

4/6

VEDECKÝ ČASOPIS

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA



5

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

ÚSTŘEDÍ ZEMĚDĚLSKÉHO A POTRAVINÁŘSKÉHO VÝZKUMU

ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

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

Vedoucí redaktor Čeněk Rendl

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1968

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

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

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

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

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

PŘEDMĚT A ÚKOLY AGROFYZIKY

Jako ve všech průmyslových oborech, tak i ve vyspělém moderním zemědělství dochází k stále většímu uplatňování fyzikálních zákonitostí, metod a jevů. Nejde jen o uplatnění zákonů mechaniky při konstrukci a činnosti mechanizačních prostředků, ale o uplatnění celé oblasti fyziky, tj. kromě mechaniky i nauky o teple, elektrických a magnetických jevů, optiky, akustiky a záření včetně jaderné fyziky.

Fyzikálních metod a zařízení lze užít v různých oborech zemědělství. Nejúčinněji se ale uplatní v oboru zemědělské techniky, a to jak v teoretických, tak v praktických disciplínách.

Speciálním oborem, jehož úkolem je využívat fyziky při technologických procesech zemědělské výroby k zvyšování produkce, snižování ztrát a zlepšování kvality zemědělských výrobků, je agrofyzika.

Předmět a náplň agrofyziky se stále zpřesňují. V klasickém pojetí E. Wollnyho zahrnovala agrofyzika hlavně studium fyziky půdy. A. F. Ioffe, zakladatel Agrofyzikálního ústavu v Leningradě, rozšířil náplň agrofyziky o studium celého mikroklimatu, půdního i ovzdušného, a vlivu jeho fyzikálních činitelů na životní projevy rostlin a úrodnost půdy, dále o studium biologických projevů skladovaných zemědělských produktů a o výzkum fyzikálních metod a přístrojů ke zkoumání fyzikálních vlastností půdy a rostlin a řízení jejich biologických činností.

Současný stav fyziky, biofyziky, mechanizace a technologií zemědělské výroby vyžaduje, aby předmět agrofyziky byl dále rozšířen. Náplň agrofyziky se musí stát studium všech fyzikálních faktorů, které jakýmkoliv způsobem ovlivňují rostlinné i živočišné organismy a zemědělské produkty. Významná je i znalost fyzikálních vlastností biologických organismů (rostlinných i živočišných) a produktů, zejména v jejich seskupeních a statisticky homogenních i nehomogenních souborech. Znalost fyzikálních vlastností organismů (biologických objektů) a znalost vlivů, které na tyto organismy působí během jejich života, růstu či posklizňového zpracování, umožní nejen umělé vytváření těch podmínek, které ovlivňují příznivě kvalitu i produkci organismů, ale též konstrukci takových mechanismů, které během technologického procesu v maximální míře omezí nepříznivé působení na biologické objekty.

Na základě uvedeného je možno pokusit se stanovit definici současné agrofyziky. Agrofyzika je hraniční vědní obor, zkoumající teoreticky i experimentálně jednak fyzikální vlastnosti biologicky aktivních objektů, tj. půdy, souborů a hromadných seskupení biologických organismů, materiálů ovlivňujících výživu zvířat i rostlin a zemědělských produktů, jednak fyzikální a biofyzikální vlastnosti procesů probíhajících v těchto biologicky aktivních objektech, zejména ve vztahu k různým

fyzikálními faktory prostředí a mechanismů, s cílem ovlivnit zemědělské biologické objekty a procesy fyzikálními prostředky tak, aby se zvýšila úrodnost půdy, výnosy plodin, užítkovost zvířat, kvalita zpracovávaných produktů, a aby byly objeveny nové racionální směry v technologiích zemědělské výroby.

Svým posláním je agrofyzika vědou užitou, ovšem podstatná část jejích úkolů má charakter základního badatelského výzkumu. Protože svými výsledky bezprostředně ovlivňuje technologii zemědělské výroby, je agrofyzika především teoretickou bází technologického výzkumu, i když přispívá také k rozšiřování poznatků jiných oborů.

Celý obor agrofyziky lze dělit do několika samostatných vědeckých disciplín. Na základě dnešního stavu agrofyzikálního výzkumu je možné toto členění:

1. *Agrofyzika půdy.* Zkoumá vliv mechanismů, mikroklimatu a jiných fyzikálních faktorů na strukturu a úrodnost půdy. Zjišťuje např. vliv pracovních mechanismů strojů na fyzikální vlastnosti půdy, zkoumá výměnu tepla, výpar vody, vliv tlaku na úrodnost, vliv umělých závlah a postřiků na úrodnost půdy, možnosti užití elektroosmózy a akustických polí při kultivaci či úpravě obsahu minerálních látek v půdě, použití plastických hmot k ovlivnění vlastností půdy a jejího mikroklimatu.

2. *Agrofyzika materiálů.* Zkoumá mechanické, reologické, tepelné, elektrické, optické a jiné fyzikální vlastnosti biologicky aktivních zemědělských objektů (kromě půdy) v různých stadiích technologického procesu, a to jak souborů jedinců, tak zejména hromadných seskupení, tj. formací navzájem na sebe působících jedinců. Takovým seskupením je např. obilní stěna nebo vrstva zrna, píče, okopanin, kašovitého krmiva, a to v klidovém i pohyblivém stavu.

3. *Agrofyzika procesů a prostředí.* Řeší vliv mechanismů, technologických procesů a prostředí na fyzikální, biofyzikální a energetické děje uvnitř biologicky aktivních objektů nebo mezi těmito objekty a prostředím během života, vegetace nebo při zpracování, skladování a konzervaci. Zkoumá např. vliv funkčních mechanismů strojů a dopravníků na biologickou hodnotu zpracovávaných nebo dopravovaných plodin či produktů, vliv přípravy a úpravy krmiva na jeho nutriční hodnotu, fyzikální děje a energetické bilance uvnitř produktů, vliv strojního dojení na fyziologii mléčné žlázy, vliv různých fyzikálních faktorů prostředí (teploty, vlhkosti, prašnosti, hluku, proudění vzduchu), kromě záření, na zdravotní stav a produkci zvířat a na růst rostlin, zejména v umělých podmínkách, vliv umělé atmosféry, vakua, chladu a jiných faktorů na úpravu, konzervaci a kvalitu skladovaných produktů. Zabývá se tvorbou energetických bilancí zvířat, rostlin, produktů a prostředí v závislosti na změnách faktorů prostředí, vytváří modely agrofyzikálních, energetických a biologických procesů v zemědělských biologických objektech. Zkoumání vlivu fyzikálních faktorů prostředí na biologické procesy hospodářských zvířat a rostlin lze zařadit do speciálních disciplín zvaných zooklimatologie a fytoklimatologie.

4. *Radiační agrofyzika.* Zabývá se zejména aplikací elektromagnetického, akustického a ionizujícího záření a zkoumáním vlivů elektrických, magnetických i jiných fyzikálních polí na rostlinné a živočišné organismy a ostatní biologicky aktivní objekty. Obor ionizujícího záření bývá někdy pro své specifické úkoly řazen do samostatné vědní disciplíny, zvané zemědělská

radiobiologie. Radiační agrofyziķa řeší např. tyto problémy: vliv elektromagnetického záření na zvířata a rostliny, řízení fotosyntézy během vegetace rostlin ve sklenících, vliv záření na klíčivost semen, užití ionizujícího záření při šlechtění rostlin, užití záření při skladování a konzervaci produktů, vliv záření na půdní a skladové škůdce a na létající hmyz, vliv záření na mikroflóru stájových prostorů, dezinfekci a sterilizaci zářením, vliv elektrických a magnetických polí, výbojů a ionizace vzduchu na změny biologických procesů v rostlinách a v organismu zvířat, užití elektrických a magnetických polí k třídění kulturních semen a plevelů, třídění klíčivých a neklíčivých semen, výzkum bioluminiscence a závislosti luminiscenčního záření na biologické hodnotě produktů.

5. Významnou součástí agrofyziķálního výzkumu je hledání a ověřování experimentálních metod, speciálních měřicích přístrojů a zařízení pro získávání informací o stavu a fyzikálních procesech v rostlinných a živočišných organismech, v půdě a v produktech během jejich zpracování; dále je to přenos informací, teorie interpretace experimentálních výsledků od matematického zpracování stochastických dat přes teorii dimenzí a podobnosti až k teorii modelování. Znalost vnitřních procesů zemědělských biologických objektů, studovaných výše uvedenými agrofyziķálními disciplínami, dovoluēe využít teoretických experimentálních metod i získaných výsledků výzkumu k vytvoření kybernetických modelů dynamických soustav a k zásadám řízení a regulace vnitřních operací v technologických procesech.

Vymezujeme-li vědní obor agrofyziķiky, pak musíme stanovit také její vztah k ostatním příbuzným vědním oborům. Od ryze technických oborů, jako je zemědělská mechanika, terramechanika, využití zemědělské techniky, zemědělská energetika, se agrofyziķika liší zásadně tím, že jejím předmětem je zkoumání vlivu zemědělské techniky na kvalitativní fyzikální, biologické a nutriční změny biologicky aktivních zemědělských objektů. Vliv biologických objektů na účinnost zemědělské techniky se zkoumá jen tehdy, vyvolávají-li způsobené změny činnosti technických zařízení zpětnou vazbu na biologické objekty. Hranice mezi agrofyziķikou a biologickými obory, včetně biofyziķiky, je dána tím, že agrofyziķika zkoumá především vnější biologické změny živých organismů a rostlin, přičemž předmětem zkoumání nejsou jedinci, ale především jejich hromadné seskupení. Vnitřní procesy zkoumá agrofyziķika jen u zemědělských produktů nebo jiných neživých biologicky aktivních objektů (krmiva, hnojiva).

Zemědělské produkty se nezpracovávají jen v zemědělském, ale i v potravinářském odvětví. Z těch důvodů lze výsledky agrofyziķálního výzkumu i jeho metody aplikovat také v základním potravinářském výzkumu.

Vědní obor agrofyziķiky se v současné době teprve formuje. Uvedené rozčlenění jeho náplně, vymezené pracovní skupinou pro agrofyziķiku, ustavenou odborem techniky Ústředí zemědělského a potravinářského výzkumu, nemusí proto být definitivní. Uvádíme je proto, aby bylo vidět, jak obsáhlý a rozmanitý je tento obor a jaké široké možnosti poskytuje jeho využití v zemědělství.

Ing. Stanislav Haš, CSc.

631.364 : 621.867.9

■ V souvislosti s rozšířením nové velkovýrobní technologie výroby bílkovinných krmiv (senáže) ve věžových silech [23] se začíná uplatňovat vertikální doprava řezané píce potrubím bez unášecího pracovního orgánu, např. metači nebo pneumatickými dopravníky [11].

Nejvýznamnější předností tohoto způsobu dopravy proti mechanickým dopravníkům s unášecím pracovním orgánem (např. proti pásovým, škrabkovým, korečkovým dopravníkům) jsou:

- manévrovatelnost, tj. možnost rychlého a snadného proložení, přesunu a zrušení dopravní trasy;
- přizpůsobivost k terénu, dosavadnímu technologickému zařízení aj.;
- možnost kombinace dopravy s jinými technologickými procesy, jako přerézáváním dopravovaného materiálu [4, 16];
- pohyb materiálu uvnitř potrubí, takže nedochází k jeho ztrátám roztroušením;
- kompaktnost zařízení, minimální nároky na plochu a prostor, malá hmotnost;
- jednoduchost zařízení; dopravník nemá prakticky pohyblivé části (s výjimkou oběžného kola metače či ventilátoru);
- nízké pořizovací náklady;
- nízké provozní náklady na obsluhu, technickou údržbu a opravy.

Tyto přednosti vertikální dopravy řezané píce potrubím jí dávají prakticky výsadní postavení při výběru plnicího systému k věžovým silům. Dokladem toho je skutečnost, že i přední výrobci věžových sil kompletují své typy věží metači či pneumatickými dopravníky.

Tato doprava však má i závažný nedostatek: vyšší měrnou spotřebu energie v porovnání s mechanickou dopravou. K odstranění tohoto nedostatku se přistupuje dvěma směry:

1. snahou po zdokonalení dopravy potrubím opatřeními teoretického [19], projekčního, konstrukčního [14, 20] a provozního [4, 16] charakteru;
2. snahou nahradit dopravu potrubím mechanickou dopravou s unášecím pracovním orgánem [11].

Předložená práce se přiklání k prvnímu z uvedených směrů.

1. PŘEHLED LITERATURY

1.1 METAČE A PNEUMATICKÉ DOPRAVNÍKY

V odborné literatuře i v praxi se živě diskutuje o otázce, zda je výhodnější používat metače, či pneumatického dopravníku. Na otázku se často odpovídá tak, že těžší a vlhčí materiály (řezaná zelená píce) se lépe dopravují metačem, zatímco lehčí a sušší materiály (seno, sláma) vzduchovým dopravníkem. Vhodný způsob dopravy řezané zavadlé píce, která stojí uprostřed obou uvedených druhů materiálu, zůstává nadále nerozřešenou a spornou otázkou.

Přitom oba stroje (metač i pneumatický dopravník) nejsou zcela jednoduše definovány. V praxi rozšířený názor se opírá výlučně o konstrukční uspořádání stroje. Podle tohoto názoru je metačem stroj, v němž dopravovaný materiál prochází lopatkovým kolem a je jím tedy urychlován. Ostatní stroje jsou pak pneumatické dopravníky. Podle Kampfa [20] může být materiál vkládán do potrubí přímo lopatkovým kolem i u klasického pneumatického dopravníku. Konstrukčním příznakem metače je podle tohoto autora koncentrická skříň místo spirálové. Z hlediska funkce je materiál dopravován u metače spíše vrhem než vzdušným proudem. Přesnější rozlišení uvádí Segler [podle Kampfa, 20]: U metače vzdušný proud sice podporuje dopravu, avšak jeho rychlost nestačí k další samostatné dopravě materiálu.

Způsob činnosti metače charakterizuje Segler takto:

Materiál přichází do středu skříně, je uchopen lopatkami a opouští je u výstupního otvoru rychlostí přibližně rovnou obvodové rychlosti lopatek. Kromě materiálu proudí ze skříně určitou rychlostí i vzduch. V prvním úseku potrubí je rychlost materiálu větší než rychlost vzduchu a vzduch tedy materiál brzdí, v protikladu k pneumatické dopravě. V dalším úseku potrubí rychlost materiálu klesá až do minimální hodnoty nutné k tomu, aby se potrubí neucpalo; rychlost materiálu je pak menší než rychlost vzduchu.

Názory na užitečnost vzdušného proudu při dopravě metačem nejsou zcela jednotné. Všichni autoři [14, 16, 20] se shodují v tom, že rychlost vzduchu je užitečná z hlediska kinematiky dopravovaného materiálu, neboť podporuje dopravu a zvětšuje dostupnou výšku. Někteří autoři [14, 20] však pokládají rychlost vzduchu za nežádoucí z hlediska energetiky. Opírají se přitom o teoreticky odvozené [10, 18] relace

$$P \sim n^3 \dots \text{u pneumatické dopravy}$$

$$P \sim n^2 \dots \text{u mechanického vrhu}$$

kde: P — příkon (W)

n — frekvence otáčení lopatkového kola (rad s^{-1})

Doprava metačem stojí pak mezi těmito klasickými případy, neboť k čistému vrhu přistupuje částečně i doprava vzduchem. Kampf [20] navrhuje dokonce konstrukční úpravy lopatek, aby byl snížen hmotnostní průtok vzduchu dodávaného metačem v roli ventilátoru. Naproti tomu Harris [16] doporučuje použít při dopravě metačem navíc pomocný ventilátor, což umožní snížit frekvenci otáčení metače, a tím i příkon. Snížení frekvence otáčení je žádoucí i z hlediska zmenšení poškození dopravovaného materiálu [16, 20]. I když řezaná píce je méně náchylná k poškození, může při vysoké obvodové rychlosti lopatkového kola dojít u suššího materiálu k tvorbě prachu nebo k nežádoucímu rozmělnění vlhčího materiálu.

Při volbě rychlosti vzduchu vzhledem k obvodové rychlosti lopatkového kola musí být tedy uvažovány současně jak požadavky kinematiky, tak i energetiky [19], popř. i poškození materiálu. Tato otázka není v dostupné literatuře dosud uspokojivě vyřešena a vyžaduje zevrubné objasnění.

Doprava materiálu metačem se v podstatě skládá z těchto tří relativně samostatných a odlišných fází:

1. urychlení pohybu materiálu lopatkovým kolem,
 2. pohyb materiálu ve svislém přímém úseku potrubí,
 3. průchod materiálu obloukem na konci potrubí.
- Rozebereme tyto fáze jednotlivě poněkud podrobněji.

1.2 URYCHLENÍ POHYBU MATERIÁLU LOPATKOVÝM KOLEM

Kinematiku pohybu materiálu po lopatce rotující ve svislé rovině řešil pro zemědělské materiály teoreticky nejúplněji Kampf [14, 19]. Přitom došel k závěru, že ideální odhoz je čistě tangenciální s vyloučením radiální složky rychlosti. Je charakterizován tím, že částice dosáhly konce lopatky či stěny skříně nejpozději tehdy, když lopatka dosáhla výstupního otvoru skříně. Příkon je sice proti radiálnímu odhozu vyšší v důsledku tření částic o stěnu skříně [20], avšak zato budou částice odhozeny prakticky jedním směrem. Jejich rychlost bude přibližně rovna obvodové rychlosti lopatek. Dojde-li však lopatka k otvoru dříve než částice dosáhnou jejího konce, uplatní se i radiální složka jejich rychlosti. Směr odhozu bude pak různý a částice budou rozptýleny. Potrubí musí být uloženo v průměrném směru odhozu. Nárazy rozptýlených částic na stěny potrubí a třením se pak značně sníží jejich celková rychlost, která byla původně vyšší než obvodová rychlost lopatek.

Ideálnímu tangenciálnímu odhozu nejlépe odpovídají

- krátké přímé lopatky, tj. vkládání materiálu nikoli do středu, nýbrž blíže k obvodu lopatkového kola,
- sklon lopatek dozadu,
- udělení určité počáteční rychlosti materiálu podél lopatky,
- nízká hodnota součinitele tření materiálu o lopatku.

Úhel pootočení lopatky od vstupu do výstupu částice pak vychází minimální. Částice jsou tedy vedeny lopatkou podél stěny skříně po nejkratší dráze. To se projeví příznivě snížením příkonu. Stojí za zmínku, že prvním dvěma požadavkům velmi dobře vyhovuje metač FB 85 fy Gehl [12], který se v praktickém provozu osvědčil [11].

1.3 POHYB MATERIÁLU VE SVISLÉM PŘÍMÉM ÚSEKU POTRUBÍ

Materiál odhozený lopatkovým kolem vstupuje do potrubí rychlostí rovnou obvodové rychlosti lopatek. V potrubí se jeho rychlost snižuje. Podle Kampfa [19] je zpomalení rychlosti materiálu způsobeno

- vzájemným třením materiálu a vzduchu,
- třením materiálu o stěnu potrubí,
- vzájemným třením mezi materiálem,
- rozptylem materiálu ve směru kolmém k ose potrubí,
- tíhou materiálu.

Jsou to tedy přesně tytéž síly, které ovlivňují pohyb materiálu při klasické pneumatické dopravě [26]:

- R — síla, kterou působí na částici materiálu vzduch při jejím obtékání (první z uvedených faktorů),
- G — složka tíhy částice ve směru osy potrubí (pátý faktor),
- T — odpor proti pohybu částice v potrubí, vyvolaný třením, a nárazy částice na stěny potrubí (druhý a čtvrtý faktor) a vzájemným třením a rázy mezi částicemi (třetí faktor).

Pohyb materiálu v přímém úseku potrubí při dopravě metačem je tudíž definován touž diferenciální rovnicí jako při klasické pneumatické dopravě. Mezi oběma způsoby dopravy není tedy z hlediska fyzikální podstaty jevů v potrubí principiálně žádný rozdíl. Odlišnost dopravy metačem pak spočívá jediné v tom, že do řešení zmíněné diferenciální rovnice se zavádí obecně nenulová počáteční podmínka pro rychlost částice. Lze tedy dopravu metačem pokládat za obecný případ dopravy materiálu v potrubí bez unášecího pracovního orgánu. Klasická pneumatická doprava je pak jen jejím zvláštním případem s nulovou počáteční podmínkou pro rychlost dopravovaného materiálu.

Pneumatickou dopravou zrnitého materiálu se zabýval Vávra [27], na jehož obsáhlý přehled literatury o této otázce odkazujeme. Doprava řezané zavádě píce se pak od dopravy zrnitého materiálu principiálně neliší, neboť jejich podstatou je týž fyzikální jev. To prokázali experimentálně Collins [8], Harris [17] a jiní.

Z kinematiky pohybu materiálu ve svislém přímém úseku potrubí odvodil Kampf [19] dostupnou výšku dopravy. Rozumí jí výšku, v níž má částice nulovou rychlost. Je zřejmé, že takto definovaná výška odhozu nemá praktický význam.

1.4 PRŮCHOD MATERIÁLU OBLOUKEM

Materiál proudící vzhůru svislým přímým potrubím, upevněným na boku silážní věže, je pak dovnitř usměřňován obloukovou koncovkou. Konstrukce této koncovky se u jednotlivých výrobců různí. Nejběžnější je kruhový oblouk o středovém úhlu $\varphi = \pi$ (rad).

Nejúplnější teoretický rozbor kinematiky pohybu materiálu v obloucích podali Weidner [29] a Urban [24]. Rychlost částice materiálu v oblouku je určena řešením příslušné diferenciální rovnice. Při sestavení této rovnice Urban [24] uvažuje

- oblouk ve svislé rovině $S1V + V S2$,
- odstředivou sílu,
- tíhovou sílu,
- tření materiálu po stěně oblouku,
- rychlost materiálu na vstupu do oblouku.

Zanedbává tedy sílu, kterou působí na částici materiálu vzduch při jejím obtékání. Získanou diferenciální rovnicí řeší s nenulovou počáteční podmínkou:

$$v = e^{-f\varphi} \sqrt{v_1^2 + \frac{2gR}{4f^2+1} \{3f + e^{2f\varphi} [(2f^2-1) \sin\varphi - 3f \cdot \cos\varphi]\}} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (1)$$

- kde: v — rychlost částice v průřezu oblouku o souřadnici φ (m s^{-1})
 f — součinitel tření částice o stěnu oblouku (1)
 φ — souřadnice průřezu oblouku; pro vstupní průřez $\varphi = 0$ (rad)
 v_1 — rychlost částice na vstupu do oblouku (m s^{-1})
 g — tíhové zrychlení zemské (m s^{-2})
 R — poloměr oblouku (m)

Řešení platí za předpokladu, že nedojde k odtržení materiálu od stěny oblouku, tj.

$$\frac{v^2}{gR} - \sin\varphi \geq 0 \quad (1) \quad (2)$$

1.5 ZHODNOCENÍ

Z uvedeného stručného přehledu je zřejmé, že jednotlivé samostatné fáze dopravy materiálu metačem jsou teoreticky dosti podrobně zpracovány. Schází však

- syntéza těchto fází v ucelený proces dopravy metačem,

- odpověď na některé otázky kinematiky, zejména o dostupné výšce, poměru rychlostí odhozu a vzduchu aj.,
- teoretický rozbor energetické náročnosti dopravy metačem.

Zaměříme se zejména na první dvě otázky. Rozbor energetiky ponecháme jako námět další samostatné práce.

2. MINIMÁLNÍ POTŘEBNÁ RYCHLOST MATERIÁLU PŘI VSTUPU DO OBLOUKU

Pro pohyb materiálu obloukem na konci svislého dopravního potrubí přijmeme předpoklady i řešení Urbanova [24] (viz odstavec 1.4).

