič).

Vzhledem k tomu, že tato metoda vyžaduje cejchování přístroje pro každý druh měřeného materiálu, je výhodná především v případech, kdy se měří značný počet vzorků téhož materiálu v rychlém sledu za sebou.

Souprava je doplněna tranzistorovým měřicím výkonu TESLA QXC 900 04 a univerzálním měřicím vedením TESLA QDV 902 12. Lze ji rovněž použít pro měření dielektrických vlastností mate-



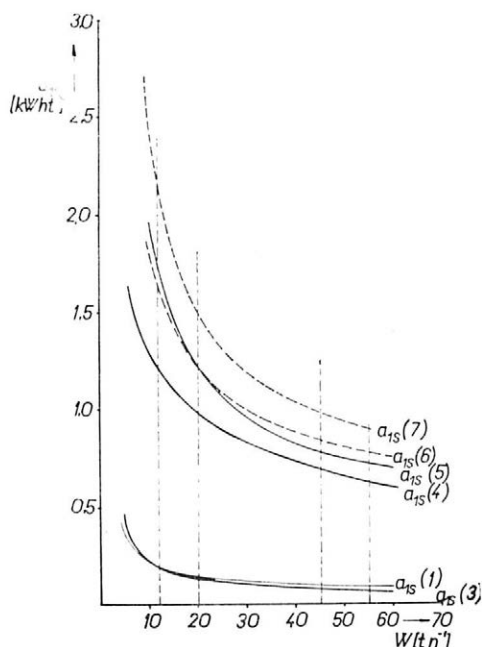
2. Příkonové charakteristiky strojů a metačových linek

riálu v oblasti nosné frekvence (např. reflexe mikrovln, ztrátového faktoru).

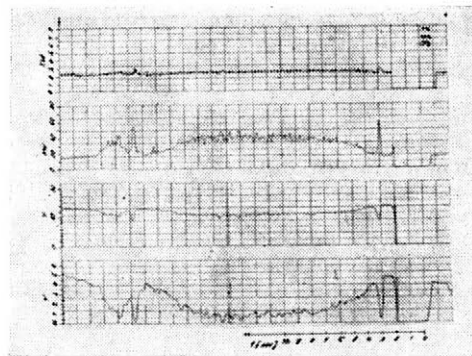
8. Pro výzám sušení zemědělských produktů kombinovaným ohřevem mikrovlnami a konvekčně byla zkonstruována mikrovlnná laboratorní sušárna (v výkon 2 kW, 2375 MHz), vybavená měřicí aparaturou pro zjišťování sušících charakteristik při různých pracovních rytmích sušárny. Úbytek hmotnosti sušeného vzorku je měřen speciální tenzometrickou měřicí linkou. Zatížení měrného kroužku se čtyřmi aktivními tenzometry, vyvozené pákovým mechanismem, je úměrně okamžité hmotnosti vzorku. Výstupní analogový signál je indikován číslicovým voltmetrem a přes AC převodník registrován tiskárnou (H a š, P a s t o r e k 1972).

9. Ve skupině agrofyzičky materiálů se dělala pykrometrická měření hmotností pórovitých materiálů, měření drobivosti, tvrdosti a stlačitelnosti těchto materiálů. V současné době probíhá měření tepelných vlastností (měrné teplo, tepelná a teplotní vodivost) tvarovaných zemědělských produktů (F i a l a, J e l í n e k 1972).

10. Ve skupině agrofyzičky procesů byla dále měřena rovnoměrnost ozáření na ploše ozářované zářičem určeným pro doplňkové osvětlení skleníků. V současné době se měří přirozené osvětlení ve skle-



3. Charakteristiky měrné spotřeby strojů a metačových linek



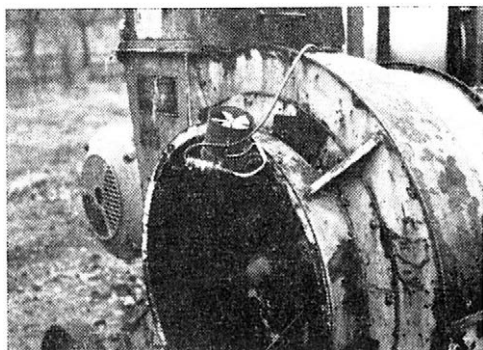
4. Umístění anemometru na sacím otvoru metače

nících na pokusných záhonech pokrytých odraznou fólií.

