

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

**Porovnání parametrů vlhkoměrů použitelných pro
chmel**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Bernášek CSc.

Autor: Jan Monček

PRAHA 2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením pana Ing. Karla Bernáška, uvedl jsem všechny literární zdroje a všechny prameny, ze kterých jsem čerpal. Další informace mi poskytli pan Ing. Jaroslav Urban a paní Ing. Jana Tichá oba z podniku Chmelařství, družstvo Žatec.

.....

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit přehled vlhkoměrů použitelných pro měření vlhkosti chmele. V kapitolách „měření vlhkosti vzduchu“ a „měření vlhkosti tuhých látek“ je nejprve rozebrán rozdíl mezi měřením vlhkosti vzduchu a tuhých látek a je zde uveden přehled hlavních metod používaných v této problematice. V dalších kapitolách práce je již uveden přehled měřících přístrojů – vlhkoměrů, které se v praxi nejvíce rozšířily při měření vlhkosti chmele. Jsou zde uvedeny jejich základní technické údaje a postupy pro jejich správné použití. Kapitola „Ostatní přístroje konstrukčně vhodné pro měření chmele“ obsahuje informace o vlhkoměrech, které se v praxi pro měření vlhkosti chmele nepoužívají, ale jsou konstrukčně uspořádané tak, že by se pro danou problematiku dali také použít. V závěru práce je uvedeno zhodnocení přístrojů a jejich osvědčení v praxi.

Klíčová slova: vlhkost, vlhkoměr, chmel, teplota, měřicí rozsah

Comparison parameters of hygrometers for humidity measurement of hop

Abstrakt: The aim of this bachelor thesis was to create an overview of hygrometers which can be used for measurement of the hops moisture. Chapters “Measurement of air moisture“ and “Measurement of solid substances moisture“ deal with differences between the measurement of air moisture and solid substances. There is also shown an overview of basic methods used in connection with this topic. In the following chapters of this work there is an overview of measuring instruments – hygrometers, which are widely spread at measurement of the hop moisture. There is shown its basic technical specifications and procedures for its correct application. A chapter “Other instruments - constructively suitable for measurement of the hop moisture“ contains information about hygrometers, which are not used to measure the hop moisture in practice, but they are constructively organized in a way that they could also be usable for this purpose. In conclusion, there is shown an evaluation of mentioned instruments and their approving in practice.

Key words: dampness, hygroscope, hop-plant, temperature, gauging range

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod do problematiky měření vlhkosti..... | 3 |
| 2. Měření vlhkosti plynů | 4 |
| 2. 1. Základní pojmy | 5 |
| 2.2. Metody měření vlhkosti plynů | 7 |
| 2. 2. 1. Psychrometrická metoda | 7 |
| 2. 2. 2. Kapacitní metoda měření vlhkosti plynů | 8 |
| 2. 2. 3. Měření rosné teploty..... | 9 |
| 2. 3. Přístroje používané při měření vlhkosti vzduchu (plynů) | 10 |
| 2. 3. 1. Psychrometr..... | 10 |
| 2. 3. 2. Kapacitní vlhkoměr | 11 |
| 3. Měření vlhkosti tuhých látek..... | 11 |
| 3. 1. Základní pojmy | 11 |
| 3. 2. Metody měření vlhkosti tuhých látek..... | 12 |
| 3. 3. Rozbor vybraných metod měření vlhkosti | 13 |
| 3. 3. 1. Termogravimetrická metoda | 13 |
| 3. .3. 2. Dielektrická metoda | 13 |
| 3. 3. 3. Vodivostní metoda | 14 |
| 3. 3. 4. Metoda aktivita vody..... | 15 |
| 3. 3. 5. Metoda azeotropické destilace | 16 |
| 3. 3. 6. Chemická metoda | 16 |
| 3. 3. 7. Ultrazvuková metoda | 17 |
| 4. Přehled norem ČSN stanovení vlhkosti rostlinných materiálů | 18 |
| 4. 1. Postup při stanovení vlhkosti chmele podle normy ČSN 46 2520 část 3 | 19 |
| 5. Vlhkoměry používané pro měření vlhkosti chmele | 21 |
| 5. 1. Model Aqua-boy | 21 |

| | |
|---|----|
| 5. 1. 1. Měření modelem Aqua – boy | 22 |
| 5. 2. Model GMK-310 | 24 |
| 5. 2. 1. Měření vlhkosti chmele přístrojem GMK – 310 | 24 |
| 5. 2. 2. Důležité pro správnou funkčnost přístroje | 25 |
| 5. 2. 3. Technická data..... | 25 |
| 5. 3. Měřič vlhkosti sena a chmele Model F-2000 Delmhorst USA | 26 |
| 5. 3. 1. Postup při měření vlhkosti přístrojem F - 2000..... | 26 |
| 5. 3. 2. Technické parametry | 28 |
| 5. 4. Měřič vlhkosti chmele HG - 3 | 28 |
| 5. 4. 1. Průběh měření vlhkosti přístrojem HG - 3 | 29 |
| 5. 4. 2. Postup při měření přístrojem HG - 3 | 29 |
| 5. 4. 3. Konstrukční popis | 29 |
| 5. 4. 4. Technické údaje..... | 30 |
| 5.5. Měřič vlhkosti HE 90 | 30 |
| 5. 5. 1. Metoda měření..... | 31 |
| 5. 5. 2. Technická data..... | 32 |
| 6. 1. Wile-35 - vlhkoměr zrnin, sena a chmele | 33 |
| 6. 1. 2. Technická data..... | 34 |
| 6. 2. Vlhkoměr obilí HE 50 Special | 34 |
| 6. 3. Kapacitní vlhkoměr GRANOMAT | 35 |
| 6. 3. 1. Technická data..... | 36 |
| 7. Závěr..... | 37 |
| 8. Seznam použité literatury | 38 |
| 9. Seznam obrázků | 39 |

1. Úvod do problematiky měření vlhkosti

Vlhkost je významným parametrem v řadě průmyslových i zemědělských odvětví. Její nedostatek nebo naopak přebytek má často větší vliv na ztráty, poruchy zařízení a kvalitu finálních výrobků než kterýkoli jiný parametr. Ztráty způsobené nesprávným odhadem vlhkosti, špatnou přístrojovou technikou a nedostatečnou znalostí hygroskopických vlastností materiálu dosahují milionových částek ročně. Proto se měření vlhkosti musí při analytické kontrole surovin i jiných výrobků věnovat potřebná pozornost.