Zanedbání síly, kterou působí na materiál dopravní vzduch, je přijatelné, neboť

- v oblouku se materiál, přicházející svislým potrubím, působením setrvačné síly separuje z aerosměsi k vnější stěně oblouku. Styčný povrch částic materiálu s proudem dopravního vzduchu se výrazně zmenší. Tím klesne účinek odporových sil na materiál, který se pak prakticky pohybuje pouze setrvačností [24];
- v otevřeném oblouku dochází navíc k rozptýlení vzdušného proudu a tím i k poklesu jeho rychlosti;
- v uzavřeném oblouku má tento předpoklad jistou nepřesnost směrem ke zvýšení spolehlivosti průchodu materiálu obloukem.

Aby materiál prošel obloukem po celé jeho délce, musí mít při vstupu do oblouku alespoň určitou minimální rychlost v_1 . To je požadavek kinematiky. Bude-li totiž rychlost materiálu menší, dojde k odtržení proudu materiálu od stěny oblouku. Materiál pak nebude obloukem usměrňován do požadovaného místa uvnitř silážní věže. Ztrátou ovladatelnosti proudu materiálu bude znemožněno rovnoměrné rovnání materiálu příslušnými mechanismy [2]. Z hlediska energetiky je naopak výhodnější co nejnižší rychlost materiálu při vstupu do oblouku, neboť na udělení nižší rychlosti se samozřejmě vynaloží méně energie. Kompromisem mezi protichůdnými požadavky kinematiky a energetiky je právě rychlost v_1 . Určíme ji dále uvedeným způsobem.

Nemá-li dojít k odtržení proudu materiálu od stěny oblouku, musí platit podmínka vztahu [2]

$$\frac{v^2}{gR} - \sin\varphi \geq 0 \quad (1)$$

nebo, po dosazení za rychlost v vztahu (1) a úpravě

$$e^{-2f\varphi} \cdot \frac{v_1^2}{gR} + e^{-2f\varphi} \cdot \frac{6f}{4f^2+1} + \frac{2}{4f^2+1} \cdot [(2f^2-1) \cdot \sin\varphi - 3f \cdot \cos\varphi] - \sin\varphi \geq 0$$

až po dalších úpravách konečně

$$\frac{v_1^2}{gR} - \frac{3}{4f^2+1} [e^{2f\varphi} (\sin\varphi + 2f \cdot \cos\varphi) - 2f] \geq 0 \quad (3)$$

Nerovnost (3) bude v mezním případě splněna, bude-li její levá strana v bodě jejího minima nulová. Běžným způsobem nalezneme minimum $\varphi_{\min} = \frac{\pi}{2}$ (rad). Jeho dosazením do výrazu na levé straně nerovnosti (3), přirovnání k nule, a úpravou obdržíme konečně

$$\frac{v_1^2}{gR} = \frac{3}{4f^2+1} \cdot (e^{f\pi} - 2f) = Fr_{\min} \quad (4)$$

kde: v_1 — minimální potřebná rychlost částice při vstupu do oblouku (m s^{-1})
 g — tíhové zrychlení zemské (m s^{-2})

- R — poloměr oblouku (m)
 f — součinitel tření částice o stěnu oblouku (1)
 Fr_{min} — Froudeho číslo pro oblouk (1).

Z odvozené rovnice (4) je patrné, že z hlediska kinematiky průchodu materiálu obloukem je rozhodujícím kritériem Froudeho číslo pro oblouk. Jeho hodnota je zdola omezena minimální přípustnou hodnotou Fr_{min} . Ta závisí pouze na součiniteli tření materiálu o stěnu oblouku. Pro potřeby numerických výpočtů je tato závislost tabelována (tab. I).

I. Minimální hodnoty Froudeho čísla pro oblouk

Součinitel tření	Froudeho číslo	Součinitel tření	Froudeho číslo	Součinitel tření	Froudeho číslo
f	Fr_{min}	f	Fr_{min}	f	Fr_{min}
0,00	3,000	0,35	4,631	0,70	7,723
0,05	3,178	0,40	4,957	0,75	8,354
0,10	3,375	0,45	5,320	0,80	9,051
0,15	3,578	0,50	5,715	0,85	9,825
0,20	3,802	0,55	6,149	0,90	10,677
0,25	4,056	0,60	6,615	0,95	11,642
0,30	4,346	0,65	7,149	1,00	12,684

Minimální potřebná rychlost materiálu při vstupu do oblouku závisí tedy pouze na
 — konstrukci oblouku (poloměr R , materiál či povrchová úprava stěn),
 — vlastnostech dopravovaného materiálu (součinitel tření f).

3. POHYB MATERIÁLU VE SVISLÉM PŘÍMÉM ÚSEKU POTRUBÍ

3.1 DIFERENCIÁLNÍ ROVNICE POHYBU MATERIÁLU

V souladu s odstavcem 1.3 lze pohyb materiálu ve svislém přímém úseku potrubí metače popsat diferenciální rovnicí [26]:

$$G_m \ddot{s} = R - G - T \quad (\text{N}) \quad (5)$$

kde: G_m — hmotnost materiálu ve vytknutém elementu potrubí (kg)

s — dráha uražená materiálem (m)

$\dot{s}$ — rychlost materiálu (m s^{-1})

$\ddot{s}$ — zrychlení materiálu (m s^{-2})

R — síla odporu vzduchu (N)

G — tíhová síla (N)

T — síla odporu třením v potrubí (N)

Jednotlivé členy rovnice (5) lze definovat takto:

— síla odporu vzduchu je v Newtonově oblasti přímo úměrná čtverci relativní rychlosti materiálu [18]:

$$R = [\text{sgn}(\dot{v}_v - \dot{s})] \cdot c (\dot{v}_v - \dot{s})^2 \quad (\text{N}) \quad (6)$$

— tíhová síla

$$G = G_m g \quad (\text{N}) \quad (7)$$

— síla odporu třením v potrubí je podle hypotézy Vogta a Whitea (u Pražáka [22]) přímo úměrná kinetické energii materiálu a nepřímo úměrná průměru potrubí [9, 21, 24, 29, 30]:

$$T = [\text{sgn } \dot{s}] \cdot \xi \cdot \frac{G_m \dot{s}^2}{2} \cdot \frac{1}{D} \quad (\text{N}) \quad (8)$$

kde: v_v — rychlost dopravního vzduchu v potrubí (m s^{-1})

c — součinitel úměrnosti (kg m s^{-1})

g — tíhové zrychlení zemské (m s^{-2})

ξ — součinitel odporu proti pohybu materiálu (1)

D — průměr potrubí (m).

Je však třeba odhalit fyzikální podstatu dvou koeficientů: c a ξ .

3.11 Součinitel c

Součinitele c lze s jistou výhradou určit z režimu vznosu částice materiálu. Režim vznosu je definován podmínkami:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{s} &= 0 \quad (\text{m s}^{-2}) \\ \dot{s} &= 0 \quad (\text{m s}^{-1}) \\ v_v &= v_s \quad (\text{m s}^{-1}) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

kde: v_s — rychlost vznosu částice či shluku částic materiálu (m s^{-1})

Rovnice (5) tedy přejde s užitím rovnice (6), (7) a (8) při vznosu materiálu ve tvar

$$0 = c v_s^2 - G_m g - 0 \quad (\text{m s}^{-2})$$

odkud

$$c = \frac{G_m g}{v_s^2} \quad (\text{kg m}^{-1}) \quad (10)$$

Tohoto výrazu používá německá škola Barthova [3, 13, 21, 24, 29]. Kriticky je třeba výrazu vytknout, že uvažuje součinitele c jako konstantu. To platí přesně jen za podmínek vztahu (9), za nichž byl odvozen. Obecně je však součinitel c složitou funkcí relativní rychlosti obtékání ($v_v - \dot{s}$) [24, 25]. Protože tato funkce není známa, užijeme dále výrazu (10), i když se tím dopouštíme určité nepřesnosti.

3.12 Součinitel ξ

Součinitele ξ odporu proti pohybu materiálu ve svislém potrubí lze blíže určit podrobnějším objasněním jevů v potrubí, zejména při nárazech částic na stěnu [1, 7, 24, 30].

Podle Brounštejna [7] je třecí síla T rovna celkové změně hybnosti materiálu ve směru osy potrubí za jednotku času. Při úderu jedné částice o stěnu potrubí je změna její hybnosti v radiálním směru

$$(1 + k) m v_r \quad (\text{kg m s}^{-1})$$

a v osovém směru

$$(1 + k) m v_{rf} \quad (\text{kg m s}^{-1})$$

kde: k — vzpruživost částice při rázu o stěnu potrubí (1)
 m — hmotnost částice (kg)
 v_r — radiální složka rychlosti částice (m s^{-1})
 f — součinitel tření částice o stěnu potrubí (1)

Počet částic v jednotkovém objemu potrubí je

$$\frac{Q_m}{v_m F m} \quad (\text{m}^{-3})$$

z nich pak

$$\frac{Q_m}{v_m F m} \cdot v_r \quad (\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})$$

částic dosáhne jednotkové plochy stěny potrubí za jednotku času.

Zde: Q_m — hmotnostní průtok dopravovaného materiálu (kg s^{-1})
 $v_m = \xi$ — axiální složka rychlosti částice (m s^{-1})
 $F = \frac{\pi D^2}{4}$ — plocha příčného průřezu potrubí (m^2)
 D — průměr potrubí (m)

Celková změna hybnosti materiálu v axiálním směru za jednotku času v úseku potrubí o délce ds , rovná třecí síle T , je pak

$$T = (1 + k) m v_r f \cdot \frac{Q_m}{v_m F m} \cdot v_r L \cdot ds \quad (\text{N})$$

kde: T — síla odporu proti pohybu materiálu v potrubí (N)
 $L = \pi D$ — délka obvodu průřezu potrubí (m)
 s — délka potrubí (m)

a po dosazení za F a L a po úpravě

$$T = 4f(1 + k) \cdot \frac{Q_m ds}{v_m} \cdot v_r^2 \cdot \frac{1}{D} \quad (\text{N}) \quad (11)$$

Povšimneme-li si, že

$$\frac{Q_m}{v_m} \cdot ds = G_m \quad (\text{kg})$$

lze rovnici (11) představit ve tvaru

$$T = 8f(1 + k) \cdot \frac{G_m v_r^2}{2} \cdot \frac{1}{D} \quad (\text{N}) \quad (12)$$

Předpokládáme-li, že úhel dopadu částice na stěnu potrubí je konstantní a že tedy radiální složka rychlosti částice je úměrná její axiální složce [24]

$$v_r = q \cdot v_m \quad (\text{m s}^{-1})$$

kde: q — součinitel úměrnosti, rovný tangente úhlu dopadu částice na stěnu potrubí (1), přejde rovnice (12) ve tvar

$$T = 8fq^2(1 + k) \cdot \frac{G_m v_m^2}{2} \cdot \frac{1}{D} \quad (\text{N}) \quad (13)$$

který se plně shoduje s výrazem (8). Porovnáním obou výrazů (8) a (13) plyne

$$\xi = 8fq^2(1 + k) \quad (1) \quad (14)$$

Výrazu (14) nelze sice přímo užít pro výpočet, nicméně podává výčet veličin, na nichž hodnota součinitele ξ závisí. Výraz (14) je tedy dobrým návodem k tomu, které vlastnosti dopravovaného materiálu uvažovat při teoretických výpočtech i praktických experimentech.

Hodnota součinitele ξ pro řezanou zavadlou vojtěšku, vypočtená z údajů Harrisových [16], činí $\xi = 0,00135$ (1). Této hodnoty použijeme tedy prozatím při našich dalších úvahách.

Hledanou diferenciální rovnici můžeme tedy konečně uvést takto:

$$\ddot{s} = [\operatorname{sgn}(v_v - \dot{s})] \cdot \frac{g}{v_s^2} \cdot (v_v - \dot{s})^2 - g - [\operatorname{sgn} \dot{s}] \cdot \frac{\xi}{2D} \cdot \dot{s}^2 \quad (\text{m s}^{-2}) \quad (15)$$

Je to tedy obyčejná nelineární diferenciální rovnice prvního řádu [6]. Její numerické řešení je dostatečně složité a nepřehledné [22]. Je proto výhodné použít analogové výpočetní techniky [5, 15], která se při řešení podobné úlohy neobyčejně osvědčila [26, 27].

3.2 NĚKTERÉ ZVLÁŠTNÍ HODNOTY RYCHLOSTI MATERIÁLU

I když je numerické řešení diferenciální rovnice [15] v obecném tvaru značně obtížné [22], lze poměrně snadno nalézt řešení pro zvláštní případ ustáleného režimu dopravy, zejména pak

- pro nulovou rychlost dopravního vzduchu,
- pro rychlost dopravního vzduchu, rovnou rychlosti vznosu částic dopravovaného materiálu,
- pro rychlost dopravního vzduchu nesrovnatelně vyšší než rychlost vznosu částic dopravovaného materiálu.

Tato řešení budou přímo užitečná při dalším teoretickém rozboru úlohy a poslouží jako kontrola správnosti řešení úlohy na analogovém počítači.

Základem je odvození vztahu pro ustálenou rychlost materiálu. Ustálený režim dopravy se ustaví po odeznění rozběhového režimu, kdy zanikne působení setrvačné síly materiálu. Teoreticky to nastane po nekonečně dlouhé době. Pak

$$\ddot{s} = 0 \quad (\text{m s}^{-2})$$

$$\dot{s} = s_\infty \quad (\text{m s}^{-1})$$

Z rovnice (15) pak plyne

$$0 = [\operatorname{sgn}(v_v - \dot{s}_\infty)] \cdot \frac{g}{v_s^2} \cdot (v_v - \dot{s}_\infty)^2 - g - [\operatorname{sgn} \dot{s}_\infty] \cdot \frac{\xi}{2D} \cdot \dot{s}_\infty^2 \quad (\text{m s}^{-2}) \quad (16)$$

Povšimněme si znamének prvního a třetího členu rovnice (16): Rychlost vzduchu v_v uvažujeme vždy nezápornou, tj. $v_v \geq 0$ (m s^{-1}). Naproti tomu ustálená rychlost materiálu $\dot{s}_\infty$ může být jak kladná (částice je unášena proudem vzduchu potrubím vzhůru), tak nulová (částice se nachází v potrubí ve vznosu), či dokonce záporná (částice klesá v potrubí, nemá-li proud vzduchu dostatečnou unášecí schopnost). Avšak ustálená rychlost částice nemůže být nikdy větší než rychlost dopravního vzduchu, tj.

$$\dot{s}_\infty \leq v_v \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (17)$$

jak snadno poznáme z rovnice (16). Kdyby tomu totiž bylo naopak, měly by všechny tři členy v rovnici (16) záporná znaménka a anulace této rovnice by byla neuskutečnitelná. Proto bude v ustáleném stavu vždy

$$v_v - \dot{s}_\infty \geq 0 \quad (\text{m s}^{-1})$$

jak vyplývá z nerovnosti (17), a znaménko prvního členu rovnice (16) bude tedy vždy kladné:

$$0 = \frac{g}{v_s^2} \cdot (v_v - \dot{s}_\infty)^2 - g - [\operatorname{sgn} \dot{s}_\infty] \cdot \frac{\xi}{2D} \cdot \dot{s}_\infty^2 \quad (\text{m s}^{-2}) \quad (18)$$

Znaménko třetího členu rovnice (16) či (18) může být jak kladné, tak záporné, podle směru ustálené rychlosti materiálu $\dot{s}_\infty$. Hranicí mezi oběma těmito případy bude zřejmě

třetí případ, kdy je ustálená rychlost materiálu rovna nule: $\dot{s}_\infty = 0$ (m s^{-1}). Dosazením této podmínky do rovnice (18) plyne

$$0 = g \cdot \left(\frac{v_v}{v_s} \right)^2 - g \quad (\text{m s}^{-2})$$

odkud

$$v_v = v_s \quad (\text{m s}^{-1})$$

Kořeny kvadratické rovnice (18) jsou tedy

$$\dot{s}_{\infty 1,2} = \frac{v_v \pm v_s \sqrt{1 + [\text{sgn } \dot{s}_\infty] \cdot \frac{\xi}{2gD} \cdot (v_v^2 - v_s^2)}}{1 - [\text{sgn } \dot{s}_\infty] \cdot \frac{\xi}{2gD} \cdot v_s^2} \quad (\text{m s}^{-1})$$

Z podmínky (17) vyplývá, že reálný význam má pouze jeden kořen, a to:

$$\dot{s}_\infty = \begin{cases} \frac{v_v - v_s \sqrt{1 + \frac{\xi}{2gD} \cdot (v_v^2 - v_s^2)}}{1 - \frac{\xi}{2gD} \cdot v_s^2} & \dots \text{ pro } v_v \geq v_s \\ \frac{v_v - v_s \sqrt{1 - \frac{\xi}{2gD} \cdot (v_v^2 - v_s^2)}}{1 + \frac{\xi}{2gD} \cdot v_s^2} & \dots \text{ pro } v_v \leq v_s \end{cases} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (19)$$

Vyřešme ještě obrácenou úlohu, tj. odvoďme vztah určující rychlost dopravního vzduchu v_v , které přísluší ustálená rychlost dopravovaného materiálu $\dot{s}_\infty$. Z rovnice (18) plyne

$$(v_v - \dot{s}_\infty)^2 = v_s^2 [1 + (\text{sgn } \dot{s}_\infty) \cdot \frac{\xi}{2gD} \cdot \dot{s}_\infty^2] \quad (\text{m}^2 \text{s}^{-2})$$

a odtud konečně

$$v_v = \begin{cases} \dot{s}_\infty + v_s \sqrt{1 + \frac{\xi}{2gD} \cdot \dot{s}_\infty^2} & \dots \text{ pro } \dot{s}_\infty \geq 0 \\ \dot{s}_\infty + v_s \sqrt{1 - \frac{\xi}{2gD} \cdot \dot{s}_\infty^2} & \dots \text{ pro } \dot{s}_\infty \leq 0 \end{cases} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (20)$$

Ustálená rychlost dopravovaného materiálu $\dot{s}_\infty$ ve třech výše zmíněných význačných případech je pak rovna podle vzorců (19)

Rychlost vzduchu v_v (m s^{-1})	Ustálená rychlost materiálu $\dot{s}_\infty$ (m s^{-1})
0	$-\frac{v_s}{\sqrt{1 + \frac{\xi}{2gD} \cdot v_s^2}}$
v_s	0
∞	v_v

Odvozené vztahy nabízejí možnost vyvodit několik závažných závěrů:

1. Z rovnice (19) vyplývá, že ustálená rychlost materiálu $\dot{s}_\infty$ je při ostatních stálých podmínkách dána pouze rychlostí dopravního vzduchu v_v ; na počáteční rychlosti odhozu $\dot{s}_0$ při vstupu materiálu do potrubí naprosto nezáleží.

2. Stojí za povšimnutí, že podle vztahů (20) není ustálená rychlost materiálu $\dot{s}_\infty$ přesně rovna rozdílu rychlosti vzduchu v_v a rychlosti vznosu v_s , jak tvrdí například Dzjadzio [10], Pražák [22], Uspenskij [25] a jiní. Přípustnost tohoto zjednodušeného vztahu je nutno posoudit v každém jednotlivém případě podle rovnice (19) či (20).

3.3 NĚKTERÉ OBECNÉ VÝSLEDKY ŘEŠENÍ ÚLOHY O KINEMATICE

Diferenciální rovnice (15) byla řešena pro určité podmínky (viz tab. II) na analogovém počítači AP-4 [28]. Charakteristická ukázka řešení úlohy je uvedena na obrázcích 1 a 2. Je na nich znázorněna závislost uražené dráhy s , resp. rychlosti materiálu $\dot{s}$ na čase t při stejné počáteční rychlosti odhozu materiálu $\dot{s}_0$, avšak pro různé rychlosti dopravního vzduchu v_v . Je zřejmé, že čáry na obrázku 2 jsou obrazy prvních derivací příslušných čar z obrázku 1.

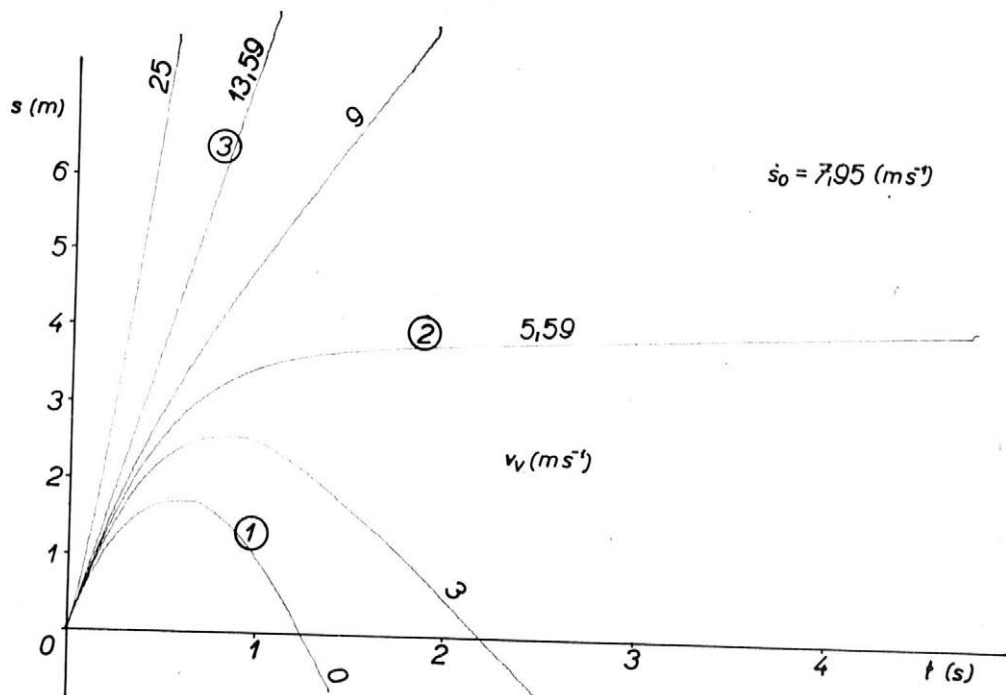
Čáry 1, 2 a 3 na obou obrázcích odpovídají kritickým (mezním) režimům dopravy:

1. Čára 1 odpovídá rychlosti vzduchu $v_v = 0$ (m s^{-1}). Materiál, vstřelený do potrubí počáteční rychlostí $\dot{s}_0$, stoupá, je však vzduchem brzděn a po dosažení maximální výšky v potrubí počíná klesat. Rychlost jeho klesání se konečně ustálí na hodnotě

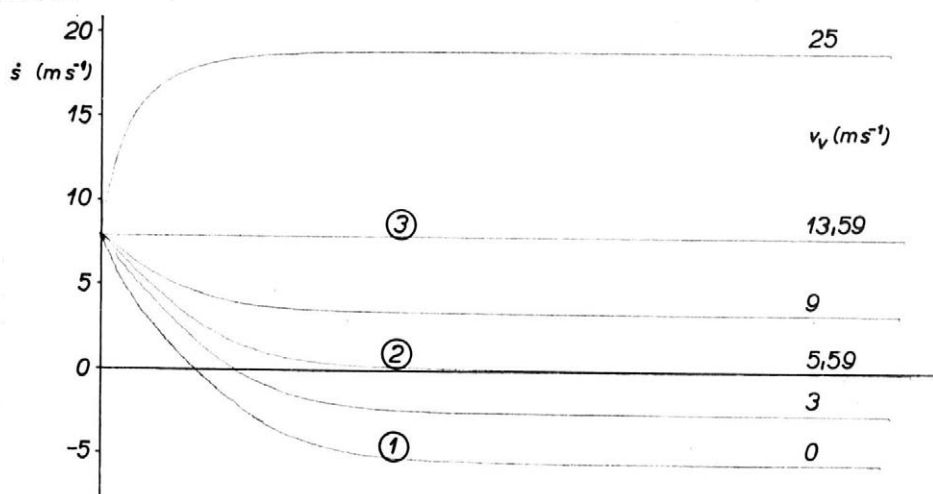
II. Parametry k řešení úlohy o dopravě řezané zavádě vojtešky

Poř. čís.	Parametr	Označení	Rozměr	Hodnota	Pramen
1	2	3	4	5	6
1	Dopravní zařízení	D	m	0,227	(12)
2	Průměr potrubí	R	m	1,5	(12)
3	Poloměr oblouku				
3	Dopravovaný materiál — vojteška	l	m	0,0126	měření
4	Délka částic	w	%	45	voleno
5	Vlhkost	f	l	0,2943	*)
6	Součinitel tření	ξ	l	0,00135	(17)
7	Součinitel odporu	v_s	m s^{-1}	5,59	*)
8	Rychlost vznosu	Q_m	kg s^{-1}	10	voleno
9	Dopravní režim	$\dot{s}_0$	m s^{-1}	0—25	voleno
10	Hmotnostní průtok materiálu	v_v	m s^{-1}	0—25	voleno
10	Rychlost odhozu materiálu				
10	Rychlost dopravního vzduchu				
10	Pomocné veličiny stanovené výpočtem				
11	Minimální přípustné Froudeho číslo pro oblouk	Fr_{min}	l	4,30	Tab. I
12	Minimální přípustná rychlost materiálu při vstupu do oblouku	v_1	m s^{-1}	7,95	(4)
13	Rychlost vzduchu, odpovídající ustálené rychlosti materiálu v_1	v_0	m s^{-1}	13,59	(21)

*) Vypočteno z odvozené empirické závislosti na vlhkosti



1. Závislost dráhy s , proběhnuté materiálem, na čase t . Počáteční rychlost odhozu materiálu konstantní $\dot{s}_0 = 7,95 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$. Rychlost dopravního vzduchu v_v proměnná: 1 — nulová; 2 — rovná rychlosti vznosu částice dopravovaného materiálu v_s ; 3 — odpovídající ustálené rychlosti materiálu $\dot{s}_\infty = \dot{s}_0 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$. Ostatní parametry podle tab. II



2. Závislost rychlosti $\dot{s}$ materiálu na čase t . Všechny parametry stejné jako u obr. 1
0 — osa $t \text{ (s)}$

$$\dot{s}_\infty = - \frac{\frac{\pi}{4} \cdot \frac{\rho_v}{\rho_s} \cdot v_s}{\sqrt{1 + \frac{\xi}{2gD} \cdot v_s^2}} \quad (\text{m s}^{-1})$$

2. Čára 2 odpovídá rychlosti vzduchu $v_v = v_s \text{ (m s}^{-1}\text{)}$. V tomto případě materiál v potrubí stoupá, je sice vzduchem brzděn, avšak dosáhne větší výšky. V této výšce se jeho rychlost ustálí na nulové hodnotě $\dot{s}_\infty = 0 \text{ (m s}^{-1}\text{)}$. Vzduch nemá dostatek

energie, aby materiál dále zdvihal, avšak má dostatek energie, aby mu nedal klesnout. Materiál se tedy vznáší v potrubí.

