

IVAN VITÁZEK, IVAN JURÍK

**TECHNIKA PRE SUŠENIE
A SKLADOVANIE ZRNÍN**

Nitra 2015

Názov: Technika pre sušenie a skladovanie zrnín

Autori: doc. Ing. Ivan Vitázek, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Ivan Jurík
Jurex spol. s r. o.

Recenzenti: prof. Ing. Ladislav Nozdrovický, PhD.
prof. Ing. Anton Žikla, CSc.

© Ivan Vitázek, Ivan Jurík

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 3. 11. 2015
ako vysokoškolskú učebnicu.

ISBN 978-80-552-1419-1

OBSAH

PREDHOVOR	5
1 MECHANIKA VLHKÉHO VZDUCHU	7
1.1 Vlastnosti vlhkého vzduchu	8
1.2 Tabuľky a diagram vlhkého vzduchu	10
1.3 Izobarické zmeny stavu vlhkého vzduchu	11
1.4 Meranie vlhkosti vzduchu	14
2 ZÁKLADY TEÓRIE SUŠENIA	17
2.1 Základné pojmy v sušiarerstve	17
2.2 Vlhkosť materiálu	18
2.3 Väzba vlhkosti v materiáli	18
2.4 Krivky sušenia	19
2.5 Sorpčná izoterma	21
2.6 Statika sušenia	22
2.7 Znázornenie zmien stavu sušiaceho prostredia v i-x diagrame vlhkého vzduchu	25
2.8 Charakteristické ukazovatele	27
2.9 Požiadavky na sušenie zrnín	29
3 VÝPOČET VYBRANÝCH PARAMETROV Z PREVÁDZKY SUŠIARNÍ ZRNÍN	31
3.1 Aplikácia výpočtov pre konkrétne sušiarne	32
3.2 Vyhodnotenie prevádzky sušiarne pomocou výpočtovej techniky	33
4 SUŠIARNE A TECHNOLOGIE SUŠENIA ZRNÍN	35
4.1 Prehľad sušiarňí dodávaných po roku 1990	35
4.2 Technológia viacstupňového kombinovaného sušenia	51
4.3 Netradičné spôsoby sušenia zrnín	52
4.4 Teploty zrnín pri sušení	55
4.4.1 Maximálne teploty zrnín a sušiaceho prostredia	56
4.4.2 Vplyv teploty na vybrané vlastnosti zrnín	57
5 ZDROJE TEPLA NA OHREV SUŠIACEHO PROSTREDIA	61
5.1 Zdroje tepla na ohrev sušiaceho prostredia z ušľachtilých palív	61
5.2 Netradičné zdroje tepla na ohrev sušiaceho prostredia	62
5.3 Využívanie biomasy na ohrev sušiaceho prostredia	64
6 ENVIRONMENTÁLNE ASPEKTY PREVÁDZKY SUŠIARNÍ	71
6.1 Produkcia plyných emisií zo zdroja tepla	71
6.2 Produkcia tuhých emisií pri prevádzke sušiarne	78
7 MERANIE VLHKOSTI SUŠENÝCH MATERIÁLOV	82
7.1 Meranie vlhkosti v prevádzkových podmienkach	82
7.2 Meranie vlhkosti v laboratórnych podmienkach	85

8 SKLADOVANIE ZRNÍN	87
8.1 Spôsoby skladovania zrnín	88
8.2 Skladovanie v halách	89
8.3 Skladovanie v betónových silách	89
8.4 Skladovanie v oceľových silách	90
8.5 Požiadavky na bezpečnosť sil a obvyklé technické časti sil	96
8.6 Diagramy skladovania	98
8.7 Chladenie v silách	104
8.8 Príslušenstvo sil	106
8.8.1 Aktívne vetranie v silách a v podlahových skladoch	106
8.8.2 Strešné ventilátory	106
8.8.3 Bočné vyskladnenie	107
8.8.4 Rozvrstvovanie zrna	107
8.8.5 Vymetacie závitovky a uzávery	107
8.8.6 Meranie teplôt - ručné	108
8.8.7 Systém merania teplôt vyhodnocovaný počítačom	108
8.8.8 Meranie obsahu CO ₂ vo vnútornom prostredí sila	109
8.8.9 Meranie vonkajšej teploty a vlhkosti vzduchu	110
8.8.10 Mechanický systém merania hladiny zrna	110
8.8.11 Softvérové prepočty plnenia sila	110
9 VYUŽITIE TERMOVÍZIE V DIAGNOSTIKE SUŠIARNÍ	111
9.1 Základy termovízie	111
9.2 Oblasti využitia termovízie v technike sušenia	113
LITERATÚRA	116
PRÍLOHY	121
Výpis z návodu na používanie sil výrobcu SILOS CORDOBA	122
Obr.1p Druhy škodcov a vplyv teploty na ich vývoj	129
Obr.2p Ukážka správy o prevádzke komorovej kontinuálnej sušiarne	130
Tab.1p Prehľad druhov väzby vlhkosti so skeletom materiálu	131