Měření vlhkosti plynů má značný význam v meteorologii, klimatizaci, při dopravě plynů plynovody, při skladování zemědělských produktů, při výrobě polovodičů i v mnoha dalších případech.

Pro měření vlhkosti (zvláště vlhkosti plynů) byla vypracována řada dnes již „klasických“ metod. Ty však většinou nevyhovují rostoucím požadavkům na přesnost a rychlost odezvy, a jsou proto stále více nahrazovány novými metodami, které jsou přesnější, rychlejší a často i jednodušší. Nemalý význam má také miniaturizace čidel a dlouhodobá stálost kalibračních křivek.

U tuhých materiálů je situace podstatně složitější, protože žádnou metodu nelze považovat za univerzální. Problém měření vlhkosti je třeba posuzovat vždy případ od případu. I zde má důležitou úlohu jednoduchost a spolehlivost metody, často i na úkor přesnosti.[Flexa,1983]

Problematika stanovení vlhkosti zemědělských produktů je velice rozsáhlá a složitá. V zemědělském provozu se nejvíce suší zrniny a pícniny. Kromě nich se suší i různá krmiva

a jejich směsi, zelenina, ovoce, lněné výčesky, chmel a řada jiných materiálů, které svým charakterem se značně liší od zrnin a pícein.

K posouzení stavu vstupující suroviny do sušárny a vystupujícího úsušku je nutno stanovit vlhkost, která charakterizuje produkt. Při stanovení vlhkosti musíme rozlišovat mezi zrninami, které jsou materiálem s vzácně vyrovnanou strukturou rozměrovou i vlhkostní a píceinami řezanými i neřezanými, stébelnatým materiálem a velmi nevyrovnanou strukturou (lístky, stonky). To velmi ovlivňuje metody měření vlhkosti.[Břečka, 1990]

Metody stanovení vlhkosti materiálů jsou značně různorodé. V literatuře se obvykle problematika měření vlhkosti plynů liší od problematiky měření vlhkosti tuhých látek. Měřicí metody dělíme na přímé, tj. takové, jimiž se zjišťuje skutečný obsah vody a nepřímé, u kterých se usuzuje obsah vody na základě měření jiné veličiny, jejichž hodnota s množstvím obsažené vody těsně souvisí.

2. Měření vlhkosti plynů

Pro popis měření vlhkosti plynů se využívá velké množství různých fyzikálních veličin. K zabezpečení požadované přesnosti a jednotnosti měření vlhkosti plynů, zejména při značném množství používaných veličin, je nutné metrologické zajištění měření vlhkosti plynů, tedy tzv. hygrometrie. Při měření vlhkosti plynů je nutné brát v úvahu, že jednotlivé veličiny vlhkostí mají různou fyzikální podstatu. Pokud tyto veličiny mají charakterizovat stejnou vlastnost plynu – stupeň zvlhčení, je nutné určit vzájemné vztahy mezi těmito veličinami. Při vzájemném přepočtu je zapotřebí brát v úvahu u některých údajů rozdíl mezi ideálním plynem a vlhkým vzduchem (molární, hmotnostní a objemové veličiny – např. rosný bod je spojen se stavem nasycené páry a teplotou). [Flexa, 1983]

2. 1. Základní pojmy

Vlhkost plynu je zobecněná kvalitativní i kvantitativní charakteristika plynu, který obsahuje vodu ve stavu páry.

Veličiny vlhkosti plynů kvalitativně i kvantitativně charakterizující vlhkost plynů

Absolutní vlhkost plynů je definována jako hmotnost vodní páry m' v kg, obsažené v plynu, dělená objemem vlhkého plynu V v m^3 .

$$\phi = \frac{m'}{V} \quad \text{Kg.m}^{-3}$$

Relativní vlhkost je dána poměrem absolutní vlhkosti plynu k vlhkosti plynu s nasycenými párami za téže teploty a tlaku.

$$\varphi' = \frac{\phi}{\phi_{nas}}$$

$$\varphi' = \frac{\phi}{\phi_{nas}} \cdot 100 \quad \%$$

Měrná vlhkost vyjadřuje poměr hmotnosti vodní páry k hmotnosti suchého vlhkého plynu.

$$W = \frac{m'}{m_{vp}} \quad \text{Kg.Kg}^{-1}$$

m' -hmotnost vodní páry

m_{vp} -hmotnost suchého vlhkého plynu

Parciální tlak je tlak, jaký by plyn měl, kdyby ve směsi ideálních chemických netečných plynů vyplňoval při konstantní teplotě celý objem sám. Součet parciálních tlaků směsi je roven celkovému tlaku směsi.

Nasyčená pára je pára, která je v termodynamické rovnováze s kapalinou o stejné teplotě a tlaku. Jedná se o dynamickou rovnováhu, při které je vypařená látka přesně nahrazena zkondenzovanou (počet molekul opouštějících hladinu je roven počtu molekul, které se do kapaliny vrací).

Rosná teplota je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost dosáhne 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Teplota rosného bodu je různá pro různé absolutní vlhkosti vzduchu: čím více je vodní páry ve vzduchu, tím vyšší je teplota rosného bodu, čili tím vyšší teplotu musí vzduch (a pára) mít, aby pára nekondenzovala. Naopak pokud je ve vzduchu vodní páry jen velmi málo, může být vzduch chladnější, aniž pára zkondenzuje. Vzduch za určité teploty může obsahovat jen určité množství vodních par. Čím je teplota vzduchu (a tím i páry) vyšší, tím více páry může v jednotce objemu být, aniž začne pára kapalnět. Pokud se vzduch začne ochlazovat, vodní páry začnou kondenzovat. K, °C

Teplota suchého teploměru je teplota, která se měří teploměrem standardním způsobem.