3. Čára 3 odpovídá takové rychlosti vzduchu $v_v = v_0$ (m s^{-1}), které přísluší ustálená rychlost materiálu, právě rovná jeho počáteční rychlosti při vstupu do potrubí $\dot{s}_\infty = \dot{s}_0$ (m s^{-1}). Materiál není vzduchem ani brzděn, ani urychlován. Stoupá v potrubí neměnnou rychlostí $\dot{s}_0$.

Čarami 1, 2 a 3 jsou pak oba grafy rozděleny na čtyři oblasti, které odpovídají čtyřem režimům dopravy v potrubí:

1. Oblast ohraničená osou pořadnic a čarou 1 odpovídá záporným rychlostem vzduchu $v_v < 0$ (m s^{-1}). Rychlost vzduchu tedy směřuje proti zamýšlenému směru dopravy. Jde o protiproudou dopravu. Pro vlastní dopravu nemá tento případ zřejmě praktický význam. Může však nalézt uplatnění tam, kde nejde ani tak o vlastní dopravní účinek, jako o reakci mezi materiálem a proudícím prostředím, např. při přestupu tepla a hmoty apod.

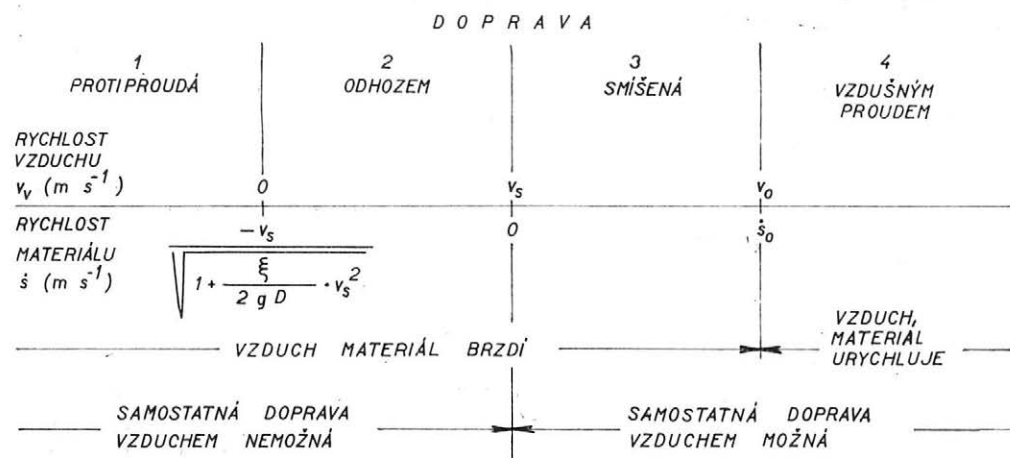
2. Oblast mezi čarami 1 a 2 odpovídá režimům, kdy rychlost vzduchu je sice větší než nula, avšak menší než rychlost vznosu částic dopravovaného materiálu, tj. $0 < v_v < v_s$ (m s^{-1}). Vzduch tedy sice částici brzdí, ale dopravu podporuje, zvětšuje dostupnou výšku. K další samostatné dopravě materiálu však nestačí. Jde tedy o klasickou dopravu metačem.

3. Oblast mezi čarami 2 a 3 odpovídá režimům, kdy rychlost vzduchu je větší než rychlost vznosu dopravovaného materiálu, avšak menší než ta rychlost vzduchu, již přísluší ustálená rychlost materiálu, rovná jeho vstupní rychlosti $\dot{s}_0$, tedy $v_s < v_v < v_0$ (m s^{-1}). Vzduch sice ještě částici brzdí, avšak jeho rychlost již stačí k její další samostatné dopravě. Jde o případ smíšené dopravy metačem a vzdušným proudem.

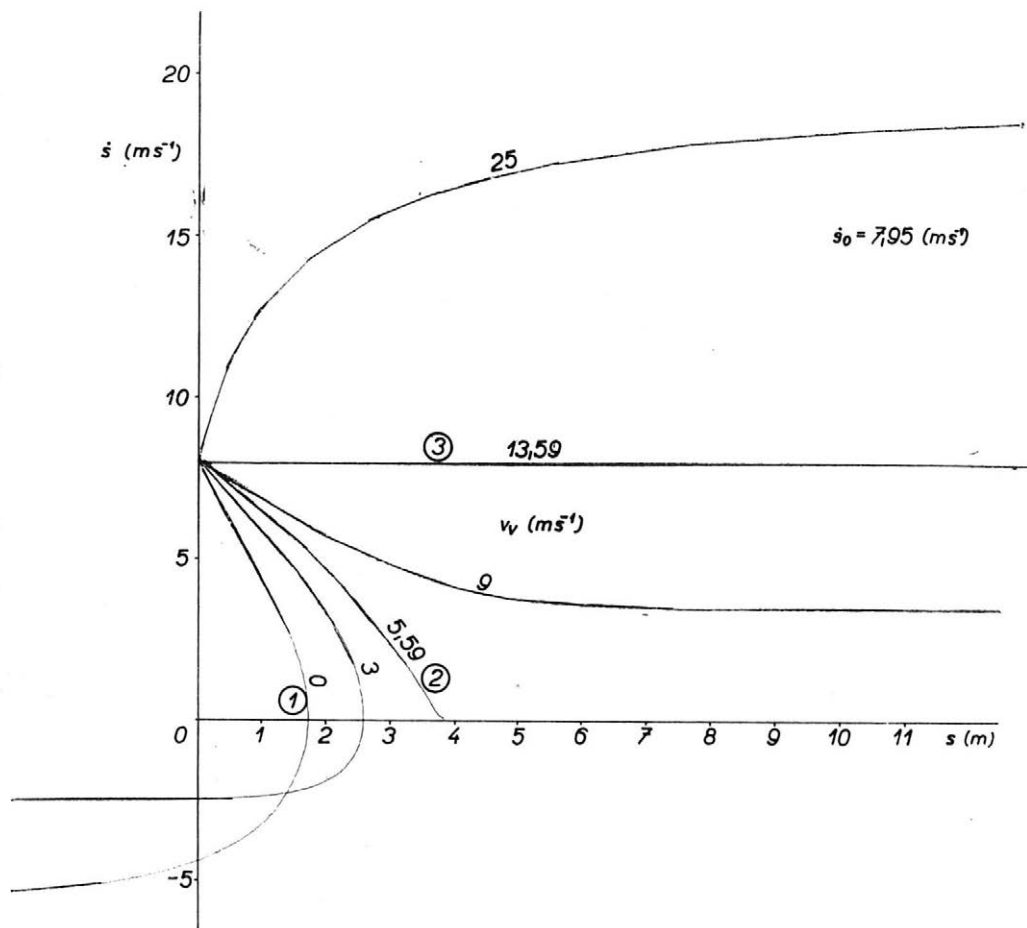
4. Oblast mezi čarou 3 a osou pořadnic odpovídá režimům, kdy rychlost vzduchu je větší než ta, již přísluší ustálená rychlost materiálu, rovná jeho vstupní rychlosti $\dot{s}_0$, tj. $v_0 < v_v$ (m s^{-1}). Vzduch částici urychluje i z klidového stavu a zabezpečuje její další samostatnou dopravu. Jde o klasickou pneumatickou dopravu.

Pro názornost jsou tyto poměry vyznačeny na obrázku 3.

Obrázky 1 a 2 poskytly prvotní názornou představu o kinematice pohybu dopravovaného materiálu v potrubí. Pro další práci je však výhodnější zobrazit rychlost dopravovaného materiálu $\dot{s}$ v závislosti na uražené dráze s , tj. na výšce potrubí. Tak je tomu na obrázku 4. Čísly 1, 2 a 3 jsou opět označeny čáry, odpovídající již uvedeným kritickým (mezním) režimům dopravy.



3. Režimy dopravy materiálu svislým potrubím



4. Závislost rychlosti $\dot{s}$ materiálu na uražené dráze s . Všechny parametry stejné jako u obr. 1

4. DOSTUPNÁ VÝŠKA V POTRUBÍ

4.1 DEFINICE A URČENÍ

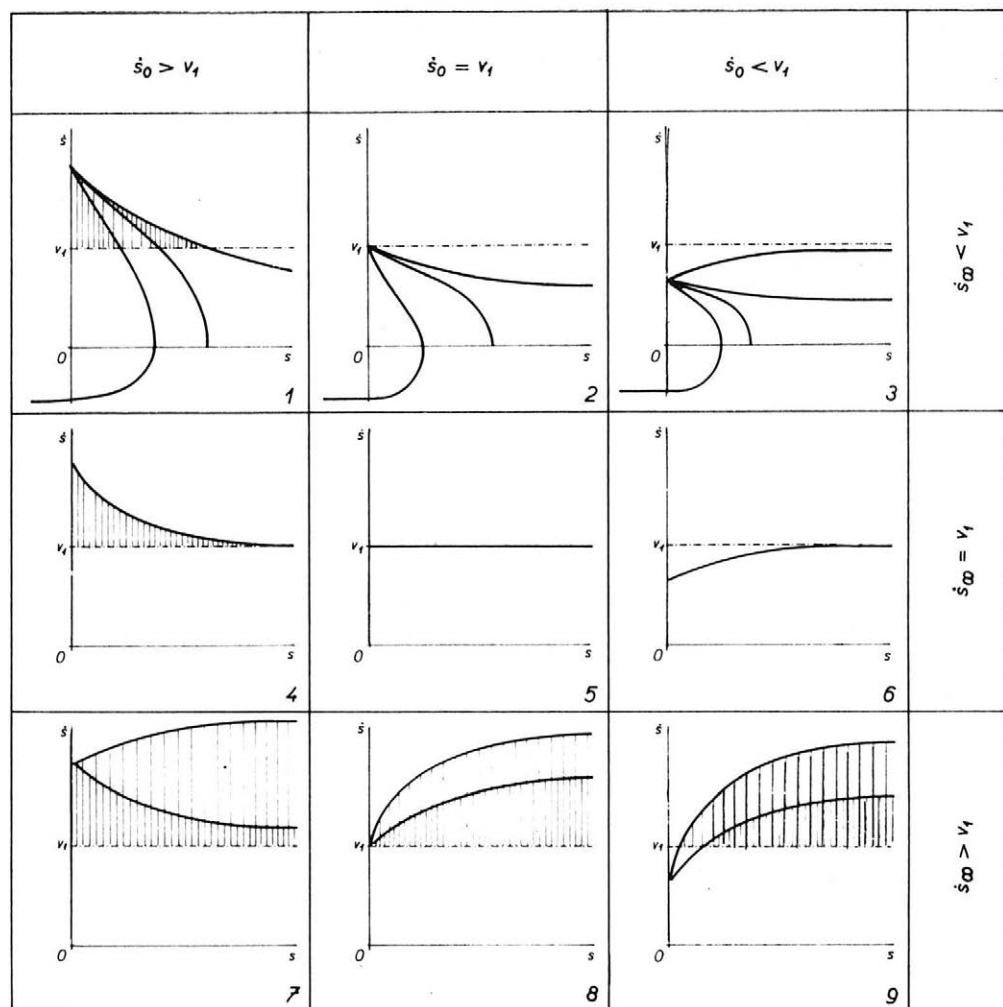
Dostupnou výšku s_1 při dopravě materiálu potrubím, zakončeným obloukem, definujeme jako výšku (uraženou dráhu), v níž je rychlost materiálu rovna minimální potřebné rychlosti v_1 pro jeho průchod obloukem. Tato definice organicky spojuje fázi pohybu materiálu v přímém svislém potrubí s fází jeho průchodu obloukem. V tomto smyslu je třeba zamítnout definici Kampfovou [19] (viz odstavec 1.3).

K určení dostupné výšky s_1 při daném režimu dopravy lze výhodně použít typu grafu jako na obrázku 4. Na křivce rychlosti $\dot{s} = f(s)$ se nalezne bod, jehož pořadnice je rovna minimální potřebné rychlosti v_1 materiálu při vstupu do oblouku. Souřadnice tohoto bodu je pak hledanou výškou s_1 .

4.2 KLASIFIKACE REŽIMŮ DOPRAVY MATERIÁLU POTRUBÍM

Podle vzájemných poměrů

- počáteční rychlosti materiálu $\dot{s}_0$ při vstupu do potrubí, která je materiálu udělena lopatkovým kolem,
- ustálené rychlosti materiálu $\dot{s}_\infty$, která je funkcí rychlosti vzduchu (viz odstavec 3.2),



5. Klasifikace režimů dopravy materiálu svislým potrubím

— minimální potřebné rychlosti v_1 materiálu pro jeho průchod obloukem (viz odstavec 2)

může nastat teoreticky jeden z devíti různých případů, které jsou přehledně znázorněny na obrázku 5. Rozebereme je poněkud podrobněji. Uvažme přitom následující skutečnosti:

1. Z hlediska kinematiky bude doprava možná jen tehdy, bude-li rychlost materiálu při vstupu do oblouku větší nebo alespoň rovna minimální potřebné rychlosti v_1 , tj. $\dot{s} \geq v_1$ (m s⁻¹). Části grafů na obrázku 5, ve kterých je tato podmínka splněna, jsou vyšrafovány. Musíme tedy vyloučit případy 2, 3 a 6 pro nezpůsobilost dopravy.

2. Z hlediska energetiky je nežádoucí, aby rychlost materiálu $\dot{s}$ při vstupu do oblouku příliš převyšovala minimální potřebnou rychlost v_1 . Odsuňme proto případy 7 a 8 jako nevýhodné.

3. Ze zbývajících čtyř případů porovnejme navzájem dva typické případy 1 a 9:

Případ 1

Počáteční rychlost materiálu je vysoká $s_0 > v_1$. Rychlost vzduchu je nízká $v_v < v_0$. Materiál je vzduchem brzděn. Je tedy dopravován spíše odhozem. Stroje, uskutečňující tento režim dopravy, bývají proto označovány jako metače.

Dostupná výška se prostírá od nuly do určité maximální hodnoty. Je tedy omezena shora. Zvýšení rychlosti vzduchu v_v zvětšuje maximální dostupnou výšku. Tento režim dopravy je tedy vhodnější spíše pro menší výšky.

Případ 9

Počáteční rychlost materiálu je nízká $s_0 < v_1$. Rychlost vzduchu je vysoká $v_v > v_0$. Materiál je vzduchem urychlován. Je tedy dopravován spíše vzdušným proudem. Stroje, uskutečňující tento režim dopravy, bývají proto označovány jako pneumatické dopravníky.

Dostupná výška se prostírá od určité minimální hodnoty do nekonečna. Je tedy omezena zdola. Zvýšení rychlosti vzduchu v_v snižuje minimální dostupnou výšku. Tento režim dopravy je tedy vhodnější spíše pro větší výšky.

4. Z obrázku 5 je patrné, že jednoznačné dělení dopravních strojů na metače a pneumatické dopravníky je značně problematické. Jeden a týž stroj může dopravovat materiál v jednom případě odhozem, ve druhém vzdušným proudem. Závisí to nejen na stroji samotném (rychlost odhozu s_0 , rychlost vzduchu v_v), ale i na dopravovaném materiálu (rychlost vznosu v_s , součinitel odporu ξ , součinitel tření f) a dokonce i na dopravním zařízení (průměr potrubí D , výška s , poloměr oblouku R .) Je tedy logičtější hovořit ne o rozdílných strojích, ale o rozdílných režimech dopravy. Jako klasifikační příznak lze přijmout kritérium Seglerovo [20], totiž unášecí schopnost vzdušného proudu. Zpřesníme je kvantitativně:

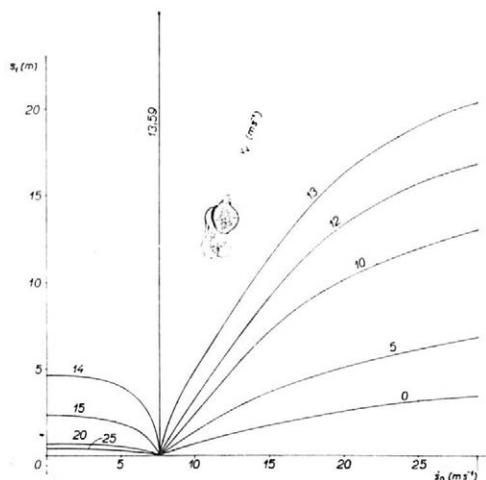
- při rychlostech vzduchu $0 < v_v < v_s$, kdy vzduch nemá schopnost samostatně dopravovat materiál, jde o režim dopravy odhozem (metacím účinkem);
- při rychlostech vzduchu, $v_s < v_v$, kdy vzduch má schopnost samostatně dopravovat materiál, jde o režim pneumatické dopravy (účinkem vzduchu).

K tomuto rozdělení lze mít zajisté výhrady, především z hlediska praktického pojmenování strojů. Avšak ať jsou stroje pojmenovány jakkoli, nemění to podstatu dopravního režimu, především jeho provozní spolehlivost a hospodárnost.

4.3 ZÁVĚRY

Z obrázku 5 je patrné, že zadané dostupné výšky s_1 při svislé dopravě materiálu v potrubí lze dosáhnout nekonečně mnoha režimy. Každý z nich je charakterizován počáteční rychlostí materiálu při vstupu do potrubí s_0 a rychlostí dopravního vzduchu v_v . Z hlediska kinematiky pohybu materiálu jsou všechny tyto režimy rovnocenné. Z hlediska energetiky se však liší. Lze tedy principiálně vytyčit úlohu o nalezení optimálního režimu pro dané podmínky dopravy.

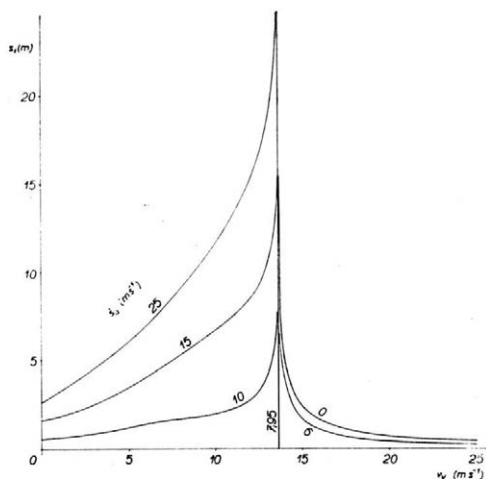
Názornou představu o vlivu hlavních kinematických parametrů, tj. rychlosti odhozu materiálu s_0 a rychlosti vzduchu v_v , na dostupnou výšku v potrubí podávají obrázky 6 a 7, pořízené rovněž pomocí analogového počítače.



6. Závislost dostupné výšky v potrubí s_1 na počáteční rychlosti odhozu materiálu $\dot{s}_0$ pro různé konstantní rychlosti dopravního vzduchu v_0 . Ostatní parametry podle tab. II

Obrázek 6

Se zvětšováním rychlosti odhozu materiálu $\dot{s}_0$ se dostupná výška v potrubí s_1 zvětšuje zvolna. Funkce $s_1 = f(\dot{s}_0)$ je konkávní.



7. Závislost dostupné výšky v potrubí s_1 na rychlosti dopravního vzduchu v_0 pro různé konstantní rychlosti odhozu materiálu $\dot{s}_0$. Ostatní parametry podle tab. II

Obrázek 7

Se zvětšováním rychlosti dopravního vzduchu v_0 se dostupná výška v potrubí s_1 zvětšuje prudce. Funkce $s_1 = f(v_0)$ je konvexní.

Z uvedeného vyplývají tyto závěry:

1. Podstatného zvýšení dostupné výšky dopravy lze dosáhnout zvýšením rychlosti dopravního vzduchu v_0 , nikoli zvýšením rychlosti odhozu materiálu $\dot{s}_0$.

2. Přitom je třeba, aby rychlost vzduchu v_0 byla alespoň rovna té jeho rychlosti v_0 , jíž přísluší ustálená rychlost materiálu $\dot{s}_\infty = v_1$, potřebná pro spolehlivý průchod materiálu obloukem na konci dopravního potrubí. S užitím vztahů (4) a (20) je potřebná rychlost vzduchu

$$v_0 = v_0 = \sqrt{gR \cdot Fr_{\min}} + v_s \sqrt{1 + \frac{\xi}{2} \cdot \frac{R}{D} \cdot Fr_{\min}} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (21)$$

Prakticky lze výraz pod odmocninou ve druhém členu pravé strany rovnice (21) uvažovat přibližně rovným 1. Vztah (21) se pak zjednoduší

$$v_0 = v_s + \sqrt{gR \cdot Fr_{\min}} = v_s + v_1 \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (22)$$

Potřebná rychlost vzduchu závisí tedy hlavně

- na vlastnostech dopravovaného materiálu (rychlost vznosu v_s , součinitel tření po stěně oblouku f),
- na vlastnostech dopravního zařízení (zakřivení oblouku, jeho poloměr R).

3. Při splnění podmínky (21), respektive (22), nemá rychlost odhozu materiálu $\dot{s}_0$ vliv na dostupnou výšku dopravy. Ovlivní však příkon na dopravu.