PREDHOVOR

Súčasný tlak na produkciu potravín, ktorých základnou zložkou sú aj zrniny, je vyvolaný zvyšujúcou sa populáciou vo svete a zdôrazňuje potrebu maximalizovať efektivitu ich výroby. Nezanedbateľnú pozornosť je potrebné venovať aj minimalizácii strát od výroby potravín až po spotrebu. Hlavnou požiadavkou pre zachovanie dlhodobej kvality a nutričnej hodnoty zrnín je vhodná vlhkosť materiálu a jeho šetrné uskladnenie vo vhodnom prostredí. Autori publikácie venovali podstatnú časť svojho profesijného života práve výskumu a prevádzke zariadení v oblasti pozberovej úpravy a skladovania zrnín.

Pozberová úprava zrnín patrí medzi nevyhnutné technologické operácie. V súčasnosti sa technologický postup sušenia považuje za súčasť výrobného postupu pri komoditách, ako je kukurica na zrno, slnečnica na zrno, repka i ďalšie olejiny a zrniny vôbec. Sušenie pritom veľkou mierou zaťažuje energetickú bilanciu poľnohospodárstva. Okrem kvalitného usušenia produktu je nemenej dôležité následne jeho skladovanie požadovanú dobu pri zachovaní kvalitatívnych parametrov.

Na trhu sú ponúkané rôzne typy sušiarňí od rôznych výrobcov so širokým spektrom výkonnosti, spotreby energií, stupňom automatizácie činnosti, nárokov na obsluhu a údržbu, stavebnú prípravu, a teda aj celkových nákladov na vstupnú investíciu a prevádzku. Podobná situácia je aj v oblasti skladovania zrnín. Objavili sa nové komplexy a systémy strojov, nastal technický rozvoj od zberu až po expedíciu zrnín. Zorientovanie sa v danej oblasti vyžaduje poznať špecifické odborné informácie. Tento stav sa musí premietnuť aj do študijných materiálov. V predkladanej vysokoškolskej učebnici sa venujeme v zhrnutnej forme z celej problematiky pozberového spracovania len sušeniu a skladovaniu zrnín.

Cieľom vysokoškolskej učebnice je podať zásadné informácie z problematiky sušenia a skladovania zrnín predovšetkým študentom zaoberajúcim sa danou problematikou a potrebné informácie tu nájdú aj prevádzkovatelia sušiarňí i ďalší zúčastnení o pozberové spracovanie zrnín.

V učebnici je uvedená základná teória z mechaniky vlhkého vzduchu, z techniky sušenia, požiadavky na sušenie zrnín, popis vybraných druhov sušiarňí ako z technického, tak aj z technologického hľadiska, uplatnenie obnoviteľných zdrojov energie na ohrev sušiaceho prostredia, a to i z pohľadu environmentálneho. V druhej časti učebnice je uvedená problematika skladovania zrnín, kde okrem popisu spôsobov skladovania je pozornosť zameraná aj na bezpečnosť síl, diagramy skladovania, príslušenstvo a automatizáciu prevádzky síl. Uvedený je konkrétny návod na obsluhu daného typu síl. Pozornosť je venovaná meraniu vlhkosti zrnín a uvedené sú aj možnosti uplatnenia termovízie v diagnostike zariadení využívaných v pozberovej úprave zrnín.

V učebnici sú uplatnené skúsenosti autorov ako z teoretickej oblasti, tak aj z oblasti projekcie, výstavby, prevádzky a overovacích meraní na pozberových linkách. V danom rozsahu nemôžu byť podané vyčerpávajúco všetky informácie z každej

uvádzanej oblasti a mnohé z tém vyžadujú ďalšie sledovanie. Pre doplnenie informácií je možné siahnuť po niektorých z publikácií uvedených v literárnom zozname.

Autori vyjadrujú úprimnú vďaku recenzentom vysokoškolskej učebnice, prof. Ing. Ladislavovi Nozdrovickému, PhD. a prof. Ing. Antonovi Žiklovi, CSc. za dôslednú recenziu textu a cenné rady a pripomienky.

Ďakujeme i ďalším spolupracovníkom a všetkým, ktorí sa akoukoľvek formou podieľali na konečnej úprave a vydaní učebnice; Vydavateľstvu SPU v Nitre za ochotu a starostlivosť pri príprave rukopisu do tlače a Vladimírovi Polákovi za grafickú úpravu obalu učebnice.

Nitra, september 2015

Autori

„Keby bolo ľudstvo čakalo na vývoj vedy o výžive, bolo by zahynulo od hladu. Bolo by to čosi podobné, ako keby človek nebol používal jazyk, kým by nebol poznal pravidlá gramatiky.“

Atkintson

„Prečo nám skvelá technika, ktorá šetrí prácu a uľahčuje život priniesla doteraz tak málo šťastia? Odpoveď je jednoduchá: pretože sme sa ju nenaučili rozumne používať.“

Albert Einstein