Teplota mokrého teploměru je teplota, která je měřena teploměrem obaleným navlhčenou punčoškou na psychrometru.

[Internetová encyklopedie Wikipedie]

2.2. Metody měření vlhkosti plynů

Volba metody měření především závisí na jednoduchosti, spolehlivosti a dostupnosti měřicího přístroje a měřicí metody.

1. metoda psychrometrická
2. metoda kapacitní
3. metoda měření rosné teploty
4. metoda úplné absorpce vodní páry
5. metoda termoelektrolytická
6. metoda rovnovážného elektrolytického vlhkoměru
7. metoda coulometrická
8. metoda absorpce infračerveného záření
9. metoda absorpce vysokofrekvenční energie
10. chromatografické metody
11. metoda měření tepelné vodivosti
12. metoda měření sorpčního tepla
13. metoda měření difúzními vlhkoměry

2. 2. 1. Psychrometrická metoda

Psychrometrická metoda je jednou z nejrozšířenějších metod měření vlhkosti vzduchu. Vlhkost vzduchu se stanovuje z údajů dvou teploměrů, z nichž jeden, tzv. mokřý teploměr, je obalený mušelínovou punčoškou a smočený vodou a druhý udává teplotu měřeného vzduchu. Čím menší je vlhkost, tím intenzivněji se odpařuje voda ze smočeného teploměru, a tím větší je rozdíl mezi údaji obou teploměrů tzv. psychrometrický rozdíl, který je základní charakteristikou vlhkosti vzduchu.

Podle tabulek se určuje tlak vodní páry ve vzduchu a z ní vlhkost. Tabulky jsou sestaveny na základě psychrometrické rovnice, která může být odvozena z jednoduché teorie psychrometru.

$$P_d = P_{dm} - AP_d(t - t_m) \quad Pa$$

P_d -parciální tlak vodní páry, P_{dm} -tlak syté páry při teplotě mokrého teploměru, AP_d -psychrometrický součinitel $662 \cdot 10^{-6}$, t -teplota suchého teploměru, t_m -teplota mokrého teploměru

Pro přesná měření se obvykle používají psychrometrické tabulky, které jsou vypočteny pro určitý atmosférický tlak a lze z nich odečíst na základě psychrometrického rozdílu přímo relativní vlhkost vzduchu u některých také parciální tlak vodní páry. Výhodou této metody je jednoduchost, při kladných teplotách dostatečná přesnost a nepotřebuje kalibraci .
.[Flexa,1983]

2. 2. 2. Kapacitní metoda měření vlhkosti plynů

Metoda je založena na principu, že při sorpci vlhkosti materiálem dochází ke změně ohmického odporu, tak ke změně kapacity, tedy obecně ke změně impedance. Záleží pouze na tom jaká složka převládá, tj. zda se vyhodnocuje odpor nebo kapacita. Měření kapacity je složitější než měření odporu, ale má některé výhody, pro které se tato metoda v praxi rozšířila. Je to především mimořádná citlivost kapacitních čidel vlhkoměrů, menší vliv na kapacitu než na odpor a možnost měřit nejen vlhkost, ale i vlhkost kapalin.

2. 2. 3. Měření rosné teploty

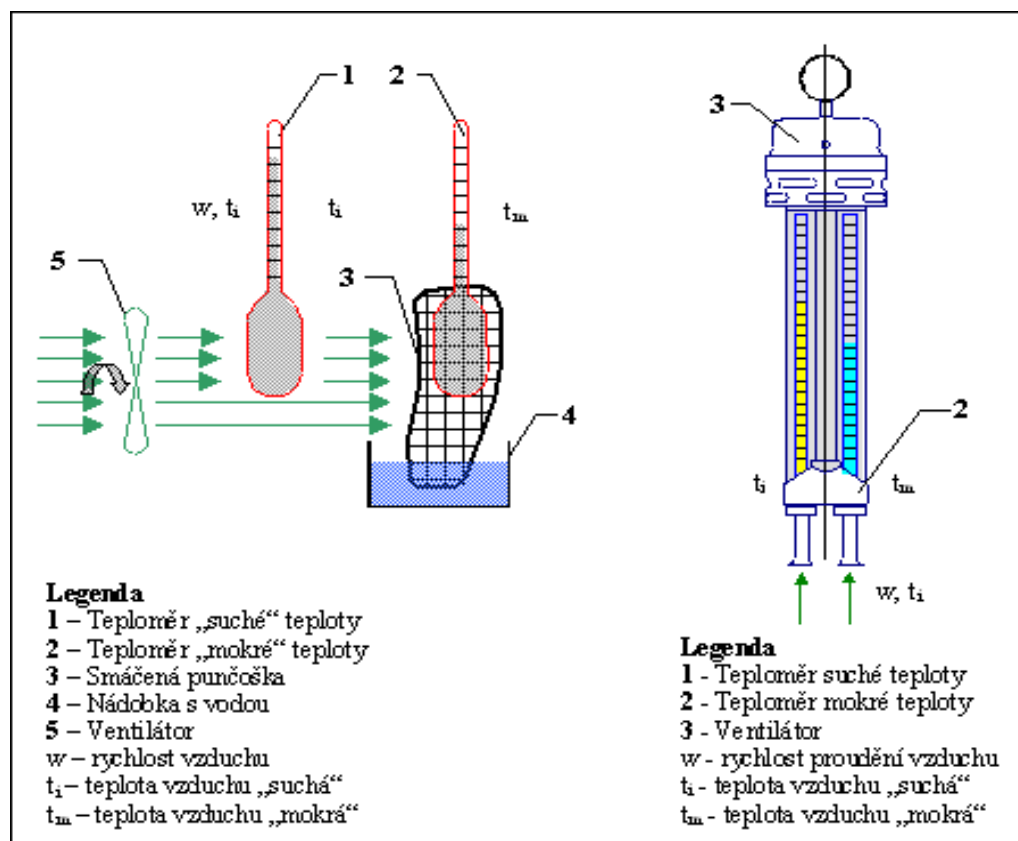
Podstatou metody měření rosné teploty je stanovení teploty povrchu vody, při níž se ustavuje dynamická rovnováha mezi množstvím vody, vypařujícím se z tohoto povrchu a množstvím molekul vodní páry dopadající na tento povrch z přilehlé vrstvy plynu. V rovnováze bude mít tuto teplotu vrstva plynu, která se přímo dotýká povrchu vody a relativní vlhkost této vrstvy bude 100%. Přesto, že princip této metody je jednoduchý jsou přesné přístroje složité a velice nákladné, vhodné pro laboratorní podmínky . .[Flexa,1983]