Došlo dne 14. 2. 1968

Literatura

1. ADAM, O.: Feststoffbeladene Luftströmung hoher Geschwindigkeit. Chemie-Ingenieur-Technik 3/1957. — 2. BADGER-THOMPSON: Silage Distributor. Prospekt. — 3. BARTH, W. a kol.: Neues Verfahren zur Bestimmung der augenblicklich geförderten Gutmengen im Luftstrom bei pneumatischen Förderung. Chemie-Ingenieur-Technik 9/1957. — 4. BfS: Fördergebläse lösen viele Transportaufgaben. Landmaschinen-Rundschau 7/1961. — 5. BORSKÝ, V. a kol.: Technika použití elektronických analogových počítačů. SNTL-SVTL, Praha, 1963. — 6. BRONŠTEJN, I. N. a kol.: Spravočnik po matematikě dlja inženěrov i učaščichsja VTUZov. Gostěortěchlitizdat, Moskva, 1957. — 7. BROUNŠTEJN, B. I. a kol.: Osnovy teorii pněvmatičeskogo transporta. I — Pnevmatičeskij transport v vertikalnoj trubě. Žurnal tečničeskij fiziki 1/1953. — 8. COLLINS, N. E. a kol.: Pneumatic Conveying of Chopped Forage. Transaction ASAE 2/1965. — 9. CRANE, J. W. a kol.: Predicting Pressure Drop in Pneumatic Conveying of Grains. Agricultural Engineering 3/1957. — 10. DZJADZIO, A. M.: Pnevmatičeskij transport na zernopererabatyvajuščich predprijatijach. Zagotizdat, Moskva, 1961. — 11. FIŠER, Z. a kol.: Výzkum přepravních systémů při sklizni a konservaci pícnin silážováním. Výzkumná zpráva VÚZT, Řepy u Prahy, 1966. — 12. GEHL: Metač FB-85. Prospekt. — 13. GURVIC, A. A.: K voprosu o dviženiji tvěrdoj časticy v potokě gaza. Izvēstija VUZ Energetika 8/1963. — 14. HAHNE-MANN, H. W.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Wurfgebläsen. VDI Zeitschrift 10/1959. — 15. HÁLEK, A. a kol.: Elektronické analogové počítačové stroje a jejich užití při řešení technických problémů. Sborník TESLA Pardubice — VVZ Opočinec, 1960. — 16. HARRIS, E. a kol.: Chopping and Pneumatic Conveying of Silage and Hay. Farm Mechanization 117/1959. — 17. HARRIS, W. L. a kol.: Design Data for Pneumatic Conveying of Chopped Forage. Transaction ASAE 2/1965. — 18. HORÁK, Z. a kol.: Technická fyzika. SNTL, Praha, 1960. — 19. KAMPF, G.: Beitrag zur Theorie des Wurfgebläses. Landtechnische Forschung 5/1956. — 20. KAMPF, G.: Untersuchungen an Wurfgebläsen. Landtechnische Forschung 1/1957. — 21. LEMPP, M.: Physikalische und wirtschaftliche Probleme der pneumatischen Förderung. Hebezeuge und Fördermittel 1/1961. — 22. PRAŽÁK, V.: Pneumatická doprava. Učební texty VŠ. SNTL, Praha, 1961. — 23. PREININGER, M. a kol.: Zpráva o první etapě výzkumu velkovýrobní technologie konservace pícnin silážováním. Výzkumná zpráva VÚZT, Řepy u Prahy, 1965. — 24. URBAN, J.: Pneumatická doprava, SNTL-SVTL, Praha, 1964. — 25. USPENSKIJ, V. A.: Pnevmatičeskij transport. Metallurgizdat, Sverdlovsk, 1959. — 26. VÁVRA, A.: Rychlost částic při pneumatické dopravě. I — teoretické řešení. Zemědělská technika 10/1965. — 27. VÁVRA, A.: Pneumatická doprava zrna. Teoretický a experimentální výzkum rychlosti dopravovaných částic. Kandidátská disertační práce, VÚZT, Řepy u Prahy, 1966. — 28. VÁVRA, A.: Svislá doprava řezané píce potrubím. Teoretický rozbor. Výzkumná zpráva VÚZT, Řepy u Prahy, 1967. — 29. WEIDNER, G.: Grundsätzliche Untersuchung über den pneumatischen Fördervorgang, insbesondere über die Verhältnisse bei Beschleunigung und Umlenkung. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens 5/1955. — 30. WELSCHOF, G.: Pnevmatičeskij transport pri vysokoj koncentraciji pereměščajemogo matěriala. Kolos, Moskva, 1964.

К теории швыряльных транспортеров — кинематика процесса транспортирования

Процесс транспортирования измельченной завялой массы по вертикальному трубопроводу при ее подаче в силосные башни состоит из трех различных фаз:

- сообщения материалу ускорения лопастным ротором швырялки,
- движения материала в вертикальном прямом участке трубопровода,
- прохождения материала по отводу в конце трубопровода.

Задача о транспортировании решалась теоретически. Ядром решения является вторая фаза — движение материала в вертикальном прямом участке трубопровода. Она описана выведенным дифференциальным уравнением (15). Взаимосвязь всех фаз процесса транспортирования выражается в виде краевых условий для решения этого дифференциального уравнения:

- начальная скорость материала, т. е. его скорость на входе в трубопровод, равна скорости его отбрасывания лопастным ротором швырялки (первая фаза);
- конечная скорость материала в выходном сечении трубопровода должна обеспечить надежное прохождение материала по присоединенному отводу (третья фаза), т. е., должна быть по крайней мере равной минимальной необходимой скорости материала на входе в отвод (4). Таким образом определена доступная высота транспортирования.

Существенного увеличения доступной высоты транспортирования можно достичь путем увеличения скорости транспортирующего воздуха (рис. 7), а не путем увеличения скорости швыряния материала (рис. 6).

A Contribution to the Theory of Impeller-Blowers — Kinematics of the Conveying Process

The process of filling chopped forages into the tower silos through a vertical pipe consists of three distinctive phases:

- acceleration of chopped crops by the impeller of the blower unit;
- motion of the chopped material in the straight vertical part of the pipe;
- passage of the material through the curvature on the end of the pipe.

The problems involved in the conveyance process were approached theoretically. The solution is substantially to be found in the second phase — i.e. particles' motion in the straight vertical part of the pipe. It was described by means of a derived differential equation (15). The connection between all phases of the conveying process is given by the marginal conditions for the solution of this differential equation;

- the initial speed of the chopped material, i.e. its speed when entering the pipe, equals the speed of its throw-off by the impeller;
- the final speed of the chopped particles in the outlet section of the pipe must assure a reliable passage of the material through the connected bend, i.e. it must equal, at least, the minimum speed of the material required at the entrance to the bend (4). Thus the accessible conveyance height is defined.

A substantial increase of the accessible height can be achieved by increasing the speed of the conveying air flow (Fig. 7), and not by increasing the throw-off speed. (Fig. 6).

Beitrag zur Theorie der Wurfgebläsen — Kinematik des Transportprozesses

Der Prozeß des Transportes der geschnittenen Futterpflanzen durch die senkrechte Rohrleitung bei der Füllung der Hochbehälter besteht aus 3 verschiedenen Phasen:

- Beschleunigung des Materials durch das Schaufelrad des Wurfgebläses,
- Transport des Materials im senkrechten direkten Abschnitt der Rohrleitung,
- Durchgang des Materials durch den Bogen am Ende der Rohrleitung.

Die Problematik des Transportes wurde theoretisch gelöst. Den Kern der Lösung bildet die zweite Phase — der Transport des Materials im senkrechten direkten Abschnitt der Rohrleitung. Diese Phase ist durch die abgeleitete Differenzialgleichung beschrieben (15). Der Zusammenhang aller Phasen des Transportprozesses ist von den, für die Lösung dieser Differenzialgleichung notwendigen Randbedingungen gegeben:

- die Anfangsgeschwindigkeit des Materials, d.h. seine Geschwindigkeit beim Eintritt in die Rohrleitung gleicht der Geschwindigkeit seines Abschleuderns durch das Schaufelrad des Wurfgebläses,
- die Schlußgeschwindigkeit des Materials in dem Austrittsprofil der Rohrleitung muß für den zuverlässigen Durchgang des Materials durch den angeschlossenen Bogen garantieren, d.h. sie muß mindestens der minimalen

notwendigen Geschwindigkeit des Materials beim Eintritt in den Bogen gleichen (4). So wird die erreichbare Transporthöhe definiert.

Eine wesentliche Erhöhung der erzielbaren Höhe kann durch die Erhöhung der Geschwindigkeit der Transportluft (Abb. 7), aber keineswegs durch die Erhöhung der Geschwindigkeit des Abschleuderns des Materials, erreicht werden (Abb. 6).

Adresa autora:

Ing. Alois Vávra, CSc., Výzkumný ústav vzduchotechniky, Praha 10 — Malešice,
Počernická 96

■ Pevnost spojení zrna s klasem patří k základním technologickým vlastnostem obilnin, které výrazně ovlivňují průběh jejich sklizně, a tím i volbu technologie.

Zjišťováním pevnosti spojení zrna s klasem se zabýval Vasilenko [5]. Při svých pokusech používal odstředivky a zjistil, že u měkkých pšenic s hmotností zrna 0,026–0,046 g je k jeho uvolnění zapotřebí síly 98–175 p a u tvrdých pšenic s hmotností zrna 0,037–0,045 g je potřeba 150–190 p. Z poměrně rozsáhlých měření vyvodil závěr, že velikost síly potřebné k uvolnění zrna je nepřímo úměrná hmotě zrna.

Z ostatních autorů, kteří se rovněž zabývali touto problematikou, je třeba jmenovat Finken zeller a [2], který zkoumal pevnost spojení zrna s klasem u ozimé pšenice Hohenwettersbacher, a to s použitím odstředivky. Stoprocentního uvolnění zrna dosáhl při síle 89 p. Práce Finken zeller a potvrdila závěry Vasilenka o nepřímé úměrnosti mezi velikostí potřebné síly a hmotou zrna. Zrna o hmotnosti nad 0,045 g se uvolňovala již působením síly od 5 do 8,4 p. Naproti tomu k uvolnění zrna o hmotnosti 0,034–0,025 g bylo zapotřebí síly 89 p.

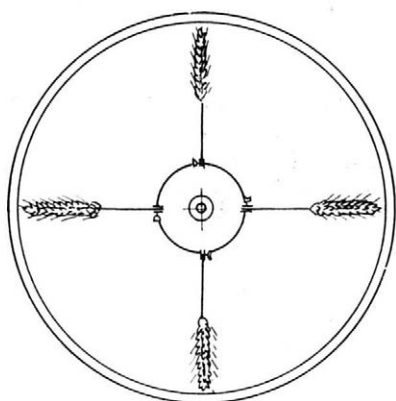
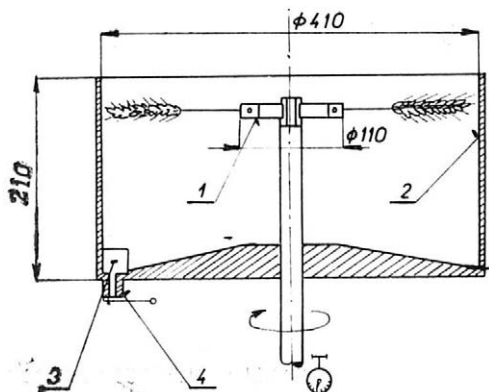
Z našich autorů se uvolňováním zrna zabýval Tomovčík [4], a to u pšenice Diana I a Košútská.

Optimální vhodností odrůdy pro sklizeň, a to právě z hlediska pevnosti spojení zrna s klasem, se zabýval Thielebein [3], který porovnává odrůdy podle pevnosti spojení zrna s klasem, ovšem bez udání číselných hodnot. Feiffer [1] zjišťoval v jednotlivých oblastech NDR optimální lhůty pro výmlat jednotlivých odrůd s cílem, aby optimální termíny sklizně na sebe navazovaly nebo se nepatrně překrývaly. Za optimální pro bezztrátovou sklizeň považuje odrůdy, u kterých se pevnost spojení zrna s klasem nemění 8 až 14, nebo dokonce 20 dní.

K posouzení vhodnosti jednotlivých odrůd pro sklizeň je nutné jejich relativní porovnání z hlediska pevnosti spojení zrna s klasem.

POUŽITÁ METODIKA

Pevnost spojení zrna s klasem byla sledována v průběhu tří let (1963 až 1965) u těchto deseti odrůd pšenice: Diana, Pavlovická 198, Kaštická osinatka, Fanal, Qualitas, Bezostaja, Lada, Salzmünder Bartweizen, Zlatka, Remo.



1. Odstředivka použitá k vyšetření pevnosti spojení zrna s klasem.

Místo měření: Sedlec; rok měření: 1965

1 – držák klasů; 2 – plášť odstředivky; 3 – clona; 4 – výpust zrna

Po upevnění klasů do odstředivky a jejím spuštění se nastavil nejnižší počet otáček ($1000 \text{ ot. min}^{-1}$). Působení tohoto počtu otáček byly klasy vystaveny po dobu 30 s. Po uplynutí této doby bylo uvolněné zrno odstraněno spodním otvorem pomocí zarážky; odstraňování probíhalo za chodu odstředivky. Po odstranění zrna se zvýšil počet otáček na další stupeň. Počet zrn uvolněných v jednotlivých rychlostních stupních byl vyjádřen v procentech z celkového množství zrna obsaženého ve čtyřech klasech.

Zkoušky proběhly ve spolupráci s Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským v Sedlci.

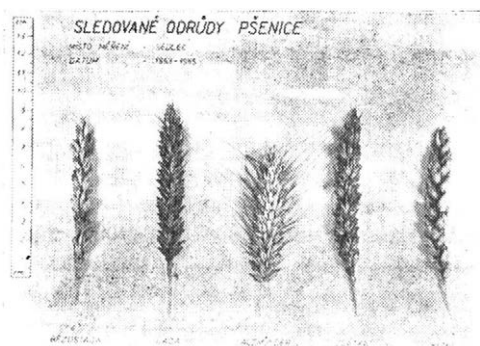
VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Při hodnocení výsledků zkoušek je třeba upozornit na určitou nepřesnost, vyplývající z použité metody měření. Do odstředivky byla vkládána stébła s klasy o celkové délce 16 cm. Zatímco u osmi sledovaných odrůd (Diana, Pavlovická, Fanal, Qualitas, Bezostaja, Lada, Zlatka, Remo) kolísala průměrná délka

Vlastní měření bylo uskutečněno na laboratorní odstředivce ZP-III (obr. 1). Z této odstředivky byly vyjmuty kyvety a nahrazeny čtyřmi svěrkami pro uchycení klasů. Svěrky byly opatřeny pryžovými čelistmi. Část vika odstředivky byla vyříznuta a plech nahrazen plexisklem, aby bylo možno pozorovat průběh uvolnění zrna stroboskopem. Na horní části hřídele odstředivky byl upevněn elektrický otáčkoměr. Otáčky elektromotoru odstředivky byly nastavovány pomocí regulačního transformátoru.

Postup práce:

Porost byl posečen po dosažení stoprocentní voskové zralosti. Pevnost spojení zrna s klasem začala být sledována dva dny po posečení na řádky. U každé odrůdy se denně odebíralo 25 klasů s délkou stébła 30 cm. Se stébly bylo opatrně manipulováno, aby nedošlo k jejich poškození (zlomení). Klasy byly odebírány denně v 10 hodin po dobu minimálně 10 dnů. Před vlastním upevněním v odstředivce byly klasy zkráceny tak, aby jejich délka s částí stébła činila 16 cm. V odstředivce byly současně upevněny čtyři klasy. Každá zkouška jedné odrůdy byla pětikrát opakována. Měřilo se při otáčkách: 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 ot. min^{-1} .



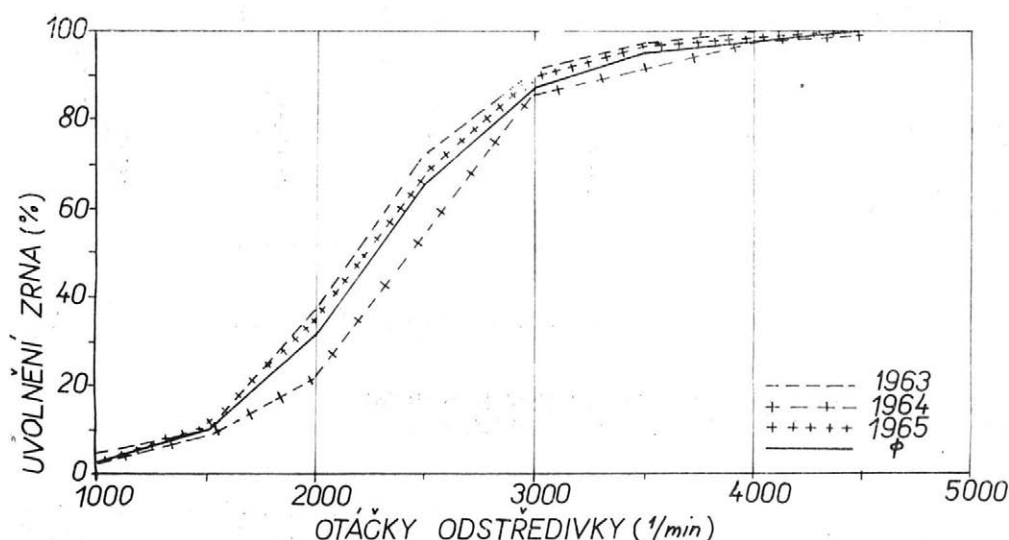
2. Délka klasů sledovaných odrůd pšenice

3. Délka klasů sledovaných odrůd pšenice

klasů v toleranci 9–10 cm, tedy pro daná měření zanedbatelně, u dvou odrůd (Kaštická, Salzmünder) byla průměrná délka klasů 7,5 cm (obr. 2, 3). Zrna ve spodní části klasů u těchto dvou odrůd byla tudíž namáhána větší silou než zrna ve spodní části klasů ostatních odrůd. U odrůdy Salzmünder je tato nepřesnost zanedbatelná, neboť přesto, že na zrna působila větší síla, bylo uvolnění relativně jedno z nejmenších. Prakticky je tedy třeba přihlížet k nepřesnostem použité metody měření jen u odrůdy Kaštická.

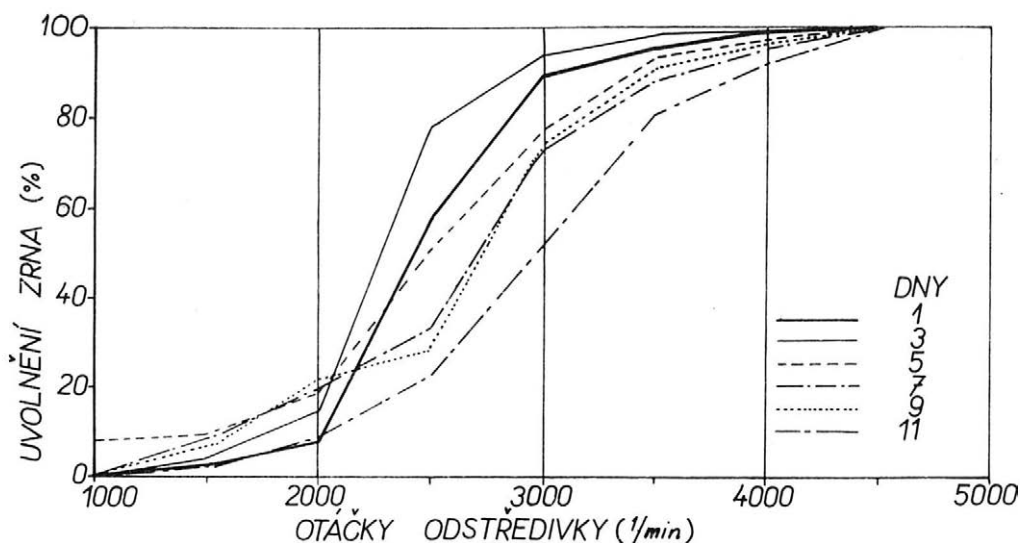
Výsledky měření byly nejprve numericky a pak graficky zpracovány. Příklad zpracování výsledků je uveden u odrůdy Diana na obrázku 4, kde je znázorněno průměrné uvolnění zrna při jednotlivých otáčkách odstředivky, a to jak v jednotlivých sledovaných letech, tak i průměr za tato leta.

Pro přehlednost byly výsledky zpracovány do grafů na obrázcích 5 a 6, kde u jednotlivých odrůd a jednotlivých otáček odstředivky je uvedeno průměrné uvolnění zrna za sledované tři roky s tolerancí vyznačující průměry v jednotlivých

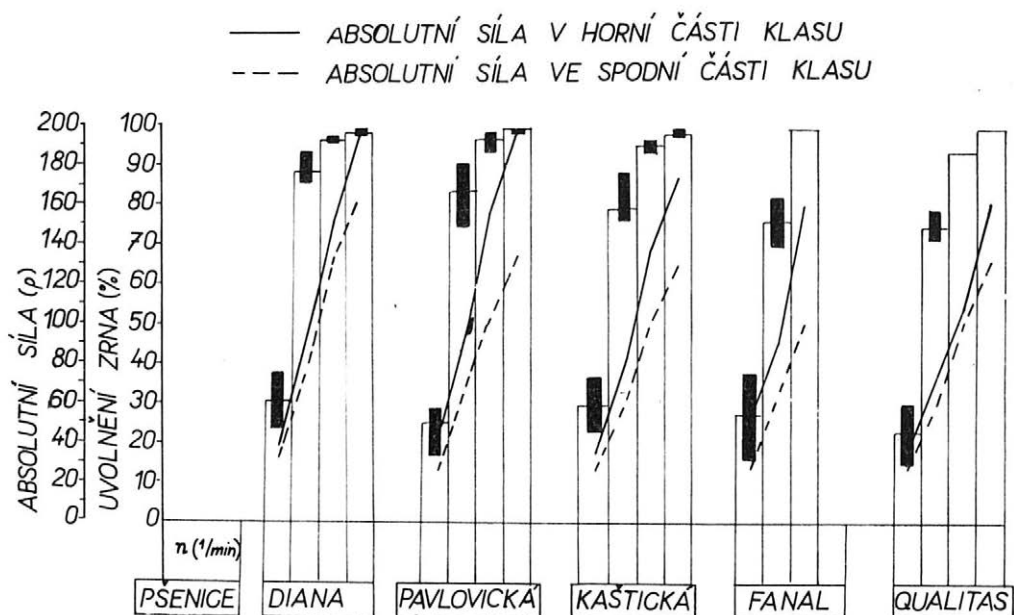


4. Uvolnění zrna (pšenice Diana)

Místo měření: Sedlec; rok měření: 1965



5. Uvolnění zrna (pšenice Pavlovická)
Místo měření: Sedlec; rok měření: 1964



6. Uvolnění zrna a absolutní síly potřebné k uvolnění
Místo měření: Sedlec; rok měření: 1963, 1964, 1965

vých letech měření. V těchto grafech jsou současně vyznačeny i síly, které působily na zrno v odstředivce. Rozdíly v působící síle jsou dány jednak rozdílnou hmotností zrna, jednak rozdílným poloměrem, na kterém se jednotlivá zrna pohybují.

Uvolňování zrna při minimální působící síle

Při posuzování a porovnávání odrůd podle množství uvolněného zrna při minimální působící síle vycházíme z hodnot dosažených v odstředivce při 2000 ot. min⁻¹ a uvedených v tabulce I.

I. Porovnání odrůd při minimální působící síle 1000 ot. min⁻¹

Skupina	Uvolnění zrna (%)	Odrůdy
1	30–38	Diana, Kaštická, Fanal, Lada
2	25–30	Pavlovická, Qualitas, Remo
3	20–25	Zlatka
4	15–20	Salzmünder
5	10–15	Bezostaja

Uvolňování zrna při maximální působící síle

Při posuzování a porovnání odrůd podle množství uvolněného zrna při maximální působící síle vycházíme z hodnot dosažených v odstředivce při 4500 ot. min⁻¹, uvedených v tabulce II.