11. V oddělení energetiky proběhly některé vývojové práce na žací mlátičce. Na měřicí magnetofon TESLA EMN 140 byly registrovány dodávky paliva, otáčky motorů, pojezdová rychlost, výška vrstvy materiálu, časový průběh činnosti servomotorů atd. Výsledky jsou zpracovávány částečně analogovým počítačem AP4, částečně běžným způsobem po převedení magnetického záznamu přímopíšícím oscilografem na záznam grafický.

Rychlostní regulátorové charakteristiky a tahové charakteristiky energetických zdrojů jsou měřeny a zpracovávány běžnou měřicí technikou.

Oddělení energetiky se zabývá také měřeními příkonových charakteristik zemědělských strojů. Pro tyto účely je vybaveno běžnými přístroji, které jsou sestaveny stavebnicovým způsobem umožňujícím měřit v blízkosti stroje, čímž od-



5. Záznam z měření průtočného množství vzduchu

padají dlouhé spojovací kabely. Na obr. 2 a 3 jsou typické ukázky grafického záznamu naměřených hodnot.

V poslední době se v oddělení měřil průtok vody v napájecích žlabech bezdotykovým snímačem; signál byl zaznamenán bodovým zapisovačem. Zároveň byly registrovány teploty vody a teploty uvnitř a vně stáje.

ZÁVĚR

Článek ve zkratce seznamuje s vybranými metodami měření a přístrojovou technikou, která je používána ve VÚZT. Informace je zaměřena především na

Jiným druhem měření bylo zjišťování průtočného množství vzduchu v metačích. Měřili jsme upraveným anemometrem umístěným na sacím otvoru metače (obr. 4). V průběhu měření byla zaznamenávána rychlost proudícího vzduchu a příkon metače v závislosti na čase (obr. 5) — (P á z r a l 1972).

techniku, která byla vyvíjena nebo kompletována v průběhu řešení výzkumných úkolů, přičemž skýtá možnost širšího využití.

Ing. Josef Sláma

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha-Řepy

Rukopis odevzdán k tisku 4. 12. 1973 — Podepsáno k tisku 19. 3. 1974

Balcar V., Kopřiva M.: Některé poznatky z expanzního sušení potravních produktů	69
Hoffman P.: Problematika výměny tepla v deskových odparech	79
Bláha K.: Význam dvoustupňového odstřeďování výkalů prasat	87
Mareš Z., Hey W.: Měření ztrát při dopravě zrna	105
Pejša L.: Vliv diagnostiky na mezní podmínky provozu strojních prvků	115

Nové metody

Sláma J.: Přehled měřicí techniky a měřících metod používaných ve VÚZT v Praze-Řepích	129
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Балцар В., Копржива М.: Некоторые данные о расширительной сушке пищевых продуктов	75
Гоффиан П.: Problematika теплообмена в пластинчатых испарителях	86
Блага К.: Значение двухступенчатого центрифугирования экскрементов свиней	101
Мареш З., Гей В.: Измерение потерь при транспортировке зерна	113
Пейша Л.: Влияние диагностики на предельные условия эксплуатации деталей машин	126

CONTENT

Balcar V., Kopřiva M.: Some Information from Expansion Drying of Foodstuff Products	76
Hoffman P.: The Problems of Heat Exchange in Plate Evaporators	86
Bláha K.: The Importance of Two-stage Centrifugation of Hog Faeces	102
Mareš Z., Hey W.: Measuring of Losses Occurring in the Transport of Grain	113
Pejša L.: The Effect of Diagnosis on the Marginal Conditions of the Operations of Machine Units	126

INHALT

Balcar V., Kopřiva M.: Einige Erkenntnisse aus der Expansionstrocknung der Lebensmittelprodukte	76
Hoffman P.: Problematik des Wärmeaustausches in Plattenverdampfern	86
Bláha K.: Die Bedeutung des Zweistufenzentrifugierens der Schweineexkremente	102
Mareš Z., Hey W.: Das Messen der Verluste während des Korntransportes	113
Pejša L.: Einfluß der Diagnostik auf Grenzbedingungen des Betriebes von Maschinenelementen	127

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS – ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova ulice 22, 120 00 Praha 2.