2. 3. Přístroje používané při měření vlhkosti vzduchu (plynů)

2. 3. 1. Psychrometr

Psychrometr (obr. č. 1) je přístroj pro měření vlhkosti plynů. Skládá se ze dvou teploměrů a to z mokrého a suchého. Mokrý teploměr je obalen navlhčenou tkaninou, která se musí neustále zvlhčovat. Z rozdílu teplot suchého a mokrého teploměru se pomocí psychrometrických tabulek určí vlhkost vzduchu. [Flexa,1983]

Obr. č. 1 Psychrometr



2. 3. 2. Kapacitní vlhkoměr

Principem každého kapacitního vlhkoměru je kondenzátor, jehož dielektrikum tvoří tenká vrstvička materiálu sorbujícího vratně vlhkost z okolních prostředí. Dielektrikem bývá nejčastěji tenký film kovového oxidu. Nejčastěji se rozšířili kapacitní vlhkoměry na bázi oxidu hlinitého. Jednu elektrodu tvoří hliník, druhou vrstvička zlata napařená na oxid hlinitý.

3. Měření vlhkosti tuhých látek

Problematika stanovení vlhkosti tuhých materiálů je komplikovanější než u stanovení vlhkosti plynů. Velké množství různých materiálů má různou vlhkost, která je velmi často jeho důležitým charakteristickým znakem. Pro stanovení vlhkosti je nutné používat různé metody měření, které v mnohém značně komplikují její stanovení a rovněž je nutné použít celou řadu měřících přístrojů.[Břečka,1990]

3. 1. Základní pojmy

Sušina je materiál bez fyzikálně vázané vody.

Vlhkost je obsah kapaliny (např. vody, organických ředidel aj.) vázané v materiálu jinak než chemicky (ve skupenství tuhém, plynném nebo kapalném)

Měrná vlhkost je obsah vlhkosti v materiálu, vyjádřený jako poměr hmotnosti vlhkosti k hmotnosti sušiny.

$$u = \frac{M_v}{M_{ms}} = \frac{M_m - M_{ms}}{M_{ms}} \text{ kg.kg}^{-1}$$

M_v-hmotnost vlhkosti materiálu, M_{ms}-hmotnost sušiny, M_m-hmotnost vlhkého materiálu

Podíl vlhkosti je obsah vlhkosti v materiálu vyjádřený jako procentuální podíl hmotnosti vlhkosti k hmotnosti vlhkého materiálu.

$$\omega = \frac{M_v}{M_m} \cdot 100 = \frac{M_m - M_{ms}}{M_m} \cdot 100 \quad \%$$

M_v-hmotnost vlhkosti materiálu, M_{ms}-hmotnost sušiny, M_m-hmotnost vlhkého materiálu

[Břečka,1990]

Poznámka: ČSN 12 6000 (1994) „Technika sušení termíny a definice“ zavádí pro podíl vlhkosti věcně nesprávný pojem „Relativní vlhkost“.

3. 2. Metody měření vlhkosti tuhých látek

1. termogravimetrická metoda
2. dielektrická metoda
3. vodivostní metoda
4. metoda aktivity vody
5. metoda azeotropické destilace
6. chemická metoda (Fischerova)
7. ultrazvuková metoda
8. metoda absorpce a odraz infračerveného záření
9. absorpce a odraz infračerveného záření
10. extrakční metoda
11. metoda nukleární magnetické rezonance

3. 3. Rozbor vybraných metod měření vlhkosti

3. 3. 1. Termogravimetrická metoda

Nejužívanější metoda ke stanovení vlhkosti tuhých látek. Jedná se o metodu přímou probíhající při teplotě 105°C-107. Touto metodou se stanoví úbytek hmotnosti materiálu tepelným odstraňováním vlhkosti – sušením. Z tohoto úbytku se vypočítá měrná vlhkost nebo podíl vlhkostí. Tato metoda předpokládá, že se z materiálu odpaří fyzikálně vázaná voda a zbytek je suchá substance - sušina. Protože se tato metoda používá jako metoda ke kalibraci vlhkoměrů, je třeba si uvědomit, že sušením nelze nikdy stanovit veškerou vodu obsaženou v materiálu, protože tlak vodní páry v sušárně není nikdy nulový.

Termogravimetrická metoda je oproti jiným metodám jednoduchá a ke stanovení vlhkostí touto metodou je zapotřebí kromě jiných pomůcek a zařízení přesných laboratorních vah a pro větší přesnost u malých vzorků analytických vah. [Břečka,1990]

3. 3. 2. Dielektrická metoda

Jako dielektrická se označují taková měření, při nichž se elektrickými metodami sleduje chování dielektrik v časově proměnném elektrickém poli. Dielektrikem se při tom rozumí látka, u které měříme vlhkost. Vodivost dielektrik však může být v časově proměnném elektrickém poli nenulová vlivem dipólových ztrát nebo nehomogenní struktury dielektrik.