II. Porovnání odrůd při maximální působící síle 4500 ot. min⁻¹

Skupina	Uvolnění zrna (%)	Odrůdy
1	100 – (před dosažením 4500 ot. min ⁻¹)	Fanal
2	100 – (při dosažení 4500 ot. min ⁻¹)	Qualitas
3	97–100	Diana, Pavlovická, Kaštická, Lada, Salzmünder, Remo
4	pod 97	Zlatka, Bezostaja

Pevnost spojení zrna s klasem v závislosti na počtu dní od nařádkování

Přes opakované pokusy se nepodařilo vyšetřit pevnost spojení zrna s klasem v závislosti na počtu dní od nařádkování. Výsledky měření u odrůdy Pavlovická jsou uvedeny na obrázku 5. Proti původnímu předpokladu se s růstem počtu dnů po nařádkování průběh uvolňování zrna v odstředivce zhoršoval. U ostatních odrůd pak docházelo k nejrůznějšímu překrývání integračních křivek, které nebylo možno vyhodnotit.

Výsledky měření opravňují k domněnce, že v období 14 dnů po ukončení voskové zralosti je pevnost spojení zrna s klasem mnohem více ovlivňována vlhkostí než počtem dnů od nařádkování.

Posouzení porovnávaných odrůd z technologického hlediska

Z hlediska velkovýrobní technologie je nejzávažnějším prvkem uvolnění zrna z klasu minimálními silami, které působí jak na porost na stojato (vitr apod.), tak při všech technologických operacích (žací ústrojí, přiháněč, plátěný dopravník při řádkování, sběrač při sběru apod.).

Uvolňování zrna působením minimálních sil je jednou z hlavních příčin současných sklizňových ztrát. Z těchto hledisek je možno považovat za nejméně vhodné odrůdy Diana, Kaštická, Fanal, Lada, za nejvhodnější pak odrůdy Zlatka, Salzmünder, Bezostaja.

Uvolňování zrna při maximální působící síle je z technologického hlediska méně závažné. I obtížně mlátitelné odrůdy lze vhodným seřízením mláticího ústrojí beze ztrát vymlátit. Při intenzivním výmlatu však vzniká nebezpečí poškození zrna. Z těchto hledisek je možno považovat za nejméně vhodné odrůdy Salzmünder, Bezostaja.

Požadavky na šlechtění odrůd z hlediska pevnosti spojení zrna s klasem

Požadované technologické vlastnosti by měly určovat cíle šlechtění. K odolnosti odrůdy proti výdrolu (účinkem minimálních sil) musí být přihlíženo. Při posuzování odrůd při šlechtění lze vycházet z množství zrna uvolněného minimální působící silou (30–40 p). K vlastnímu měření lze použít upravenou odstředivku (obr. 1). Zkoušenou odrůdu je zapotřebí porovnat jednak s odrůdou s nejmenší pevností spojení zrna s klasem (Diana, Lada), jednak s odrůdou s největší pevností spojení zrna s klasem (Bezostaja, Salzmünder). V každém případě je nutno volit metodu porovnávání (nemusí být provedeno ve stejném čase, ale v okamžiku dozrání, popř. v určitý stejný den po dozrání, při přibližně stejné vlhkosti). Při výše uvedených silách se množství uvolněného zrna pohybuje v rozmezí 10–40 %. Umístí-li se odrůda v tomto rozmezí, lze ji částečně charakterizovat jako odolnou proti výdrolu. K dosažení průkazných výsledků je zapotřebí minimálně 50 měření.

ZÁVĚR

V předložené práci je posouzena pevnost spojení zrna s klasem u těchto deseti sledovaných odrůd pšenice: Diana, Pavlovická 198, Kaštická osinatka, Fanal, Qualitas, Bezostaja, Lada, Salzmünder, Zlatka, Remo, a to v průběhu tří let.

Protože uvolňování zrna působením minimálních sil je jednou z hlavních příčin současných sklizňových ztrát, lze za nejméně vhodné považovat odrůdy: Kaštická, Fanal, Lada; za nejvhodnější pak tyto odrůdy: Zlatka, Salzmünder, Bezostaja. Při posuzování odrůd při šlechtění lze vycházet z množství zrna uvolněného minimální působící silou (30–40 p). Při těchto silách se množství uvolněného zrna pohybuje v rozmezí 10–40 %.

Došlo dne 15. 2. 1968

Literatura

1. FEIFFER, P.: Reserven in der Erhöhung der Getreidequalität. Die Getreidemühle, 1962, č. 7:179-182. — 2. FINKENZELLER, R.: Das Körnerbrechen beim Dreschen. RKTL-Schrift, 102. — 3. THIELEBEIN, M.: Ist die Forderung nach neuen Getreidesorten für veränderte Getreideernteverfahren berechtigt? Landtechnik, 1955, č. 11:437-440. — 4. TOMOVČÍK, J. a kol.: Výzkum agrofyzikálných a mechanických vlastností ozimých pšeníc. Zemědělská technika, 1963, 2:65-85. — 5. VASILENKO, I. F.: Pročnost svjazi zerna s kolosom. Selchozmašina, 1936, 5.

Прочность связи зерна с колосом возделываемых сортов пшениц

В данной статье обсуждается прочность связи зерна с колосом следующих 10 изучаемых сортов пшениц: 'Диана', 'Павловicka 198', 'Каштицка осинатка', 'Фанал', 'Квалитас', 'Безостая', 'Лада', 'Залцмюндер', 'Златка', 'Ремо', а именно в течение 3 лет.

Поскольку освобождение зерна под действием минимальных сил является одной из главных причин современных уборочных потерь, наименее пригодными следует считать сорта: 'Диана', 'Каштицка', 'Фанал', 'Лада'; наиболее пригодными — 'Златка', 'Залцмюндер', 'Безостая'. При оценке сортов в селекции следует исходить из количества зерна, освобожденного минимально действующей силой (30—40 Г). При этих силах количество освобожденного зерна колеблется в пределах 10—40 %. Если же некоторый сорт находится в этом пределе, его можно частично характеризовать стойким к осыпавости.

The Firmness of the Connexion between the Grain and the Ear of Cultivated Wheat Varieties

The present paper studies the firmness of the connection between the grain and the ear in the ten wheat varieties, viz. Diana, Pavlovická 198, Kaštická osinatka, Fanal, Qualitas, Bezostaja, Lada, Salzmünder, Zlatka, and Remo during a period of three years.

Grain release by the action of a minimal pressure is one of the main causes of the present yield losses. The varieties Diana, Kaštická, Fanal, and Lada may be considered as least suitable in opposition to the most suitable varieties Zlatka, Salzmünder, and Bezostaja. The estimation of varieties during breeding allows to start from the number of grain released by the action of a minimal pressure (30—40 p). The number of grain released under this pressure may vary between 10 and 40 per cent. Varieties within this range may be characterized as partly resistant to release.

Die Festigkeit der Kohäsion der Körner mit der Ähre der gezüchteten Weizensorten

In der vorliegenden Arbeit wird die Festigkeit der Kohäsion der Körner mit der Ähre bei den folgenden 10 Weizensorten beurteilt: Diana, Pavlovická 198, Kaštická osinatka, Fanal, Qualitas, Bezostaja, Lada, Salzmünder, Zlatka, Remo, und zwar im Verlauf von 3 Jahren.

Da die Ausbröckelung der Körner infolge der Wirkung der minimalen Kräfte als eine der wichtigsten Ursachen der heutigen Verluste bei den Ernten anzusehen ist, können die Sorten: Diana, Kaštická, Fanal und Lada als die wenigsten günstige, während die Sorten: Zlatka, Salzmünder, Bezostaja als die günstigsten gehalten

werden. Während der Beurteilung der Sorten bei der Veredelung kann man aus der Menge der durch die minimale Kraft (30—40 p) freigemachten Körner herausgehen. Bei diesen Kräften schwankt die Menge der freigemachten Körner von 10—40 %. Wenn sich die Sorte im Bereich dieser Grenze befindet, kann sie als widerstandsfähig gegen die Ausbröckelung angesehen werden.

Adresa autorů:

Ing. Miroslav Preininger, CSc., ing. Josef Maleř, CSc., ing. Hedvika Mašková, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha 6 - Řepy, Gottwaldova 50

■ S rozvojem silážování a zvláště senážování se stále více uplatňuje používání krátce pořezaného materiálu; kontrola tohoto pořezání, především pak metoda jejího provedení a vyhodnocení, činí stále potíže.

Tyto potíže vyplývají ze tří ne zcela ujasněných otázek:

- jak měřit délku řezanky,
- jaké má být optimální nebo alespoň vyhovující složení délek řezanky,
- jak jednoduše vyjádřit výsledek, který má být pro každý soubor reprezentativní.

K charakteristice souboru délek řezanky je možno použít mnoha kritérií. I když v tomto oboru není příliš četná literatura a práce zabývající se přímo tímto problémem jsou velmi kusé, je možno z některých souborných prací vybrat několik zajímavých metod.

Podle Perelse [5] lze rozdělením délek řezanky do tříd po 20 mm vypočítat střední délku řezanky z rovnice

$$l_m = \frac{z_1 l_1 + z_2 l_2 + z_3 l_3 + \dots + z_n l_n}{z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n}$$

kde: z_n — počet zastoupení řezanky o délce l_n

Podobného způsobu používá i Mortasawi [3], který dodává, že k záruce statistické jistoty je třeba přeměřit alespoň 1000 jednotek řezanky. Výsledek může být znázorněn také graficky jako rozdělení délek řezanky ve tvaru křivky četností. Pro menší vzorky řezanky je třeba volit menší šířku třídního intervalu než 20 mm.

Požadavky na délku řezanky zavádě a mokré siláže jsou ve výzkumu v NDR formulovány Stolzenburgem [6]: pro zavadlou siláž vlhkosti 70 % požaduje délku 30 mm při maximálně 100 mm délce částic a pro mokrou siláž vlhkosti 75 % délku 50 mm při maximální délce částic 120 mm.

Jiného způsobu hodnocení používá např. Finner [2]. Uvádí, že sledováním velkého množství sil s dobrou senáží (siláží s nízkou vlhkostí) bylo zjištěno, že dlouhé částice nad 1,5" (38,1 mm) byly obvykle zastoupeny méně než 10 % podle hmotnosti. Tento způsob vyhodnocení je velmi jednoduchý: oddělit částice nad 1,5" a vypočítat procenta podle hmotnosti není pracné. Autor uvádí, že každá sklízecí rezačka, seřízená na $1\frac{1}{4}$ " (6,35 mm) nebo $\frac{3}{8}$ " (9,525 mm) teoretické délky řezanky vyhovuje této specifikaci za předpokladu ostrých nožů a správně nastavené vzdálenosti protiostrů.

Zcela odlišné metody používá Bruns [1]. Vzorky píce rozděljuje do skupin podle délek řezanky pomocí čtyř drátěných sít, které mají prosévací plochu 500 × 600 mm

a čtvercové otvory o hranách 2,5; 5; 10 a 15 mm. Síta jsou ve vzdálenosti 100 mm umístěna nad sebou v prosévací skříni s horizontálním zdvihem 40 mm a 33 kmity za minutu. Vzorek o hmotnosti 300 až 500 g siláže je proséván po dobu 5 minut.

Se zmenšujícím se rozměrem ok síta se zmenšuje i průměrná délka řezanky na sítích. Na sítích s menšími otvory bývají však i nadměrně dlouhé části stébel, které během prosévání procházejí otvory svisle. Podíl nadměrných délek, jak ukázaly výpočty, není konstantní, nýbrž se mění podle druhu píce a obsahu sušiny. Je tím vyšší, čím

- menší je průměr stébel (proto nemohou být vzájemně porovnávány vzorky trávy a kukuřice),
- sušší je píce; proto je třeba vzorky před rozbořem předsušit asi na 50 % sušiny.

U jetelotravní směsky ukázalo opakované třídění podle délky řezanky, že řezanka o délce 40 mm a méně (která je všeobecně požadována pro vrchní a spodní vybírače) se nachází téměř výlučně na sítu s otvory 2,5 mm a ve skříni. Části řezanky nad 40 mm jsou zastoupeny na těchto obou frakcích jen velmi malým hmotnostním podílem. Jako míra délky řezanky slouží podíl hmotnosti obou spodních frakcí (síto s otvory 2,5 mm a prosévací skříň) na celkovém množství píce. U dobré jetelotravní a travní siláže se podíl krátké řezanky pohybuje mezi 65 až 90 %. U kukuřičné siláže bývá zpravidla větší než 90 %.

VLASTNÍ PRÁCE

Jak je zřejmo z literárního přehledu, můžeme k hodnocení délky řezanky a k způsobu uvedení výsledku přistupovat ze dvou hledisek:

- metodu měření a zpracování zaměřit tak, aby výsledkem byl jeden údaj, jedno číslo,
- metodu měření a zpracování popsat několika údaji.

CHARAKTERISTIKA DÉLKY ŘEZANKY JEDNÍM ÚDAJEM

Výsledek analýzy souboru délek řezanky, který má být vyjádřen jedním číslem, musí vyhovovat tomuto obecnému požadavku:

Charakterizovat soubor z hlediska účelu určení řezanky; např. u procesu silážování a senážování (plnění sil, konzervace a skladování, vybírání a doprava) má mít výsledek při seřazení souborů od nejvhodnějších k méně vhodným dostatečně výraznou tendenci. Určitému souboru řezanky má být přiřazeno jedno číslo, které nesmí být ovlivněno jinými fyzikálními vlastnostmi.

Nejnámější metodou používající jako výsledek jedno číslo je výpočet aritmetického průměru jednak podle četností, a jednak podle hmotnosti částic v jednotlivých třídách.

Z rozboru výsledků stanovených výpočtem z četností jednotlivých délek v třídách vidíme, že pro výpočet aritmetického průměru mají stejný vliv třídní intervaly se stejným počtem krátkých nebo dlouhých částic. U výpočtu na základě hmotnosti částic v jednotlivých třídách má mít stejný počet částic v třídním intervalu s delšími částicemi vždy hmotnost větší. Z toho vyplývá, že aritmetický průměr délky řezanky, vypočtený podle hmotnosti částic, bude vždy větší než aritmetický průměr vypočtený podle četnosti částic.

Z hlediska tzv. exaktní řezanky dávají údaje průměru vypočteného z hmotnosti částic lepší informace k zabezpečení celého komplexu prací; např. při senážování nás velmi zajímají nejen třídy s řezankou malé délky, ale i méně početné třídy s řezankou dlouhou, která hlavně ovlivňuje bezporuchový provoz vybíračů siláže a dopravníků. Rychle stoupající hodnota průměru vypočteného z hmotnosti částic, ovlivněná větší hmotností tříd

s nižšími četnostmi částic, nám okamžitě ukazuje vzrůst četností ve třídách s větší délkou řezanky.

Toto hodnocení má však také nedostatky. U stejných souborů délek řezanky vyjdou při různé vlhkosti různé výsledky, neboť rostliny nevysychají všude stejně rychle a je přirozené, že různé vlhkosti hmotnost ovlivní. Je tedy zřejmé, že takto získané výsledky nejsou zcela porovnatelné.

Další možností vyjádřit charakteristiky souboru délek řezanky jedním číslem je použití parametrů vypočítaných při aplikaci logaritmicko-normálního rozložení. I když tato aplikace není zcela přesná, uvádíme porovnání a zhodnocení těchto metod z hlediska obecných požadavků, kterým má hodnocení vyhovovat. Porovnání bylo uskutečněno na jednom ze souborů délek řezanky, hodnocených při procesu senážování.

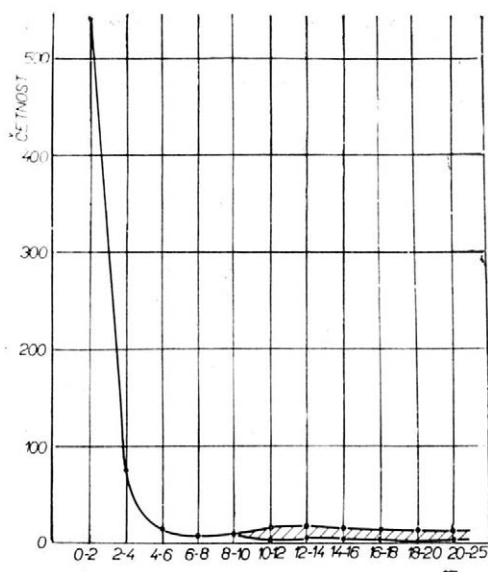
Tento soubor (tab. I), jehož absolutní četnosti jsou uvedeny na obrázku 1, byl pro možnost posoudit trend výsledků z různých hodnotících metod ve třídách nad 10 cm upravován postupným přidáváním po dvou prvcích v jednotlivých třídách. Na obrázku 1 je tento rozsah označen šrafovaným polem.

I. Hodnocený soubor délek řezanky

Třídní interval	Střed třídy x	Třídní četnost	Hmotnostní četnost
0— 2	1	540	3,50
2— 4	3	75	1,55
4— 6	5	15	0,51
6— 8	7	6	0,42
8—10	9	8	0,61
10—12	11	1	0,03
12—14	13	5	0,32
14—16	15	2	0,14
10—18	17	1	0,42
18—20	19	—	—
20—25	22,5	1	0,07
		654	

Použité způsoby stanovení porovnávaných charakteristik jsou uvedeny v tabulce II. Je to výpočet průměrů z četnosti i z hmotnosti částic, průměru pro logaritmicko-normální rozdělení souboru, modu jako nejčastěji se vyskytující hodnoty v souboru a mediánu jako prostřední z hodnot uspořádaných podle velikosti. Dále jsou uvedeny ještě dvě další metody určení charakteristiky, a to modifikovaný průměr na základě výpočtu z četností délek a na základě bodovacího systému.

Jednoduchá metoda výpočtu modifikovaného průměru vychází ze zvýšení váhy



1. Absolutní četnosti hodnoceného souboru délky řezanky

delších částic řezanky tím, že se při výpočtu zatěžují četnosti dvakrát středem třídy. Metoda, označená jako bodovací systém a vypracovaná Sedláčkem [7], rozděluje soubor z hlediska vhodnosti délky řezanky do dvou skupin. Skupina do zvolené mezní délky řezanky je považována za vhodnou, nad mezní délku nevhodnou. Vhodná část souboru je sestavena do geometrické řady tak, aby vhodnost mezní třídy byla jednotková. Jelikož se vhodnost do mezní třídy příliš neliší, bývá koeficient $q \approx \frac{1}{2}$. Pro n -tý člen řady pak

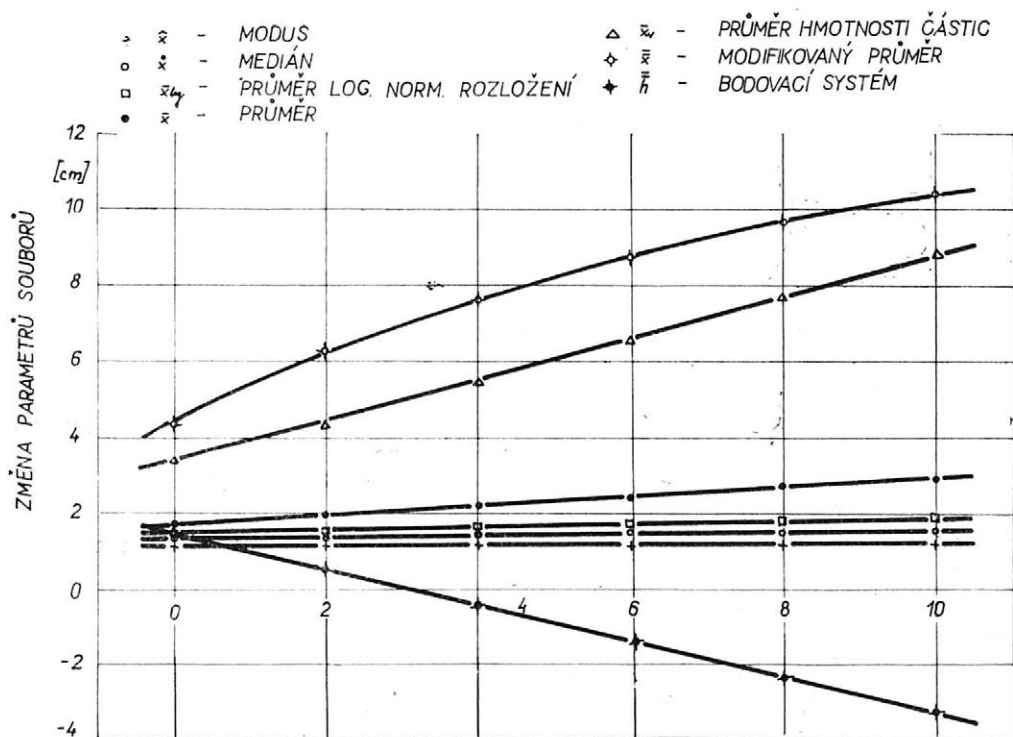
platí vztah uvedený v tabulce II pro u_n .

Nevhodnou část souboru opět sestavíme do geometrické řady. Pro jednotlivé členy řady platí vztah pro u_m a vlastní bodové zhodnocení souboru řezanky dostaneme ze vztahu pro h , kde α je relativní četnost obecného intervalu.

Grafické znázornění charakteristik souboru je na obrázku 2. Vidíme, že průměr vy počítaný z četností jednotlivých délek, jakož i parametry logaritmicko-normálního rozložení (modus, medián a průměr logaritmicko-normálního rozložení) nevykazují, v me-

II. Způsoby výpočtu charakteristik délky řezanky

Průměr z četností částic $\bar{x}$	$\bar{x} = \frac{\sum x \cdot f}{\sum f}$
Průměr z hmotnosti částic $\bar{x}_v$	$\bar{x}_v = \frac{\sum x \cdot v}{\sum v}$
Průměr logaritmického – normálního rozdělení $\bar{x}_{\log}$	$\bar{x}_{\log} = \log \xi + 1,151292 \sigma^2 \log \xi = \frac{\sum f \cdot \log x}{\sum f}$
Modus $\hat{x}$	$\log \hat{x} = \log \xi - 2,3025 \sigma^2 \sigma = \sqrt{\frac{\sum f \cdot \log x^2}{\sum f} - \log \xi}$
Medián $\overset{\circ}{x}$	$\log \overset{\circ}{x} = \log \xi = \frac{\sum f \log x}{\sum f}$
Modifikovaný průměr $\overline{x}$	$\overline{x} = \frac{\sum x^2 \cdot f}{\sum f \cdot x}$
Bodovací systém $\overline{h}$	$\overline{h} = \frac{a}{2} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \cdot \\ \alpha_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_n \\ u_d \\ u_m \end{pmatrix}^T \quad \alpha = \frac{f}{f} \quad \begin{matrix} u_n = 2 [(1/2)^{1/4}]^{n-1} \\ u_d = 1 \\ u_m = (-1) [(1/98)^{1/2}]^{n-d-1} \end{matrix}$



2. Změny parametrů souboru při zvyšujících se četnostech v třídách nad 10 cm
 Na ose x vyznačeno postupné přidávání po dvou prvcích ve třídě

zích použitých rostoucích četností ve vyšších třídách, výrazné rozdíly ve výsledcích. Zvláště parametry souboru řezanky, hodnocené jako logaritmicko-normální rozložení, se téměř nemění.

Velmi dobré výsledky dávají výpočty průměru délky řezanky podle hmotnosti částic v jednotlivých třídách. Tato metoda je však zatížena chybou, způsobovanou závislostí na vlhkosti.

Ještě výraznějších rozdílů bylo dosaženo výpočtem podle metod vypracovaných ve VÚZT. Metoda stanovení modifikovaných průměrů z četností částic dává výsledky s podobným trendem jako metoda výpočtu průměru podle hmotnosti částic. Trend bodovacího systému je zcela opačný. V závislosti na zvolené mezní délce vhodné řezanky a zvyšujících se četnostech ve vyšších třídách výsledky velmi rychle klesají do záporných hodnot. Využití této metody v dalších pracích je vázáno určením všech podkladových hodnot.

Možnost charakterizovat výsledek hodnocení délky řezanky jedním číslem je zvláště důležitá v technické a výzkumné praxi při použití délky řezanky jako parametru v různých výpočtech a grafickém znázornění.

CHARAKTERISTIKA DÉLKY ŘEZANKY NĚKOLIKA ÚDAJÍ

Tato metoda je velmi vhodná k posuzování délky řezanky v praxi; při jejím použití lze vycházet ze dvou možností:

- a) určení maximální a minimální mezní délky (např. řezanka 2 až 3 cm), uvedené převážně ve firemní literatuře;
- b) maximální nebo minimální omezení počtu četností v různých třídách polygonu četností (bývá uvedeno většinou v %, např. ve třídě do 30 mm 75 %).

Rozebereme-li oba způsoby z hlediska praktického uplatnění u dnes používaných řezaček, je zřejmé, že použití způsobu uvedeného ad a) je zcela vyloučeno, neboť prakticky neexistuje soubor řezanky, který by neměl částice např. menší než 20 a větší než 30 mm.

Reálné je tedy použití metody ad b), která skýtá velké množství možností již v samém základě (volba rozdělení do tříd; volba hodnocení v jednotlivých třídách podle počtu nebo hmotnosti částic; určení mezního rozměru, do něhož se nezahrnuje rozprach, lístky, úlomky a velmi krátké částice).

Od roku 1964 se ve VÚZT systematicky prováděly rozborů délek řezanky při plnění a vybírání silážních a senážních věží. Jelikož byly v průběhu těchto minulých let usku-
tečněny v metodice měření i vyhodnocování různé experimenty a délky řezanky byly určovány v souvislosti s průběhem plnění, konzervace a vybírání z věží, je možno z tohoto velkého množství měření vyvodit některé praktické závěry.

Soubory délek řezanky, získané při plnění a vybírání věží ve VÚZT, jsou uvedeny v tabulkách III a IV.

Při sklizni bylo použito řezaček: KÖLA (Ködl a Böhm), KS 69 (New Holland) a E 066 (Fortschritt).

K vybírání bylo použito těchto strojů:

pro hermetické věže — fréza Harvestore, Alkosil a Chepos;

pro otevřené věže — Badger, Starline, Volumatic, Cley, Big Jim, VÚZS 6.

Z údajů uvedených v tabulce III vyplývají některé základní poznatky. Především je patrna změna souborů, způsobená vybíracími stroji. K posouzení, je-li změna statisticky významná (tj. výše pravděpodobnosti, že soubory délek řezanky, odebrané při plnění a vybírání věží, nepocházejí z jednoho základního souboru), lze použít Kolmogorov-Smirnovova testu. Testovaná veličina λ je podle Myslivce [4] definována vztahem

$$\lambda = D \sqrt{n}$$

kde: D = maximum absolutní hodnoty rozdílu kumulativních relativních četností testovaných souborů

$$n = \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}$$

kde: n_1 = počet případů v prvním souboru

n_2 = počet případů v druhém souboru

Vypočtené hodnoty λ jsou uváděny v tabulce V. Pro testování významnosti byla zvolena hranice 0,1 %, které odpovídá $\lambda_{0,001} = 1,95$.

Z tabulky V vyplývá, že všechny vypočítané hodnoty $\lambda > \lambda_{0,001}$, takže můžeme konstatovat, že jak vrchní, tak spodní vybírače velmi významně ovlivňují délku řezanky. Je samozřejmé, že určitý vliv na délku řezanky má i metač při plnění věží. U obou způsobů odběru je vliv metače stejný, z uskutečněných měření však nelze určit jeho velikost. Při posuzování délky řezanky odebrané po vybírání vybíracím strojem je tedy možno rozložení délek řezanky při plnění věží přibližně posuzovat podle přepočítávacích koeficientů uvedených v tabulce IV.

V tabulce III jsou uvedeny výsledky získané při třídění řezanky v třídním intervalu 20 mm s vynecháním složky do 5 mm. V další fázi pokusů bylo použito třídního intervalu 40 mm s vynecháním složky do 10 mm (tab. IV). Toto třídění nejen značně zmenšuje pracnost při vyhodnocování, ale posunuje do reálnějších hodnot výsledné hodnoty

III. Soubory délek řezanky z pokusů ve VÚZT

Ukazatel				Třídy														Σf	$\bar{x}$ (cm)	Mo- difiko- vaný $\bar{x}$ (cm)
				0,5—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—14	14—16	16—18	18—20	20—25	25—30	30—35	35—			
Provozní měření — běžná údržba strojů	spodní odběr	plnění	%	79,38	11,57	4,31	1,79	1,19	0,64	0,42	0,20	0,07	0,09	0,17	0,05	0,01	0,12	9372	1,87	4,50
			absolutní četnost	7439	1084	404	168	112	60	38	19	7	8	16	5	1	12			
		vybírání	%	83,17	10,06	2,98	1,51	0,68	0,34	0,21	0,13	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	—	42814	1,58	3,65
			absolutní četnost	35608	4307	1276	646	291	146	90	56	30	21	17	13	4	—			
	vrchní odběr	plnění	%	69,49	15,02	6,63	3,43	2,08	1,07	0,75	0,62	0,36	0,26	0,23	0,09	0,03	0,02	44669	2,42	6,37
			absolutní četnost	31040	6709	2961	1532	929	478	335	276	161	116	103	40	13	9			
		vybírání	%	75,01	15,08	4,84	2,07	1,24	0,66	0,39	0,26	0,15	0,14	0,01	0,0	—	—	82311	1,92	4,87
			absolutní četnost	61765	12415	3984	1704	1021	543	321	214	123	115	82	82	—	—			
	spodní + vrchní odběr	plnění	%	70,83	14,55	6,31	3,21	1,96	1,01	0,71	0,58	0,32	0,24	0,22	0,10	0,03	0,03	54041	2,35	6,04
			absolutní četnost	38277	7863	3410	1735	1059	546	384	313	173	130	119	54	16	16			
		vybírání	%	77,80	13,52	4,26	1,86	1,06	0,56	0,33	0,22	0,13	0,12	0,08	0,06	0,01	0,01	125145	1,85	4,5
			absolutní četnost	97363	16920	5331	2328	1926	701	413	275	163	150	100	76	135	13			

IV. Soubory délek řezanky z pokusů ve VÚZT

Ukazatel				Třídy							Σf	Průměr $\bar{x}$ (cm)	Modifikovaný průměr $\bar{x}$ (cm)
				1—4	4—8	8—12	12—16	16—20	20—30	30—50			
Provozní měření — běžná údržba strojů	spodní + vrchní odběr	plnění	%	85,38	9,52	2,97	1,29	0,56	0,32	0,06	54093	3,39	5,63
			absolutní četnost	46140	5144	1605	697	302	173	32			
		vybírání	%	91,32	6,12	1,62	0,55	0,25	0,14	0,02	125172	2,98	4,25
			absolutní četnost	114282	7659	2027	688	313	175	28			
	koeficient změny způsobené vybíráním		±	2,48	1,49	1,26	0,99	1,04	1,01	0,88			
			%	1,069	0,643	0,545	0,426	0,446	0,438	0,333			
	Provozní měření — mimořádně kvalitní údržba	plnění	%	89,69	7,07	2,14	0,64	0,27	0,14	0,05	19656	3,06	4,59
			absolutní četnost	17629	1390	421	126	53	28	10			
vybírání (teoretický přepočet)		%	93,95	4,45	1,14	0,27	6,12	0,06	0,02	46537	2,81	3,63	
		absolutní četnost	43720	2071	530	124	55	28	9				

V. Maximální rozdíly kumulativních relativních četností D , hodnoty proměnné λ a pravděpodobnosti $P(\lambda)$ pro jednotlivé kombinace souborů

Spodní odběr, plnění, vybírání	Vrchní odběr, plnění, vybírání	Spodní a vrchní odběr, plnění, vybírání
$D = 0,0379$	$D = 0,0558$	$D = 0,0697$
$\lambda = 3,32$	$\lambda = 9,48$	$\lambda = 13,52$
$P(\lambda) > 0,001$	$P(\lambda) > 0,001$	$P(\lambda) > 0,001$

aritmetického i modifikovaného průměru (dávají pak lepší představu o skutečném složení řezanky). Částice do 10 mm byly vynechány proto, že nemají v procesu senážování a silážování negativní vliv, a dále proto, že vzhledem ke své menší délce než je teoretická délka řezanky (u používaných řezaček okolo 10 mm) nevznikají, mimo velmi malé procento, řezem v řezacím ústrojí stroje. Tento podíl se pohybuje průměrně mezi 20–25 % z celkové hmotnosti vzorku.

Z údajů tabulky IV je možno porovnat výsledky, dosažené uvedenými řezačkami při jejich dobré údržbě a seřízení, s výsledky dosaženými při mimořádně pečlivé údržbě a seřízení. Při dobré údržbě a seřízení řezaček je ve třídě 10–40 mm přes 85 % částic a při mimořádně pečlivé údržbě a seřízení přes 89 % částic. Tyto hodnoty ohraničují rozpětí, ve kterém by se měla pohybovat kvalita řezanky při plnění senážních a silážních věží. Podíl dlouhých částic, které hlavně ovlivňují práci vybíračů, činí při dobré údržbě a seřízení asi 5 % a při mimořádně pečlivé údržbě asi 3 %. I když není možno přesně určit procento dlouhých částic > 80 mm, které by způsobilo poruchu vybírače, lze konstatovat, že při hranici asi 5 % v třídách > 80 mm nebyla na vybíracích strojích shledána porucha prokazatelně způsobená délkou řezanky. Je však zřejmé, že čím bude řezanka kvalitnější, tím bude vybírací stroj méně namáhán.

Např. při přepočtu podle udaných koeficientů pro změnu působenou vybíračem bude u souboru získaného z mimořádně pečlivě seřizovaných řezaček zastoupeno v třídách 10–40 mm přibližně více než 98 % částic a ve třídách nad 80 mm pouze 0,2 % částic. Uvedený odhad vznikl přepočtem z četnosti částic, neboť přepočtem z ponechaného zastoupení částic by u uvedené velmi kvalitní řezanky došlo k nesprávnému výsledku. Takovýto přepočet dává správný obraz jen u řezanky získané z běžně udržovaných a seřizovaných řezaček.

K dokreslení charakterů jsou v tabulkách III a IV uvedeny hodnoty vážených průměrů a modifikovaných průměrů.

V tabulce VI jsou uvedeny soubory délek řezanky souběžně vyhodnocované určováním hmotnosti částic v jednotlivých třídách. Porovnáme-li dosažené výsledky s hodnotami uváděnými Finnerem [2] pro dobrou senáž, vidíme, že hmotnostní procento dosažené při našich pokusech nedosahuje výše uváděné v citované literatuře, neboť jde o vzorky odebírané při plnění věží, zatímco výsledky uváděné Finnerem jsou zřejmě ze vzorků po vybírání věží.

Nevýhody určování průměru z hmotností částic ve třídách byly již probrány. Z praktického hlediska je třeba uvážit ještě tu okolnost, že součástí této metody je pracné rozdělení do tříd a místo jednoduchého počítání částic již při rozdělování přistupuje ještě vážení podmíněné váhami s přijatelnou přesností. I tento důvod vedl k tomu, že pro potřebu praxe se uvažuje pouze metoda založená na vyhodnocování z četností částic.

S přihlédnutím ke všem uvedeným okolnostem je možno tabulek III a IV použít jako podkladu k jednoduché metodě stanovení délky řezanky s praktickou hranicí, pod

Spodní + vrchní odběr, fáze plnění	Třídy	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—14	
	hmotnost (g)	1498,18	282,81	138,62	76,89	67,44	42,87	21,99	
	%	68,10	12,85	6,30	3,50	3,07	1,95	1,00	
	Třídy	14—16	16—18	18—20	20—25	25—30	30—35	Σ	$\bar{x}_v$
	hmotnost (g)	16,71	11,53	16,80	16,44	12,97	0,99	v	100,00
	%	0,76	0,52	0,76	0,75	0,58	0,04	$\bar{x}_v$	849,33
									8,49

kteřou by neměla klesnout kvalita řezanky v procesu senážování a silážování. Vzhledem k typickému asymetrickému rozložení souborů délek řezanky a k praktickým poznatkům získaným při plnění, konzervaci a vybírání senáže a siláže z věží bylo navrženo rozdělení řezanky pouze do tří tříd, a to 10 až 40 mm, 40 až 80 mm a nad 80 mm. Ze zkušeností praktického provozu lze vyvodit: přesáhne-li při plnění počet částic v třídě 10 až 40 mm 85 % a nepřesáhne-li počet částic v třídě nad 80 mm 5 %, možno očekávat, že při plnění konzervaci a vybírání (při zachování i ostatních důležitých podmínek) nevzniknou vlivem délky řezanky žádné závady.

Metodika k vyhodnocování délky řezanky, použitelná v široké praxi uživateli silážních a senážních věží, zpracovaná na základě těchto poznatků a doplněná o některé obecné části, je uvedena dále.

Metodika vyhodnocování délky řezanky ke konzervaci píce ve věžích

Obecné zásady pro odběr vzorků

Požadovaný vzorek je třeba odebrat z průměrného vzorku, odebraného podle účelu sledování buď při plnění (hodnocení řezanky před vstupem do věže), nebo při vybírání věže (hodnocení řezanky po vybírání). Průměrný vzorek o hmotnosti asi 2 kg se promíchá na hladké čisté ploše, srovná se přibližně do pěticentimetrové vrstvy čtvercového tvaru a pravítkem ve směru úhlopříček rozdělí na čtyři trojúhelníky. Ze dvou protilehlých trojúhelníků se materiál vyloučí, dva zbývající protilehlé trojúhelníky se spojí, promíchají, znovu upraví do čtverce a rozdělí na čtyři trojúhelníky. Dělíme tak dlouho, až ze dvou protilehlých trojúhelníků získáme základní vzorek, obsahující minimálně 500 částic řezanky (zhruba 15—20 g při sušině 50%). Při křížovém dělení je třeba dbát na dokonalé promísení vzorku — do oddělovaných částic zahrnout i drobné částice lpící na podložce. Konečný rozborový vzorek je třeba analyzovat vždy celý i v tom případě, že počet částic podstatně převyšuje 500.

Odběr průměrného vzorku při plnění věží

Vzorek je třeba odebrat tak, aby byl reprezentativní pro řezanku přiváženou k věžím. Při použití velkoobjemového vozu se sklápěním nákladu na složiště nebo dopravníků odebíráme vzorek o hmotnosti asi 2 kg postupně v menších množstvích z dopravníku před metačem (v průběhu vyprazdňování vozu asi 10 dílčích vzorků). Při použití samo-

vykládacího vozu odebíráme vzorek podobně při přepadu materiálu z vozu do metače nebo na dopravník. Není vhodné odebírat vzorek přímo z vozu nebo s povrchu materiálu ve věži, neboť v obou případech dochází k separaci.

Odběr průměrného vzorku při vybírání z věže

Je-li vybírač v provozu, odebíráme vzorek podobně jako při plnění, tj. přímo od vybírače nebo z dopravníku, během vybírání (pokud možno opět 10 dílčích vzorků z jednoho oběhu vybírače). Je-li vybírač porouchán, je u vrchních vybíračů možné odebrat průměrný vzorek nejméně z 10 míst, rovnoměrně rozdělených po celém povrchu siláže ve věži. U spodních vybíračů je přímý odběr vzorku prakticky znemožněn. Došlo-li k poruše během vybírání, je možno odebrat vzorek z krmiva, které bylo těsně před poruchou vybráno. Vyskytla-li se porucha, při které není k dispozici vybraný materiál, nelze vzorek získat vytrháváním částic materiálu různými způsoby z věže, ale je nutno odebrat vzorek po opětovném uvedení vybírače do chodu.

Způsob vyhodnocení

Částice obsažené v rozborovém vzorku změříme a rozdělíme do tříd 1–4 cm, 4–8 cm a nad 8 cm. Částice menší než 1 cm, lístky a rozprach oddělíme a dále je nebereme v úvahu. Částice větší než 1 cm měříme narovnané a u částic s roztřepenými konci měříme pouze relativně nepoškozenou část stébla (viz obr. 3).

Částice v jednotlivých třídách sečteme a z celkového počtu vyjádříme procentní podíl v třídách 1–4 cm a nad 8 cm.

Zastoupení délek řezanky hodnocené před plněním věže by mělo odpovídat tomuto složení:

- minimálně 85 % v třídě 1–4 cm,
- maximálně 5 % v třídě nad 8 cm

z celkového počtu částic (minimálně 500).

Zastoupení délek řezanky hodnocené po vybrání spodním nebo vrchním vybíračem se pravděpodobně změní takto:

- procento částic ve třídě 1–4 cm se průměrně zvýší o 7 % v porovnání s řezankou před jejím plněním do věže,
- procento částic ve třídě nad 8 cm se průměrně sníží o 51 % proti porovnatelné řezance před plněním věže.

Například:

Před plněním je v řezance toto zastoupení délek:

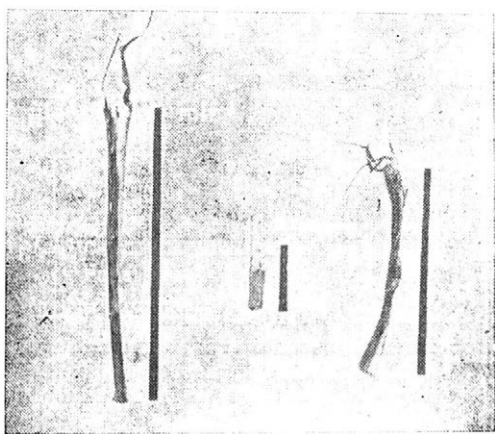
85,0 % částic ve třídě 1–4 cm,

5,0 % částic ve třídě nad 8 cm.

Po vybrání vybíračem bude mít řezanka pravděpodobně toto složení délek:

$85,0 \% \times 1,07 \doteq 91 \%$ ve třídě 1–4 cm,

$5,0 \% \times 0,49 \doteq 2,5 \%$ ve třídě nad 8 cm.



3. Měření délek řezanky

Uvedené hodnoty délek řezanky lze získat řezačkami seřízenými na teoretickou délku řezu menší než 1 cm, s nabroušenými noži a správně seřízenou vzdáleností mezi noži a protiostrím.

Z Á V Ě R

Délku řezanky lze hodnotit dvojím způsobem:

a) metodu měření a zpracování zaměřit tak, aby výsledkem byl jeden údaj, jedno číslo (např. průměr);

b) charakterizovat řezanku několika údaji (např. maximálním nebo minimálním procentickým obsahem délek v některých třídách atd.);

V práci jsou popsány a zhodnoceny jednotlivé metody, jako výpočet průměru z četnosti a hmotnosti částic, modus, medián a průměr logaritmicko-normálního rozdělení, modifikovaný průměr a bodovací metoda. Obecným požadavkům nejlépe z těchto výsledků vyhovuje modifikovaný průměr, a to pro rychlý trend růstu s narůstajícími délkami částicemi řezanky a pro svou výpočtovou jednoduchost. Na základě četných praktických měření je dále posouzeno rozdělení délek řezanky do tříd, jakož i šířka třídního intervalu, a z hlediska plnění, konzervace a vybírání je rozebráno rozdělení částic v jednotlivých třídách.

Uvedený rozbor umožňuje vypracovat praktickou metodiku hodnocení délky řezanky s doporučenými třídami a s procentickým zastoupením délek charakterizujících řezanku vhodnou k technologii silážování ve věžích. Při výpočtu vycházejícím z četností částic by kvalitní řezanka měla obsahovat více než 85 % z částic ve třídě 10–40 mm a méně než 5 % částic ve třídě nad 8 cm.

Došlo dne 15. 2. 1968

L i t e r a t u r a

1. BRUNS, P.: Die Entnahme und Verteilung von Gärfutter. Doktors Dissertation, 1966, Kiel. — 2. FINNER, M. F.: Harvesting and Handling Low-Moisture Silage. Transactions of the ASAE, 1966, No. 3, Michigan. — 3. MORTASAWI, M.: Die Schnittlänge von Halmguthäckseln. Arbeiten der landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, 1963, Band 23, Stuttgart. — 4. MYSLIVEC, V.: Statistické metody v zemědělském a lesnickém výzkumnictví. ČSAZV-SZN, 1957, Praha. — 5. PERELS, E.: Handbuch zur Anlage und Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte, 1966, Band I., Jena. — 6. STOLZENBURG, W. L.: Sklizeň pícnin sklízecí řezačkou v Německé demokratické republice. Zemědělská technika, 1967, č. 11. — 7. SEDLÁČEK, J.: Interní informace VÚZT, Praha-Repy.

Оценка длины резки при консервировании кормов в башнях

Длину резки можно рассматривать двояким способом:

a) упорядочить метод измерения и обработки таким образом, чтобы в результате был получен один показатель, одно число (напр. среднее);

b) характеризовать резку несколькими данными (напр. максимальным или минимальным процентным содержанием длины в некоторых категориях и т. д.).

В работе описаны и оценены отдельные методы, как например, вычисление среднего на основе частоты и массы частиц, модус, медиана и среднее логарифмическо-нормального деления, модифицированное среднее и балльный метод. Среди этих результатов общим требованиям лучше всего удовлетворяет модифицированное среднее, а именно из-за быстрого тренда роста с нарастающими удлиняющимися частицами резки, а также благодаря простоте вычисления.

На основе многочисленных практических измерений далее рассматривается также распределение данных длины резки по категориям, а также ширина диапазона категорий; с точки зрения наполнения, хранения и выемки рассматривается распределение частиц по отдельным категориям.

Приведенный анализ позволяет разработать практическую методику оценки длины резки с рекомендуемыми категориями и с процентным содержанием данных длины, характеризующих резку, пригодную для технологии силосования в башнях. При вычислении, исходящем из частоты частиц, качественная резка должна содержать более 85 % частиц категории 10—40 мм и менее 5 % частиц категории свыше 80 мм. Одновременно даны приблизительные коэффициенты пересчета изменений величин, вызванных приспособлениями для выемки силоса из башни.

Estimation of the Chopped Straw Length in the Preservation of Fodder in Tower Silos

The length of chopped straw may be estimated in two ways:

a) by directing the method of measurement and treatment so that the results should be one indication, one number (e. g., the average);

b) by characterizing the chopped straw by several data (e. g., by the maximal or the minimal percentage content of the lengths in some classes etc.).

The study deals with the description and estimation of individual methods, such as the calculation of the average from the frequency and the specific weight of the particles, the modus, median and mean of the log-normal classification, the modified average, and method of points. Of these results, the modified average agrees best with the general demands for the quickest trend of growth together with the increasing longer particles of the chopped straw and for the simplicity of calculation.

From numerous practical measurements further estimations are made concerned with the classification of the lengths of the chopped straw and the width of the class interval; the division of particles in individual classes is then treated from the viewpoint of filling, preservation and removal.

The given analysis enables to work out practical methods of estimating the length of the chopped straw as well as the recommended classes and percentage participation of the cuts, which characterize the chopped straw, suitable for the technique of ensiling in tower silos. If the calculation is started from the frequency of the particles, then the good-quality chopped straw should contain more than 85 % of particles within the class of 10—40 mm and less than 5 % within the class of more than 80 mm. Approximate coefficients for the conversion of the changes of values, caused by the unloaders, are also included.

Bewertung der Häcksellänge bei der Futterkonservierung in den Hochbehältern

Die Länge der Häcksel kann auf zwei Arten bewertet werden:

a) die Methode der Messung und Verarbeitung soll so gerichtet werden, damit das Ergebnis nur eine Angabe, eine Nummer hat (z. B. Durchschnitt);

b) das Häcksel durch mehrere Angaben charakterisieren (z. B. durch den maximalen oder minimalen Prozentsatz der Längen in einigen Klassen usw.).