Při této metodě se využívá změny kapacity kondenzátoru, změnou jeho dielektrika to jest látky, jejíž vlhkost zjišťujeme. Vlhkoměry použité při této metodě nepodléhají tolik jako vodivostní chybám vznikajícím z nerovnoměrného rozložení vlhkosti uvnitř měřeného materiálu. Rozsah měření může být větší. V současné době se většina výrobců vlhkoměrů

věnuje více právě výrobě vlhkoměrů používaným pro tuto metodu než vodivostním a to zejména v oblasti měření vlhkosti zrnin a stébelnin. [Flexa,1983]

3. 3. 3. Vodivostní metoda

Změna obsahu vody přítomné v materiálu se projevuje změnou jeho měrného odporu. Rozsah měrného odporu suchého materiálu je 10^8 až $10^{13} \Omega$ a vlivem vlhkosti může klesnout až na $10^{-4} \Omega$. Odpor materiálu při konstantním složení ovlivňuje kromě vlhkosti především teplota a velikost použitého stejnosměrného napětí a proudu. Pouze v případě dochází-li k polarizaci elektrod je vhodné použít střídavé napětí. Odpor se přitom mění o několik řádů. Vodivost vlhkého materiálu má především iontový charakter. Proto se mění odpor s teplotou stejně jako u vodičů II. řádu. Při vyšší teplotě se tedy naměří zdánlivě větší vlhkost.

Když se na elektrody, mezi nimiž je umístěn vlhký materiál, vloží napětí, začne materiálem procházet proud, který však není stálý a časem se snižuje. U řady materiálů je elektrický odpor vnitřních částí jiný než odpor při povrchu. Protože odpor vnitřní části lépe charakterizuje celkovou vlhkost, je třeba uspořádat měření tak, aby se vliv povrchové vodivosti co nejméně potlačil. Čidla vlhkoměru mají různý tvar podle druhu měření materiálu. V nejjednodušším případě jsou to dvě jehlové elektrody, které se zavádí do měřeného materiálu. Elektrody musí být konstruovány tak, aby jejich vzdálenost byla za všech okolností konstantní. Uspořádání elektrod by mělo být takové, aby mezi nimi bylo dostatečné množství materiálu a měřením se zjistila střední hodnota vlhkosti. Měření je velmi rychlé, ale ze zkušeností z provozu se ukazuje, že je poměrně nespolehlivá v porovnání s ostatními metodami. Používá pro měření vlhkosti chmelových hlávek. [Flexa,1983]

3. 3. 4. Metoda aktivita vody

Touto metodou měříme takovou vlhkost prostředí, kterou zjišťujeme v uzavřeném prostoru sondy, která se při konstantní teplotě hygroskopického materiálu v sondě ustaví jako vlhkostní rovnováha. Měří se tedy relativní vlhkost vzduchu v uzavřené sondě.

$$aw = \frac{P_d}{P_d'} \quad \varphi = 100 \cdot aw \quad \%$$

φ -relativní vlhkost vzduchu v sondě, P_d -tlak vodní páry nad povrchem vzorku, P_d' -tlak vodní páry nad hladinou čisté vody, aw -aktivita vody

Pro praktické použití je nutná znalost sorpčních křivek za požadovaných teplot, ze kterých se odečítá pro naměřenou aktivitu vody odpovídající měrná vlhkost.

3. 3. 5. Metoda azeotropické destilace

Některá organická rozpouštědla se nesmísí s vodou, ale tvoří s ní azeotropickou směs. Toho se využívá k přímému oddělení vody z analyzované látky. Vzorek látky se ve varné baňce smísí s rozpouštědlem a vaří se pod zpětným chladičem. Páry azeotropu, zkondenzované v chladiči, stékají do odměrky, kde se oddělí voda od rozpouštědla a její objem se odečte přímo na stupnici odměrky. Přebytečné rozpouštědlo stéká zpět do baňky. Destilace se ukončí, když se objem vody v odměrce již nemění. Přesnost metody je někdy ovlivněna tím, že se kapky vody zachytí na chladném konci chladiče a je obtížné je přenést do odměrky. Mimoto část vody, i když nepatrná, zůstane rozpuštěná v rozpouštědle. Při stanovování malých množství vody se na to musí brát příslušná korelace nebo se musí používat rozpouštědlo předem nasycené vodou. Obsahuje-li vzorek velké množství vody, je někdy vhodné přidávat rozpouštědlo postupně po menších částech. Takto lze stanovovat pouze vlhkost látek, které se při varu rozpouštědlem nerozkládají nebo s ním chemicky nereagují. [Flexa,1983]

3. 3. 6. Chemická metoda

Základem každé chemické metody stanovení vlhkosti je chemická reakce vody přítomné v materiálu s přidaným činidlem. Na činidlo jsou přitom kladeny tyto požadavky: jeho reakce s vodou s vodou musí probíhat rychle a kvantitativně, musí být specifická pouze pro vodu a konec reakce musí být snadno zjištělný.

V roce 1935 navrhl K. Fischer jednoduchou a přesnou metodu stanovení vody, která je v různých obměnách základem řady standardních metod. Vzorek analyzované látky se smíchá s bezvodným rozpouštědlem (methanolem) a titruje se roztokem obsahujícím jod, oxid siřičitý, pyridin a methanol. Při titraci se postupuje tak, že odměřené množství vzorku se

vpříví do titrační nádoby, která obsahuje suchý methanol. Z byřety se pomalu přídává tzv. Fischero činidlo tak dlouho, až se dosáhne bodu ekvivalence, tj. až veškerá voda obsažená ve vzorku zreaguje. Z objemu činidla spotřebovaného na reakci se vypočítá obsah vody, množství vzorku se volí podle předpokládané vlhkosti tak ,aby spotřeba činidla nepřesáhla náplň jedné byřety, dosažení bodu ekvivalence lze zjišťovat vizuálně a to tak, že konec titrace poznáme podle změny barvy roztoku při dodání nadbytečné kapky činidla. [Flexa,1983]