In der Arbeit werden die einzelnen Methoden beschrieben und bewertet, wie z. B. die Durchschnittsberechnung aus der Anzahl und dem spezifischen Gewicht der Partikel, Modus, Median und der Durchschnitt der logarithmisch-normalen Verteilung, der modifizierte Durchschnitt und die Punktmethode. Den allgemeinen Anforderungen entspricht aus diesen Ergebnissen am besten der modifizierte Durchschnitt, und zwar für einen raschen Wuchstrend mit anwachsenden längeren Häckselpartikeln und für seine einfache Berechnung.

Auf Grund mehrerer praktischer Messungen wird weiter die Verteilung der Häcksellänge in die Klassen beurteilt, so auch die Breite des Klassenintervales und

vom Gesichtspunkt der Füllung, der Konservierung und der Entnahme wird die Verteilung der Partikel in den einzelnen Klassen analysiert.

Die angeführte Analyse ermöglicht eine praktische Methodik der Bewertung der Häcksellänge mit den empfohlenen Klassen und mit der prozentischen Vertretung der Längen, die das für die Technologie der Einsilierung in den Hochbehältern geeignete Häcksel charakterisieren, auszuarbeiten. Bei der aus der Partikelzahl herausgehenden Berechnung sollte das qualitative Häcksel mehr als 85 % Partikel der Klasse 10—40 mm und weniger als 5 % der Partikel der Klasse über 80 mm enthalten. Gleichzeitig werden die annähernden Koeffizienten zur Umrechnung der Änderungen der Werte, die von den Entladern verursacht werden, angeführt.

Adresa autorů:

Ing. Jiří Fiala, CSc., ing. Hedvika Mašková, Jan Květoň, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha 6 - Řepy, Gottwaldova 50

■ Když před řadou let byl odborem strojního výzkumu Ústředního výzkumného ústavu potravinářského (ÚVÜPP) navržen do státního plánu úkol „Tepelně fyzikální vlastnosti potravin“, byla náplň tohoto úkolu pojata ve smyslu zkoumání fyzikálních vlastností a stanovení hodnot potravin, polotovarů potravin i zemědělských výrobků [1]. Tato náplň problematiky je potvrzena tím, že jde o číselné oblasti hodnot ležících v nevelkém rozmezí, a hlavně tím, že jde převážně o materiál, který je v celém svém rozsahu „živý“, a měřicími metodami musíme tuto skutečnost bezesporu respektovat [2]. Používáme-li v dalších řádcích pouze názvu potravin (i ve smyslu potravinářský či zemědělský polotovar, zemědělský výrobek, potravinářská surovina), je to jen pro zjednodušení textu.

Znalost hodnot fyzikálních vlastností potravin a jejich závislostí je nezbytně nutná k uplatňování výpočtových metod při řešení návrhů a projektů technologické pochodu strojního zařízení. Je rovněž základním předpokladem automatizace a optimalizace výrobních linek a výhledově i nezbytným podkladem k řešení optimálních podmínek výrobních zařízení počítačem. Uplatnění dnes teoreticky známých a široce rozpracovaných výpočtových metod z oblasti hydrauliky, termodynamiky, sdílení tepla, chemického inženýrství, automatizace je silně omezeno a někdy úplně znemožněno neznalostí vlastností potravin, a to zvláště jejich numerických hodnot.

Potraviny můžeme po stránce fyzikální charakterizovat jako mikroskopicky i makroskopicky heterogenní soustavu, která je složena z různých fází několika chemicky i fyzikálně odlišných látek, přitom zpravidla jako nehomogenní soustava, a to i v průběhu jednoho vzorku. Vlastnosti potravin se mění i s časem. Rovněž ani prostorová orientace vlastností není stejnoměrná, u vláknitých materiálů jsou vlastnosti v různých směrech vláken podstatně odlišné [3]. Původ této nerovnoměrnosti je již v zemědělském produktu — biologickém materiálu o značně proměnlivé nehomogenitě, a závisí i na druhu (odrůdě) plodiny, kraji, kde se pěstuje, krmivu, ročním období, povětrnostních podmínkách apod. Lze konstatovat, že potravinářský průmysl zpravidla tuto nehomogenitu během výroby vlastních potravin poněkud snižuje.

Tento velmi složitý charakter biologického materiálu má jistě vliv na fyzikální vlastnosti a je hlavní překážkou v jednoznačném a jednoduchém definování vztahu mezi „potravinou“ nebo „zemědělským produktem“ a příslušnou fyzikální hodnotou [4]. Přitom je to stav, který ani v budoucnu nebude možno zásadně změnit. (Ze zkušeností z jiných oblastí víme, že vliv příměsí, byť v malém množství, má mnohdy velký vliv na tepelnou vodivost, např. u kovů.) Cesta

z této situace vede ke vhodnému a co nejpodrobnějšímu definování zkoumaného vzorku, který pak lze korelovat s příslušnou hodnotou.

Za důležitý bod naší činnosti považujeme vybudování centra pro stanovení fyzikálních hodnot potravin, neboť jde o velmi aktuální záležitost, které se věnuje pozornost ve všech vyspělých státech.

Nejrozsáhlejším a nejlépe vybaveným takovým pracovištěm je výzkumné středisko prof. Y. S. Touloukiana na Purdue University Research Park — USA, které se však zaměřuje na materiály důležité ve strojírenství a chemii [5]. Toto centrum předběhlo rovněž dobu tím, že své práce nepublikuje. Jsou pouze vytištěny seznamy uvádějící číselné klíče, na jejichž základě lze v centru objednat patřičné hodnoty. Hodnoty vyhledává ve své paměti samočinný počítač. Ústav tudíž působí jako banka informací. Takovému systému uchovávání a vyhledávání informací se přisuzuje velká budoucnost.

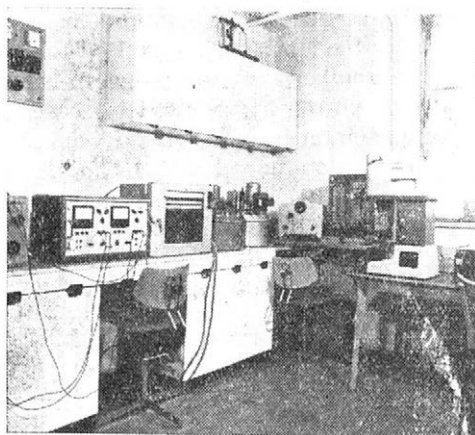
VLASTNÍ PRÁCE ÚVÚPP

Vlastní práci v Ústředním výzkumném ústavu potravinářského průmyslu jsme rozdělili na tyto tři navzájem souvisící úseky:

1. shromažďování informací,
2. kritické posouzení dosud naměřených výsledků cizích autorů a vyhodnocení tabulek numerických hodnot,
3. experimentální výzkum.

Neznalost fyzikálních vlastností potravin nespočívá v nedostatku vědeckých prací v tom směru, ale v tom, že tyto práce jsou praktickým pracovníkům běžně nedostupné. Podstatným nedostatkem je i to, že zpravidla jsou sledovány hodnoty v teplotní oblasti okolo 18 °C a v oblasti použití v chlazení. Extrémně nízké teploty jsou málo propracovány, a rovněž oblast při teplotách nad 25 °C, ačkoli právě v této oblasti probíhají tak významné pochody jako sušení, vaření, pečení, pasterace, sterilace apod.

V úseku shromažďování informací bylo dosud získáno celkem 2300 známých prací zabývajících se fyzikálními vlastnostmi potravin. Část z nich uvádí numerické hodnoty, část metody a přístroje k měření. Z těchto prací je asi 350 k dispozici ve formě fotokopíí.

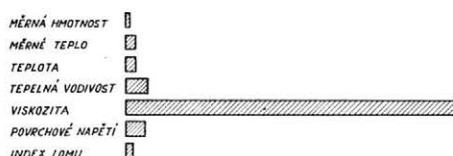
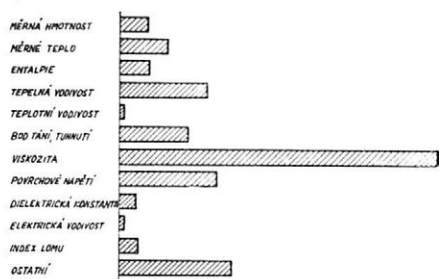


1. Pohled na fyzikální laboratoř

Z hlediska náplně jsme vlastnosti potravin nebo potravinářských surovin rozdělili do několika základních skupin. V první skupině jsou zařazeny měrná a sypaná hmotnost, měrný objem; druhá skupina obsahuje body varu, tání, tuhnutí, vzplanutí; do třetí skupiny jsme zařadili měrné teplo, tepelnou vodivost, teplotní vodivost a skupenská tepla; ve čtvrté skupině jsou tepelné vlastnosti důležité v oblasti sdílení tepla sáláním; pátá skupina zahrnuje širokou oblast reologických vlastností a další skupina elektrické vlastnosti; v poslední skupině jsou zařazeny práce o experimentální technice.

Při rozboru získaných informací zjišťujeme, že počet publikací v tomto

oboru se neustále zvyšuje. Silně převažují práce, otištěné v časopisech, nad knižními publikacemi. Jednotlivé vlastnosti nejsou v literatuře rovnoměrně zpracovány (obr. 2) a také nezahrnují stejnou měrou všechny produkty. Literatura o metodách a přístrojích k měření fyzikálních vlastností (obr. 3), která pozoruhodně vzrůstá, je např. v oboru viskozity mnohonásobně obsažnější než v ostatních oborech. Je-li v tomto oboru k dispozici dostatek metod a přístrojů, je samozřejmé, že tomu odpovídá i počet naměřených hodnot. V současné době jsou zpracovávány hodnoty měrného tepla. Toto kritické posouzení všech prací, které jsou k dispozici, není jednoduché a je nutno přihlídnout k řadě faktorů. Pouhým nahromaděním hodnot nelze daný úkol vyřešit, neboť dostáváme velmi široké a prakticky spojitě pole údajů. Teprve respektováním různých charakteristických vlastností a podmínek lze dospět k údajům o dostatečné přesnosti (věrohodnosti). K třídění používáme systému okrajově děrovaných karet.



2. Počet záznamů publikovaných prací o jednotlivých tepelně fyzikálních hodnotách potravin

3. Počet záznamů publikovaných prací o metodách a přístrojích k měření tepelně fyzikálních vlastností

Podrobným zpracováním dosud existujících prací docházíme k úsekům, které ještě nebyly zpracovány nebo se v nich vyskytly podstatné rozpory. To bude úkolem další experimentální práce.

Velmi důležitým aspektem je i otázka požadovaného stupně přesnosti údajů o fyzikálních hodnotách potravin. Při výpočtech strojního zařízení, pochodů apod. můžeme pracovat s různou přesností. Chyby, popř. odchylky, mohou vzniknout v těchto oblastech:

- v teorii výpočtu jednotlivých zařízení, popř. v popisu jednotlivých pochodů,
- ve vlastním numerickém řešení,
- v látkových fyzikálních vlastnostech.

Došli jsme k závěru, že přesnost výpočtu je nejvíce ohrožena v oblasti přesného stanovení hodnot látkových vlastností. Možná tolerance přesnosti výsledku je však dána nejen odchylkami (tolerancemi) v jednotlivých hodnotách látkových vlastností, které se v rovnici vyskytují, ale i druhem závislosti. Obecně lze odchylku výsledku vlivem jednotlivých proměnných stanovit parciální derivací funkce podle těchto proměnných. Musíme tedy postupovat podle konkrétních případů. Pak docházíme k výsledku, že při dnešních znalostech postačí určovat fyzikální hodnoty na tři platná místa, přičemž třetí místo je nezaručené.

METODY POUŽITÉ K STANOVENÍ TEPELNĚ FYZIKÁLNÍCH HODNOT

Do programu experimentálních prací jsme zařadili v první řadě určování teplotové i tepelné vodivosti a měrného tepla tuhých, polotuhých (kašovitých) a práškovitých potravin. Uvedené veličiny váže společný vztah, který vyjádříme například pro teplotovou vodivost a výrazem.

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (\text{m}^2 \text{s}^{-1})$$

kde: λ — tepelná vodivost

c — měrné teplo

ρ — měrná hmotnost

Měříme-li všechny veličiny např. experimentálně, umožňuje nám tento vztah vzájemnou kontrolu. Za předpokladu běžného stanovení měrné hmotnosti lze vztahu použít k výpočtu například měrného tepla, určíme-li teplotovou a tepelnou vodivost experimentálně.

Vzhledem k změnám, kterým potraviny podléhají během tepelného zpracování a které jsou funkcí času i teploty, zvolili jsme prozatím nestacionární metody určování hodnot těchto vlastností [6]. Proti metodám stacionárním, které měří vzorky v ustáleném tepelném stavu, mají výhodu v kratší době pokusu, a tedy i v kratší době působení teploty. Zmenšováním teplotního intervalu ohřevu nebo ochlazení vzorku, např. na 5°C nebo i méně, můžeme zabránit nebo omezit pohyb hmoty (např. vedení vlhkosti). Některé z nestacionárních metod umožňují též současné stanovení všech tří veličin, a to teplotové vodivosti a , tepelné vodivosti λ a měrného tepla c , z jednoho pokusu. Tato okolnost a dále i skutečnost, že metody jsou založeny na sledování neustáleného sdílení tepla, jemuž jsou potraviny tohoto druhu vesměs podrobovány, přispívá k získání „nejpravděpodobnějších“ hodnot. Děje se tak ovšem za cenu obtížnějšího dosažení uspokojivého stupně přesnosti a složitějšího měření i jeho vyhodnocení.

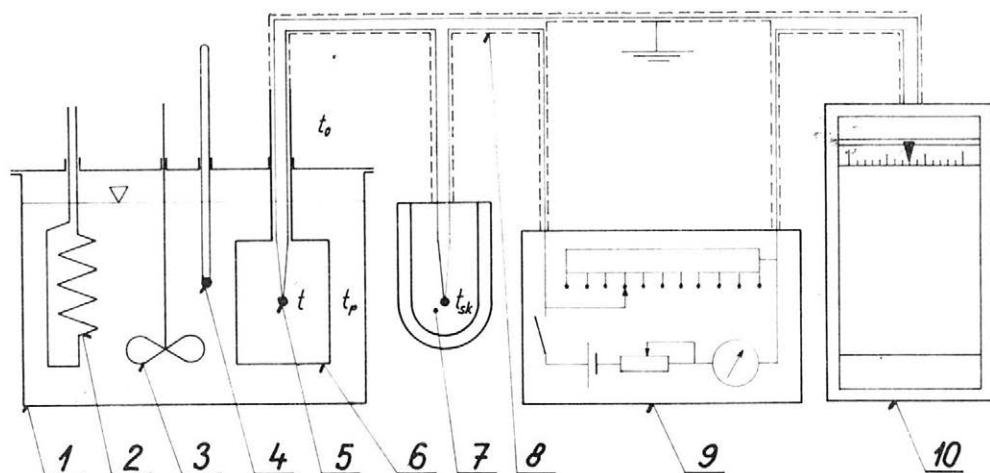
Nestacionární metody sledují v principu časové změny teplot vzorku, vyvolané jeho ohřevem nebo ochlazením. Snímání poměrně malých změn teploty (10^{-1} až 10^{-2}°C) v krátkých vteřinových intervalech klade dosti vysoké požadavky na měřicí přístroje, a to na jejich přesnost, rychlost měření, citlivost a spolehlivost. Avšak i za předpokladu vhodné volby měřicích přístrojů a jejich uspořádání (např. měření metodou výchylkovou, nebo naopak kompenzační) se nevyhneme chybám, jež mohou být a jsou na tomto úseku do měření zaneseny.

K stanovení základních veličin, teplotové vodivosti, tepelné vodivosti a měrného tepla jsme vybrali a postupně realizujeme nejprve metody založené na sdílení tepla mezi vzorkem a tekutým prostředím konvekci. Tyto metody využívají některých zákonitostí změny neustáleného teplotového pole ohřívání nebo chlazení tělesa, charakterizovaných exponenciálním průběhem závislosti této změny a času. Metody odvozené z teorie těchto zákonitostí se nazývají též metodami regulární fáze [7, 8]. Z rychlosti, s jakou se mění teplota v libovolném místě vzorku, lze za jistých podmínek vypočítat např. teplotovou vodivost zkoušeného materiálu. Platí pro ni vztah

$$a = K \cdot m$$

kde: m — rychlost změny teploty

K — tzv. součinitel geometrického tvaru vzorku (metoda a kalorimetru).



4. Schéma měřicího zařízení pro určování tepelně fyzikálních vlastností konvekce
1 – ultratermostat, 2 – topné těleso, 3 – přidavné míchadlo, 4 – teploměr, 5 – měrný konec termočláнку, 6 – vzorek řepy nebo kalorimetr se vzorkem kašovité látky, 7 – porovnávací konec termočláнку, 8 – stíněné vedení termočláнку, 9 – kompenzátor, 10 – měřicí přístroj

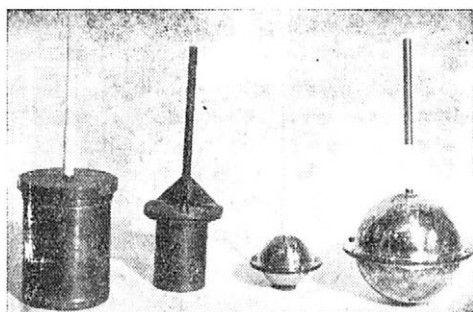
K tomuto účelu jsme sestavili univerzální měřicí zařízení (obr. 1 a 4).

Skládá se z vodního termostatu, rychloběžného míchadla, pokusných kalorimetrů a soupravy pomocných konstrukčních částí (držáků, vík, vložek apod.). Vzorek se vloží do vodního termostatu, ohřívá se v něm nebo ochlazuje a měří se teplota ve vzorku a v lázni.

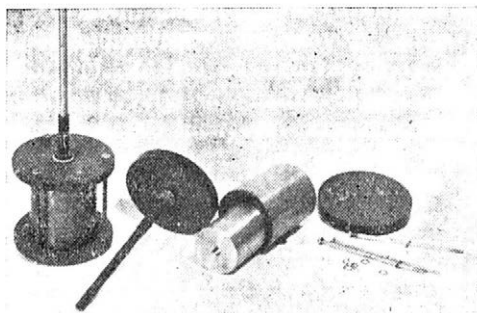
Jako snímačů termoelektrického napětí k sledování časového průběhu teplotních změn vzorku používáme termočláneků Cu-Konst, Chromel-Alumel, Chromel-Kopel o tloušťce $0,25 \cdot 10^{-3}$ m. Z měřicích přístrojů jsou podle potřeby zabudovány do měřicích okruhů galvanoměry o citlivosti 10^{-9} A/mm.m a elektronické kompenzační zapisovače s nejmenším rozsahem $1 \cdot 10^{-4}$, $2 \cdot 10^{-4}$, $5 \cdot 10^{-4}$ V (na stupnici o délce 280 mm) nebo $1 \cdot 10^{-3}$, $2 \cdot 10^{-3}$ až $5 \cdot 10^{-3}$ V pro plynulý záznam větších teplotových rozdílů.

K snazšímu a jednoduššímu vyhodnocování pokusů používáme v souladu s aplikací teorie nestacionárního sdílení tepla jednoduchých, snadno definovatelných tvarů zkoušeného materiálu. Vzorek upravujeme do tvaru válce, koule nebo desky. Tuhé látky, které lze takto upravit a kterým styk s teplosměnným prostředím nevadí (řepa, celer), jsou pomocí držáku ponořeny přímo do vodní lázně. Kašovité nebo práškovité látky plníme do kalorimetrů. Jsou to nádoby ve tvaru válce nebo koule o obsahu asi $(100 \text{ až } 500) \cdot 10^{-3}$ l, o průměru $(50 \text{ až } 100) \cdot 10^{-3}$ m a výšce válce $(70 \text{ až např. } 120) \cdot 10^{-3}$ m. Jsou vyrobeny z měděného, popř. poniklovaného plechu o tloušťce $0,25 \cdot 10^{-3}$ m (obr. 5). Tepelný odpor pláště je asi 1000× menší než tepelný odpor zkoušeného materiálu (zemědělské plodiny a potraviny jsou tepelnými izolanty), takže se průběh teplotových změn ve vzorku nezkrusí. Vliv tepelné kapacity kalorimetru se ve vyhodnocované oblasti již neprojevuje.

Popsané zařízení umožňuje, kromě měření teplotové vodivosti, i pokusy k určení tepelné vodivosti. K stanovení této veličiny lze rovněž použít popsaných a vyobrazených kalorimetrů. Při těchto zkouškách vycházíme buď s porovnáním průběhů teplot vzorku a etalonu, tj. materiálu o známých fyzikálních vlastnostech (tzv. metoda λ -kalorimetru), nebo z porovnání průběhu teplot ve dvou různých bodech téhož vzorku (tzv. metoda dvou bodů).



5. Kalorimetry



6. Kalorimetry s meziválcovým prostorem (Bi-kalorimetry)

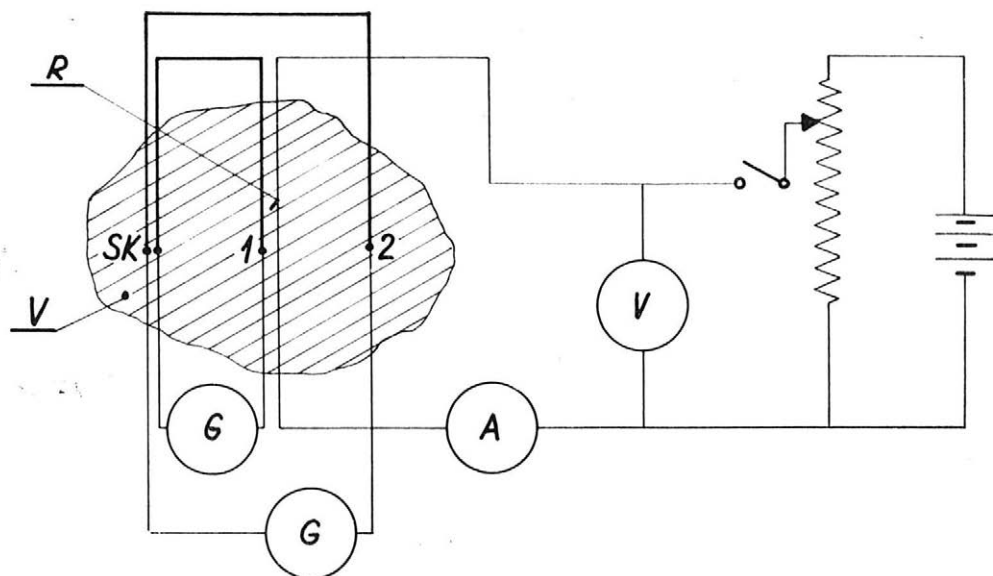
Stanovení měrného tepla a tepelné vodivosti umožňují kalorimetry složené ze dvou soustředných koulí nebo válců (obr. 6). Nazývají se též Bi-kalorimetry. Zkoušený materiál se umísťuje v mezikulovém nebo meziválcovém prostoru, ve vnitřní kouli nebo válci pak etalon (např. rtuť); koule či válec mohou být také zhotoveny z kompaktního materiálu (kovu) o známých vlastnostech. Sdílení tepla v celé soustavě (vodní lázeň — vzorek — etalon) je sledováno termočlánkovým snímačem, jehož měrný konec je uložen ve vzorku nebo etalonu a porovnávací konec v teplosměnném prostředí nebo v tajícím ledu (podle způsobu diferenciálního nebo absolutního zapojení). U jednoduchých kalorimetrů se obvykle zavádí měrný konec do středu vzorku, ve svislé ose kalorimetru. Vodiče procházející vzorkem se elektricky izolují nebo jsou chráněny trubíci a jsou od vodní lázně odděleny ochrannou trubkou, zhotovenou obvykle z izolačního materiálu, která tvoří současně držák kalorimetru.

Reprezentanty druhé skupiny nestacionárních způsobů určování hodnot tepelné fyzikálních vlastností těchto materiálů jsou metody topného drátu a topné desky. Teplo, předávané vzorku nebo soustavě etalon—vzorek vedením, vyvolává zákonitě změny teploty v bezprostředním okolí ohříváče. Tyto změny jsou základem k určení tepelné i teplotové vodivosti a měrného tepla (poslední veličina se stanoví výpočtem). Topný element, vhodně uložený ve zkoušeném materiálu, se vyhřívá elektricky. Při plynulé dodávce proudu o konstantní velikosti se sleduje plynulý časový průběh teplotní změny [9]; dodáváme-li ohříváči nárazové dávky proudu v určitých časových intervalech, zajímá nás maximum teplotové vlny, šířící se od zdroje do materiálu, a doba jeho dosažení. V tomto případě nazýváme metody impulsními [10].

Zhotovili jsme první alternativu zařízení (obr. 7), které se skládá z topného drátu (konst. $\varnothing 0,15 \cdot 10^{-3}$ m) a z termočlánků Cu-Konst $\varnothing 0,05$ až $0,2 \cdot 10^{-3}$ m, jejichž měrný konec leží v ose vodičů, procházejících materiálem rovnoběžně s topným drátem. Topná a měřicí souprava je upnuta v nevodivém rámečku. Pro měření vzorků při vyšších teplotách (až do $+200$ °C) se celé zařízení vkládá např. do horkovzdušného sterilizátoru s regulací teploty.

Z dalších připravovaných metod uvádíme způsob měření teplotové a tepelné vodivosti ve válcových kalorimetrech o délce $l > 3d$ pro potlačení vlivu konečné délky válce [11].

Dále se bude realizovat zařízení, jehož základem je výměna tepla mezi kondenzující vodní parou a kalorimetry popsaných typů. Smyslem této metody je zvýšení součinitele přestupu tepla α , a tím přiblížení se teoretickým podmín-



7. Metoda topného drátu

V – vzorek potravin, R – topný drát, 1,2 – snímače termočlánků, SK – porovnávací konec termočlánků

kám původní metody využívající k výměně tepla konvekce. Použití vyvíječe vodní páry vyšších tlaků umožní zkoušky ve vyšších teplotách; v první fázi do 140 °C.

Třetí připravovaný způsob, který usměrní průtok teplosměnného média a umožní lépe nastavit a definovat podmínky pro přestup tepla konvekcí, je průtokové zařízení, v němž je kalorimetr se vzorkem umístěn vně termostatu v cirkulačním okruhu.

K měření teplot fyzikálních hodnot u práškovitých, sypkých látek využijeme metody neohrazeného etalonu [12], v jehož libovolném bodě se sleduje maximum teplotové vlny, vzniklé vsypáním předeřhátého zkoušeného materiálu do jímky v tomto etalonu (může jím být např. beton).

Pro přímé určení měrného tepla u práškovitých a kašovitých látek použijeme nestacionární metody stanovení měrného tepla v elektrickém kalorimetru z časového průběhu teploty [13]).

VÝSLEDKY NĚKTERÝCH MĚŘENÍ

Z celkového počtu asi 180 měření teplotové vodivosti, uskutečněných metodou a-kalorimetru, uvádíme jen některé výsledky. V oblasti potravinářských materiálů byla důkladně proměřena sekánka pro párky, mleté zadní hovězí maso a těsto na trvanlivé pečivo. Bližší určení měřených materiálů a průměrné hodnoty jejich teplotové vodivosti jsou přehledně uvedeny v tabulce I.

Ze zemědělských produktů jsme zatím měřili teplotovou vodivost řepy, a to jednak její průměrnou hodnotu v oblasti teplot 20 až 80 °C, jednak v intervalech 10 °C v oblasti 20 až 90 °C. Byly měřeny dva druhy řepy, které jsou v tabulce II rozlišeny jako řepa A a řepa B. Je třeba zdůraznit, že vzorky po-

užité k měření jsme připravovali z bulev skladovaných asi tři až čtyři měsíce, tedy již částečně alterovaných.

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce II. Jak je patrné, výsledky nevykazují žádný trend, z něhož by bylo možno usuzovat na závislost teplotové vodivosti na teplotě. To je i v souladu s výsledkem měření S l a v í č k a [14].

Z Á V Ě R

Uplatnění dnes teoreticky známých a široce rozpracovaných výpočtových metod z oblasti hydrauliky a termomechaniky, z oblasti sdílení tepla, chemického inženýrství a automatizace v potravinářském průmyslu je silně a někdy úplně

I. Teplotová vodivost některých potravinářských materiálů

Materiál	Sušina (%)	Tuk v sušině (%)	Měrná hmotnost (kg m^{-3})	Teplotní obor ($^{\circ}\text{C}$)	Teplotová vodivost ($10^4 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$)
Sekánka pro párky	42,6	64,3		+ 25 až + 60	$4,63 \pm 0,09$
Mleté hovězí zadní	28,6			+ 25 až + 60	$4,82 \pm 0,16$
Těsto na trvanlivé pečivo	85,8	11,3	1300	+ 35 až + 60	$3,60 \pm 0,09$

II. Teplotová vodivost řepy

Materiál		Řepa A	Řepa B
Sušina (%)		29,1	25,0
Cukernatost (%)		10,0	18,5
Měrná hmotnost (kg m^{-3})		1080	1070
Teplotová vodivost		$\text{a} \cdot 10^4 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{a} \cdot 10^4 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$
Teplotní interval ($^{\circ}\text{C}$)	20–30	4,56	4,21
	30–40	4,79	4,41
	40–50	4,72	4,61
	50–60	4,68	4,26
	60–70	4,40	4,32
	70–80	4,36	4,34
	80–90	4,67	4,25
	20–80	4,44	4,75

znemožněno neznalostí vlastností potravin, polotovarů a zemědělských výrobků, a to zvláště jejich numerických hodnot.

Důležitost této otázky vedla ke zřízení centra, které sleduje tepelně fyzikální vlastnosti potravin, shromažďuje numerické hodnoty, provádí jejich výběr a experimentální výzkum. Je podán stručný přehled dosud používaných a připravovaných metod pro stanovení tepelně fyzikálních hodnot.

Jsou uvedeny některé z prvních výsledků měření teplotové vodivosti v oblasti potravin, a to dietní sekánky pro párky, mletého masa, těsta a trvanlivého pečiva a z oboru zemědělských výrobků u řepy.

Došlo dne 21. 2. 1968

Literatura

1. ADAM, M. - BALCAR, V. - OKTÁBEC, Z.: Některé tepelně fyzikální vlastnosti potravin. Příloha časopisu Průmysl potravin, SNTL 1964. — 2. ADAM, M. - NEUMANNOVÁ, J.: Tepelně fyzikální vlastnosti potravin. Průmysl potravin, 1967, 18, č. 1. — 3. ADAM, M. - HAVLÍČEK, Z. - BALCAR, V. - NEUMANNOVÁ, J.: Zpráva pro průběžnou oponenturu. ÚVÚPP, 1967. — 4. ZOERB, G. C.: Instrumentation and Measurement Techniques. Transactions of the ASAE, str. 100 až 109, 113. — 5. TOULOUKIAN, Y. S.: Retrieval Guide to Thermophysical Properties. Research Literature, 1960, Vol. I, II, III, McGraw-Hill Book Comp., New York. — 6. HAVLÍČEK, Z. - BALCAR, V. - ADAM, M.: Experimentální stanovení teplotní a tepelné vodivosti potravin. Průmysl potravin, 1967, 18, č. 12. — 7. KONDRATĚV, G. M.: Regularnyj teplovoj režim. GITTL, Moskva 1954. — 8. LYKOV, A. V.: Teorija teploprovodnosti. GITTL, Moskva 1952. — 9. LENTZ, C. P.: A Transient Heat Flow Method of Determining Thermal Conductivity: Application to Insulating Materials. Canadian Journal of Technology, Vol. 30. — 10. KELEMEN, F.: Eine Wärmeimpuls-methode zur Bestimmung der Temperaturleitzahl an kurzen Proben. Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae, 1967, Tomus 23 (1). — 11. DICKERSON, R. W.: An Apparatus for the Measurement of Thermal Diffusivity of Foods. Food Technology, May 1965. — 12. KRASOVSKAJA, G. I.: Opredelenije termičeskich konstant zernovoj massy. Trudy moskovskogo technologičeskogo instituta piščevoj promyšlennosti, Piščepromizdat, Moskva 1952. — 13. MACHALICKÝ, J. - SAMEK, L.: Měření specifického tepla práškovitých hmot z časového průběhu teploty. Strojírenství, 1962, č. 6. — 14. SLAVÍČEK, E. - BUREŠ, F.: Měření teplotní vodivosti řepy. Listy cukrovarnické, 1962, č. 5.

Физические свойства пищевых и сельскохозяйственных продуктов

Применение теоретически известных и широко распространенных вычислительных методов из области гидравлики и термомеханики, из области теплопередачи, химического инженерного дела и автоматизации в пищевой промышленности в настоящее время сильно ограничено, а иногда вообще невозможно по незнанию свойств пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственных продуктов, а именно их цифровых значений.

Важность этого вопроса привела к созданию центра, в котором изучаются термофизические свойства пищевых продуктов, собираются цифровые значения, проводится их выбор и экспериментальное исследование. Приводится краткий обзор до сих пор применяемых и подготавливаемых методов определения термофизических свойств.

В статье приводятся некоторые из первых результатов измерения теплопроводности, а именно у диетического рубленого мяса, теста кондитерских изделий и у сахарной свеклы из области сельскохозяйственных продуктов.

The Physical Properties of Foodstuffs and Agricultural Products

The application of the nowadays theoretically known and widely worked out calculation methods within the field of hydraulics and thermomechanics, heat convection, chemical engineering and automation in food industry is greatly limited

and sometimes even hindered by the unacquaintance with food properties, semi-products, agricultural products, and in particular their numerical values.

The importance of this question lead to the establishment of a centre, which follows the thermophysical properties of food, gathers numerical values, and carries out their selection and experimental research. A brief survey is given of the hitherto applied methods and those being under way of determining the thermophysical values.

The present study gives some of the first results obtained by the measuring of thermal conductivity for diet mincemeat, biscuit paste and, in the line of agricultural products, sugar-beet.

Physikalische Eigenschaften der Lebensmittel und der landwirtschaftlichen Produkte

Die Applikation der heutzutage theoretisch bekannten und weit in Bearbeitung begriffenen Berechnungsmethoden auf dem Gebiet der Hydraulik und Thermomechanik, weiter auf dem Gebiet der Wärmeübertragung, des chemischen Ingenieurwesens und der Automatisierung in der Lebensmittelindustrie, ist stark begrenzt und manchmal infolge der mangelhaften Vertrautheit mit den Eigenschaften der Lebensmittel, der Halbfabrikate und der landwirtschaftlichen Produkte, insbesondere mit ihren numerischen Werten, völlig unmöglich gemacht.

Die Wichtigkeit dieser Frage führte zur Errichtung eines Zentrums, das die thermo-physikalischen Eigenschaften der Lebensmittel verfolgt, die numerischen Werte sammelt und die ihre Auswahl und die experimentale Forschung durchführt. Die Arbeit beinhaltet einen kurzen Überblick über die bisher angewandten und vorbereiteten Methoden zur Bestimmung der thermo-physikalischen Werte.

Es sind einige der ersten Ergebnisse des Wärmeleitvermögens angeführt, die zum Beispiel beim Diäthackfleisch, beim gemahlenen Fleisch, beim Dauerbäckteig und auf dem Gebiete der landwirtschaftlichen Produkten bei der Rübe festgestellt wurden.

Adresa autorů:

Ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Zdeněk Havlíček, ing. Vlastimír Balcar,
Ústřední výzkumný ústav potravinářského průmyslu, odbor strojního výzkumu,
Praha 10 - Strašnice, Třebostická 12

TEMATICKÝ VÝBĚR PUBLIKOVANÝCH PRACÍ K TEORII ROZMĚRŮ, DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZE, FYZIKÁLNÍ PODOBNOSTI A K TEORII MODELŮ

Teorie dimenzí a její příbuzné obory, jako dimenzionální analýza, teorie podobnosti a teorie modelů, se stala důležitou složkou teorie experimentů a v současné době nalézá cestu do dalších technických oborů, a tedy i do výzkumu zemědělské techniky.

Uvádíme výběr některých publikací této tematiky.

1. Buckingham, E.

On Physically Similar Systems; Illustrations of the Use of Dimensional Equations

(O fyzikálně podobných systémech; objasnění použití dimenzionálních rovnic)

V práci je uveden tzv. Buckinghamův teorém, na němž spočívá výpočet bezdimenzionálních součinitelů.

1914, Phys. Rev., Vol. IV, No 4, str. 345.

2, 3. Boucher, D. F.; Alves, G. E.

Dimensionless Numbers

(Bezdimenzionální čísla)

Přehled 125 známých bezdimenzionálních argumentů užívaných v teorii proudění, přestupu tepla, přenosu hmoty a chemických reakcích, s uvedením definice a původu. 108 ref., tabulky.

Chem. Engng. Progress, 1959, Vol. 55, No 9.

Chem. Engng. Progress, 1963, Vol. 59, No 8.

4. Sědov, L. I.

Metody podobia i razmernosti v mehanike (4. vyd.)

Jedna ze základních publikací z teorie dimenzí.

Z obsahu: Obecná teorie dimenzí fyzikálních veličin. Podobnost, modelování a příklady různého použití teorie dimenzí. Aplikace v teorii proudění viskózní kapaliny a v teorii turbulence. Nestacionární jednorozměrný pohyb plynu. Aplikace na problémy astrofyziky.

Moskva, Gos. izdat. techn.-teor. lit., 1957 (1. vyd. 1943).

5. Sědov, L. I.

Metody podobnosti a rozměrovosti v mechanice

Překlad z ruštiny. Praha, SNTL, 1955.

6. Langhaar, H. L.

Dimensional Analysis and Theory of Models (4. vyd.)

(Dimenzionální analýza a teorie modelů)

Nejvýznamnější americká učebnice.

Z obsahu: Podstata a užití dimenzí. Základy a aplikace dimenzionální analýzy. Postup při výpočtu bezdimenzionálních činitelů. Algebraické teorie dimenzionální analýzy. Podobnost a modelové zkoušení. Analýza problémů pružnosti a pevnosti. Aplikace z mechaniky tekutin. Aplikace z teorie tepla. Dimenzionální zpracování problémů elektromagnetické teorie. Diferenciální rovnice a podobnost. New York, Wiley, 1960 (1. vyd. 1951).

7. Kožešník, J.

Teorie, zkoušení a experiment

Strojnický obzor, 1943, č. 9-10.

8. Kožešník, J.

Fyzikální podobnost a stavba modelů

První čís. publikace známého našeho odborníka v oboru.

Z obsahu: Rozměry fyzikálních veličin. Základy fyzikální podobnosti. Mechanická podobnost Newtonova. Mechanická podobnost za účinku těžných sil. Mechanická podobnost proudění za účinku sil vazkosti. Mechanická podobnost za účinku sil elastické soudržnosti. Složené případy podobnosti. Fyzikální podobnost a sdílení tepla. Obtíže při zhotovení modelu. Základy matematické podobnosti. Užití fyzikální podobnosti k pokusnému řešení úloh.

Praha, JČMF, 1948.

9. Kožešník, J.

Fyzikální podobnost a teorie modelů (skripta ČVUT)

Praha, SNTL, 1955.

10. Proter, Q. W.

The Method of Dimensions (Metoda dimenzí). 3. vyd. (1. vyd. 1933)

New York, Londýn, Willey, Methuen, 1958.

11. Bridgman, P. W.; Holl, H.
Theorie der physikalischen Dimensionen
(Teorie fyzikálních dimenzí)
Teubner, 1932.
12. Reznjakov, A. B.
Kratkij spravocnik po teorii podobija
(Stručný průvodce po teorii podobnosti)
Alma-Ata, Izdat. akad. nauk, 1950.
13. Murphy, G.
Similitude in Engineering
(Podobnost v technice)
New York, The Ronald Press, 1950.
14. Birkhoff, G.
Hydrodynamics. A Study in Logic, Fact and Similitude
(Hydrodynamika. Studie o logice, faktech a podobnosti)
15. **Teoriya podobija i modelirovanije**, pod red. M. V. Kirpičeva
Moskva, Izdat. akad. nauk, 1951.
16. Hansaker, J. C.; Righmire, B. G.
Engineering Applications of Fluid Mechanics
(Technické aplikace proudění)
New York, Wiley, 1951.
17. Eigenson, L. S.
Modelirovanie
(Modelování)
Moskva, Gos. izdat., 1952.
18. Drobot, S.; Warmus, M.
Dimensional Analysis in Sampling Inspection of Merchandise
(Použití dimenzionální analýzy při kontrole vzorků zboží)
1954, Rozpravy matematyčny, Vol. 5.
19. Kožešník, J.
Podmínky fyzikální podobnosti při vyšetřování pevnosti a vlastní frekvence strojních částí
1955, Rozpravy ČSAV.
20. Djakonov, G. K.
Voprosy teorii podobija v oblasti fiziko-chimičeskich procesov
(Problémy teorie podobnosti v oblasti fyzikálně chemických procesů)
Moskva, Izdat. akad. nauk, 1956.
21. Reznjakov, A. B.
Metod podobija (Sušenost i praktičeskoje primeněníje)
(Teorie podobnosti – podstata a praktické použití)
Alma-Ata, Izdat. akad. nauk, 1959.
22. Kolmogorov, A. N.
Podobija teoriya
(Teorie podobnosti)
Heslo ve Velké sovětské encyklopedii, 2. vyd., díl 33.
23. Jones, L. E.
Contributions on the Interpretation of Experimental Data
(Příspěvek ke způsobům interpretace experimentálních údajů)
1960, Trans. of the Engng. Inst. of Canada, Vol. 4, No 1; 1961, Trans. of the Engng. Inst. of Canada, Vol. 5, No 2.
24. Koskuba, K.
Příspěvek k praktické aerodynamice obilního zrna (část I.)
Zeměd. technika, 1962, 8, č. 4.
25. Jupp, E. W.
Introduction to Dimensional Method
(Úvod do dimenzionální analýzy)
Londýn, Cleaver-Hume Press, 1962.
26. Klapp, E.
Mathematische Behandlung gekoppelter Wärme- und Stoffaustauschvorgänge in durchströmten Schüttgütern
(Matematické zpracování spojeného přestupu tepla a přenosu hmoty při proudění vrstvou sypaných hmot)
1963, Ingenieur-Archiv, Vol. 32, No 5.
27. Headley, V. W.; Hall, C. W.
An Equation and Dimensionless Parameters Describing Infrared Vibration Drying
(Rovnice a bezdimenzionální součinitelé popisující vibrační sušení pomocí infračervené)
1965, Trans. of the ASAE, Vol. 8, No 4.
28. Murphy, C.
Application of Similitude to Agricultural Engineering Research
(Užití podobnosti při výzkumu v oboru zemědělské techniky)
1966, Trans. of the ASAE, Vol. 9, No 5.
29. Freitag, D. R.
A Dimensional analysis of the Performance of Pneumatic Tyres on Clay
(Dimenzionální analýza provozu pneumatik na jílu)
Journ. of Terramechanics, 1966, Vol. 3, No 3.
30. Koskuba, K.
Dimenzionální analýzy procesu vytřásání
Zeměd. technika, 1967, 13, č. 3.
31. Koskuba, K.
Analýza experimentální sušicí křivky
Sborník referátů z konference o sušení. Bratislava, Ústř. výzk. ústav potravin. (v tisku).
Doc. Karel Koskuba, CSc.

Haš S.: Předmět a úkoly agrofyziky	255
Vávra A.: Příspěvek k teorii metačů — kinematika do- pravního procesu	259
Preininger M., Maleř J., Mašková H.: Pevnost spo- jení zrna s klasem u pěstovaných odrůd pšenice	279
Fiala J., Mašková H., Květoň J.: Hodnocení délky řezanky ke konzervaci píce ve věžích	287
Adam M., Havlíček Z., Balcar Vl.: Fyzikální vlast- nosti potravin a zemědělských surovin	301
Literárnírešerše	311

СОДЕРЖАНИЕ

Вавра А.: К теории швыряльных транспортеров — кинематика процесса транспор-
тирования (276). — Прейнингер М., Малерж Я., Машкова Г.: Проч-
ность связи зерна с колосом возделываемых сортов пшениц ((285). — Фиала Й.,
Машкова Г., Кветонь Я.: Оценка длины при консервировании кормов
в башнях (298). — Адам М., Гавличек З., Балцар Вл.: Физические
свойства пищевых и сельскохозяйственных продуктов (309). — Библиография
(311).

CONTENT

Vávra A.: A Contribution to the Theory of Impeller-Blowers — Kinematics
of the Conveying Process (277). — Preininger M., Maleř J., Mašková H.: The Firmness of the Connexion between the Grain and the Ear of Cultivated Wheat Varieties (285). — Fiala J., Mašková H., Květoň J.: Estimation of the Chopped Straw Length in the Preservation of Fodder in Tower Silos (299). — Adam M., Havlíček Z., Balcar Vl.: The Physical Properties of Foodstuffs and Agricultural Products (309). — Bibliography (311).

INHALT

Vávra A.: Beitrag zur Theorie der Schleuderelevatoren — Kinematik des
Transportprozesses (277). — Preininger M., Maleř J., Mašková H.: Die Festigkeit der Kohäsion der Körner mit der Ähre der gezüchteten Weizensorten (285). — Fiala J., Mašková H., Květoň J.: Bewertung der Häcksel-
länge bei der Futterkonservierung in den Hochbehältern (299). — Adam M.,
Havlíček J., Balcar Vl.: Physikalische Eigenschaften der Lebensmittel
und der landwirtschaftlichen Produkte (310). — Bibliographie (311).

TABLE DES MATIÈRES

Vávra A.: Contribution à la théorie des éjecteurs — la cinématique du pro-
cessus de transport (res. An, Al/277). — Preininger M., Maleř J., Maš-
ková H.: Solidité de la cohésion des grains avec les épis dans les variétés
cultivées du froment (res. An, Al/285). — Fiala J., Mašková H., Květoň
J.: Appréciation de la longueur de la paille hachée, destinée à la conservation
du fourrage dans les silo-tours (res. An, Al/299). — Adam M., Havlíček
Z., Balcar Vl.: Qualités physiques des aliments et des produits agricoles
(res. An/309, Al/310). — Bibliographie (311).

Zemědělská technika č. 6/1968 otiskuje články:

- H. Mašková, J. Havelík: *Výroba zavadlých siláží a senáží ve věžových silách*
J. Fiala: *Objemová hmotnost siláže a senáže a využití prostoru ve věžových silách*
J. Blažek: *Otázky provozní spolehlivosti spodních vybíracích strojů na siláž z věží*
J. Tomovčík, B. Procházka: *Vplyv odkladacieho dopravníka riadkovej kosačky na tvorbu a formovanie riadkov obilia v laboratórnych podmienkach*
J. Hrbek, J. Reinhartová: *Pravděpodobnost výskytu bezsrážkových období v létě*

Zemědělská technika č. 7/1968 otiskuje články:

- J. Čech, J. Zmatlík: *Výkonnost sklízecího stroje pracujícího v lince s dopravními prostředky*
H. Beyer: *Příspěvek k mechanizaci sklizně píce s předsušením na pokosu*
J. Souhrada: *Požadavky na výkonnost linky pro sklizeň a dopravu píce do věží ve vztahu k délce doby jejich plnění*
K. Velda: *Teoretický rozbor páskové výsevní jednotky pro přesný výsev*
F. Majer: *Stanovení SO₂ a kancerogenních uhlovodíků ve vojtěšce sušené na sušárnách typu LKB*
R. Berka: *Mechanická a automatická krmná zařízení v chovu lososovitých ryb v zahraničí*

Zemědělská technika č. 8/1968 otiskuje články:

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