3. 3. 7. Ultrazvuková metoda

Na rychlosti šíření ultrazvuku, popř. na jeho útlumu v tuhých látkách má vliv především jejich složení a teplota. Při konstantní teplotě je rychlost šíření do značné míry ovlivněna množstvím přítomné tuhé fáze, ať už rozpuštěné nebo suspendované. Toho je využito k měření vlhkosti (nebo spíše obsahu sušiny) některých potravinářských výrobků. Závislost rychlosti zvuku na koncentraci vody je u většiny materiálů nelineární a může být v různých oblastech koncentrací značně rozdílná. Nutnost teplotní kompenzace a složitost a nespecifičnost závislosti rychlosti na šíření na vlhkosti však způsobily, že se metoda příliš nerozšířila. [Flexa,1983]

4. Přehled norem ČSN stanovení vlhkosti rostlinných materiálů

| Norma | Třídící znak | Název normy | Účinná od | Platí? | K dispozici v STK |
|--------------------|--------------|---|------------------|--------|-------------------|
| ČSN 46 1011-20 | 461011 | Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení luštěnin. Stanovení vlhkosti | 1. červenec 1988 | Ano | Ano |
| ČSN 46 1011-23 | 461011 | Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení olejnin. Stanovení vlhkosti | 1. červenec 1988 | Ne | Ano |
| ČSN 46 1011-26 | 461011 | Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Stanovení hmotnosti tisíce semen sóji při vlhkosti 12% | 1. červenec 1988 | Ano | Ano |
| ČSN 46 1011-4 | 461011 | Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení obilovin. Stanovení vlhkosti | 1. červenec 1988 | Ne | Ano |
| ČSN ISO 712 461014 | 461011 | Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda | 1. únor 2003 | Ano | Ano |
| ČSN EN ISO 665 | 461025 | Olejnata semena- Stanovení vlhkosti a obsahu těkavých látek | 1. říjen 2001 | Ano | Ano |
| ČSN ISO 665 | 461025 | Olejnata semena. Stanovení vlhkosti a obsahu těkavých látek | 1. červen 1994 | Ne | Ano |
| ČSN 46 2520-3 | 462520 | Zkoušení chmele. Stanovení vlhkosti | 1. březen 1991 | Ano | Ne |
| ČSN 46 7013-20 | 467013 | Metody zkoušení krmných směsí. Stanovení vlhkosti | 1. květen 1988 | Ne | Ano |
| ČSN 46 7092-3 | 467092 | Metody zkoušení krminů - Část 3 : Stanovení obsahu vlhkosti | 1. leden 1999 | Ano | Ano |

4. 1. Postup při stanovení vlhkosti chmele podle normy ČSN 46 2520 část 3

Definice

1. Za vlhkost se považuje obsah vody ve vzorku chmele. Stanoví se sušením za předepsaných podmínek nebo ověřeným vlhkoměrem bezprostředně po otevření obalu.

Podstata zkoušky

2. Zjištění vlhkosti chmele metodou stanovení hmotnosti sušiny pomocí přístrojové techniky v laboratoři nebo v provozu změřením vlhkosti chmele vlhkoměrem.

Zkušební pomůcky

3. Ke stanovení se použije:

- elektrolytická sušárna s automatickou regulací teploty
- hliníková miska s dobře přiléhajícím víčkem, z materiálu odolného vůči vlhkosti a teplotám požadovaným při sušení
- laboratorní váhy třídy přesnosti 3
- exsikátor
- mlýnek se sítem na velikost částic 2 mm
- analytická váha s přesností na 0,001 g
- teploměr, stupnice a hodnotou dílků 1,0 °C
- vlhkoměr ověřený

Postup zkoušky

4. Chmel se rozdrťí na částice o velikosti maximálně 2 mm, hliníkové misky se nejprve vysuší a po vychlazení v exsikátoru se zváží. Odebereme 5 až 10 g chmelové drťi, vložíme do misek a odvážíme na analytické váze. Odvážená chmelová drť se suší v předem vyhřáté sušárně 1 hodinu při 107°C. Potom se miska s drťí uzavře víčkem a vloží do exsikátoru.

Po vychlazení se uzavřená miska zváží. Podmínky pracovního postupu je nutno přesně dodržet, neboť při vyšších teplotách dochází ke ztrátě těkavých látek, zejména silic.

Výpočet

5. Obsah vody W (%) se vypočte podle vzorce

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1}$$

m_1 hmotnost vzorku před sušením v g, m_2 hmotnost vzorku po sušení v g

6. Při příjmu chmele se vlhkost může zjišťovat ověřeným vlhkoměrem. U každé dávky minimálně z jednoho žoku, při zjištění vlhkosti 12,1 % a vyšší se provádí měření vlhkosti u každého žoku.

7. Ke zjišťování vlhkosti chmele v průběhu jeho zpracování je možno použít procentické váhy nebo ověřený vlhkoměr. Postup měření se řídí návodem k obsluze přístroje.

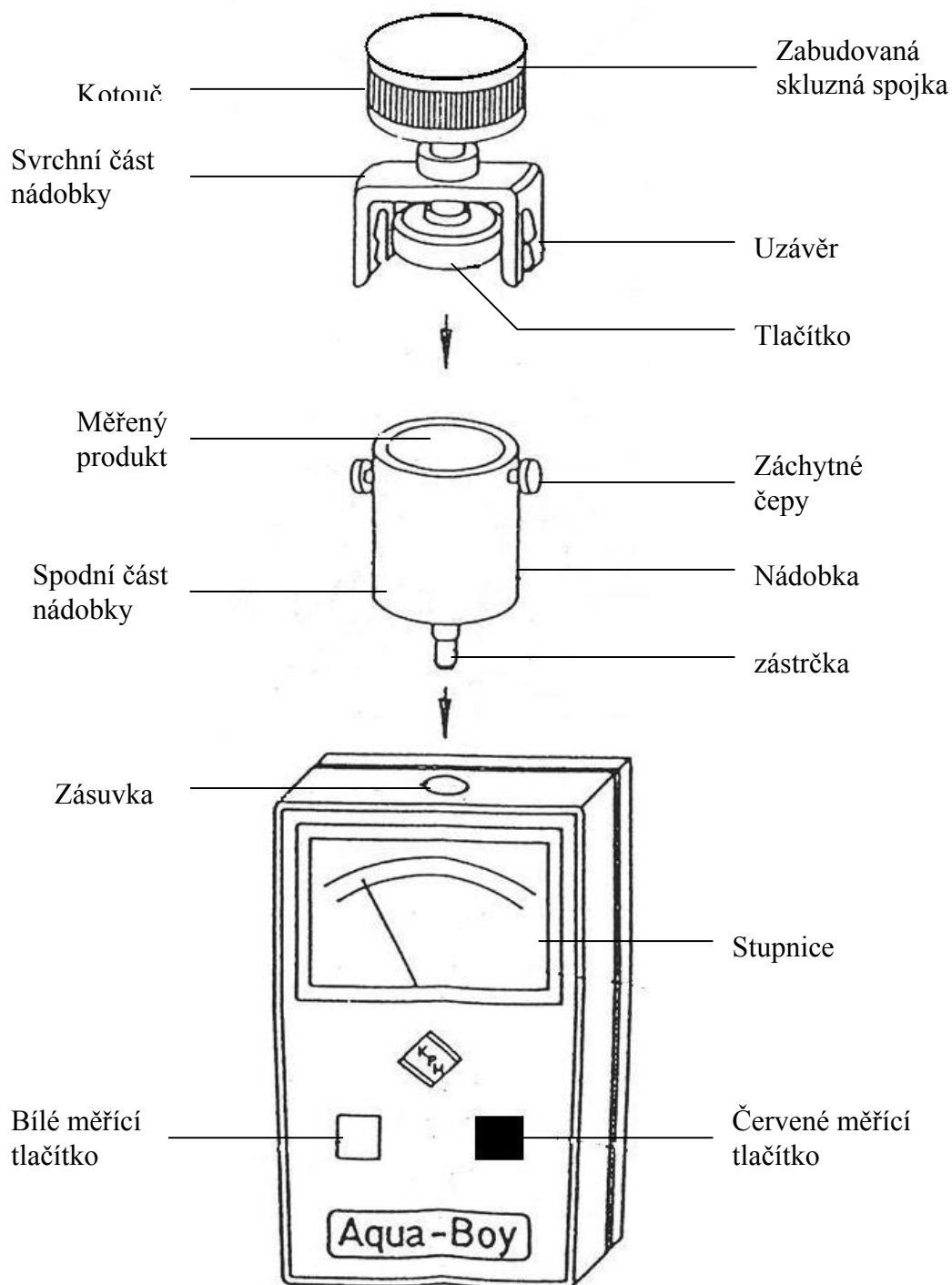
Normu vypracoval Chmelařský družstevní podnik Žatec, IČO 212 229 – ing. Zdeněk Purchart

[ČSN 46 2520 část 3]

5. Vlhkoměry používané pro měření vlhkosti chmele

5. 1. Model Aqua-boy

Obr. č. 2 Model Aqua-boy



Měřič vlhkosti Aqua-boy (obr. č. 2) má všeobecné, rychlé a pro svoji formu praktické použití, plášť přístroje je vyroben z moderního dvoubarevného novoduru, je velmi stabilní a dobře chrání měřicí stupnice a ovládací elementy. energii dodává internacionálně normovaná 9-voltová baterie. Měřicí princip je založen na elektrické vodivosti, protože ta je vždy ve stálém poměru k vlhkosti. Změny napětí, v úvahu přicházejícím měrném rozsahu, jsou extrémně příkré, což umožňuje vysokou přesnost údajů. Elektrická přesnost údajů přístroje je v rozsahu $\pm 0,1 \%$ a přesnost reprodukovatelnosti $\pm 0,2\%$, vztaženo na absolutní hodnoty měřicí stupnice.

5. 1. 1. Měření modelem Aqua – boy

Po správném naplnění elektrody měřeným materiálem stiskneme bílé tlačítko a poté odečteme hodnotu z měřicí stupnice. Pro ukončení měření uvolníme bílé tlačítko.

Postup měření přístrojem Aqua-boy

1. Horní část elektrody se odpojí a odejme.
2. Spodní část elektrody se naplní chmelovými hlávkami až po označený rys.
3. Tlačítkový kotouč horní části elektrody se otáčením vlevo až na doraz vyšroubuje.
4. Horní část elektrody se nasadí (zasune) závěrem do čepu spodní části elektrody.
5. Otáčením doprava tlačítkovým kotoučem se stlačí chmelové hlávky, potřebný měrný tlak je dosažen, až se znatelně uvolní skluzná spojka. Měření pak může začít. Pokudliže se skluzná spojka neuvolní, musí se tlačítko zpět vyšroubovat a závěr se nasadí do dalšího restu. Když se ani tak nedosáhne uvolnění skluzné spojky, je v nádobce nedostatečné množství hlávek. Po doplnění opakuje se proces stlačení hlávek, až se skluzná spojka uvolní.

6. Nádobková elektroda se zasune do měřicí zástrčky Aqua-boy přístroje. Stiskne se červené kontrolní tlačítko a ukazatel stupnice musí dosáhnout červený kontrolní sektor (mezi 75 až 80). Nedosáhne-li se ho, je třeba vyměnit baterii.
7. Potom se stiskne bílé tlačítko, a hodnota vlhkosti se odečte z polohy ručičky na stupnici.
8. Po skončení měření se musí hlávky bezzbytku z nádoby odstranit a nádoba důkladně vyčistit (nejlépe methanolem).
9. Další měření pak může následovat po vyschnutí nádoby.
 - 1) Při provozu má přístroj výhody zejména ve snadném ovládní, a proto je i hojně užíván. Naproti tomu v jeho neprospěch svědčí to, že do měrné nádoby se vejde velmi malé množství chmelových hlávek a je proto nutné provést větší škálu měření.

[Návod k obsluze měřiče vlhkosti Aqua – boy]

Dodavatel:

POLY-ANALYSER s. r. o.

tel.: +420 476 111 204

Litvínovská 336

fax: +420 476 753 242

435 11 Lom u Mostu

email: info@poly-analyser.cz

5. 2. Model GMK-310

Tento model (*obr. č. 3*) nahradil dnes již nevyráběný vlhkoměr SIEMENS. Je vhodný pro měření vlhkosti chmele přijímaného v hranolových žocích, protože materiál je v nich dostatečně stlačený. Pro měření v klasických žocích není příliš vhodný a je nutné při tomto měření použít lis.

Obr. č. 3 Model GMK-310



5. 2. 1. Měření vlhkosti chmele přístrojem GMK – 310

1. Chmel-sypký materiál

Při odebírání vzorku je třeba použít plastové rukavice. Poté naplníme lis vzorkem, stlačíme a s citem zasuneme do lisu špičku sondy. Zapneme vlhkoměr a vyčkáme několik sekund, dokud se na displeji neobjeví vlhkost chmele v procentech.

2. Chmel-v hranolových žocih

S citem zasuneme sondu nadoraz do „paty“ hranolu, spustíme vlhkoměr a vyčkáme na výsledek na displeji. Tento proces opakujeme ještě ve „středu“ a „hlavě“ hranolu. Stlačením knoflíku pro měření průměru získáme průměrnou hodnotu vlhkosti chmele v procentech.

5. 2. 2. Důležité pro správnou funkčnost přístroje

Sondu je třeba udržovat čistou a v případě potřeby ji omýt lihem. Pokud není přístroj používán delší dobu, je nutné vyměnit baterii. Nevystavovat přístroj přímému slunečnímu záření, vyvarovat se mechanicky silným nárazům a neskladovat přístroj ve vlhkých prostorech. , [Uživatelský návod měřiče vlhkosti GMK – 310]

5. 2. 3. Technická data

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Měřicí rozsah | 8% ~ 27,5% |
| Teplotní kompenzace | Automatická |
| Přesnost měření | +/- 0,5 % |
| Napájení | 4 ks-1,5 V Typ- R6 AA |
| Citlivost | 0,1 % |
| Displej | Číslicový LCD |
| Váha | 250 g |
| rozměry | 145 x 70 x 25 mm |

Dodavatel:

POLY-ANALYSER s. r. o.

tel.: +420 476 111 204

Litvínovská 336

fax: +420 476 753 242

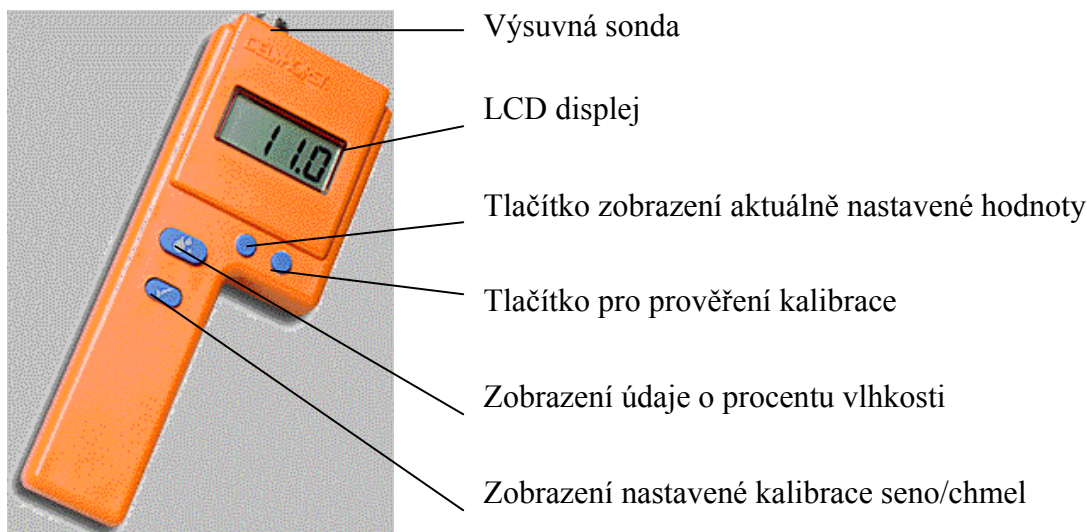
435 11 Lom u Mostu

email: info@poly-analyser.cz

5. 3. Měřič vlhkosti sena a chmele Model F-2000 Delmhorst USA

Měřič vlhkosti sena a chmele model F-2000 (obr. č. 4) je vybaven elektronickým obvodem pro zajištění vysoké opakovatelnosti a přesnosti měření. Může ukládat a průměrovat v paměti až 100 měření, vypočítá a zobrazí průměr a nejvyšší hodnotu z těchto maximálně 100 měření. Dále přístroj umožňuje nastavení hranice procenta vlhkosti, při které měřič signalizuje, když je překročena hodnota předem nastaveného procenta vlhkosti. F-2000 je kalibrován pro testování sena a chmele.

Obr. č. 4 Model F-2000



5. 3. 1. Postup při měření vlhkosti přístrojem F - 2000

Zasuneme sondu do měřeného materiálu a stiskneme tlačítko „zobrazení údaje o procentu vlhkosti“. Přístroj zobrazí naměřenou hodnotu po dobu dvou sekund a poté ji uloží do paměti přístroje. Pokud tlačítko „zobrazení údaje o procentu vlhkosti“ stiskneme a držíme, můžeme přístrojem měřit na různých místech, avšak do paměti přístroje se k dříve uloženým hodnotám připojí až hodnota v momentě uvolnění klávesy. Přístroj může uložit do paměti až 100 měření, zároveň neustále zobrazuje průměr všech hodnot.

Pokud měříme obsah vlhkosti, mějme na paměti, že průměrný obsah vlhkosti není nezbytně nejpravdivější indikací pro bezpečnosti skladování, neboť několik mokřích míst v chmelu může způsobit jeho značné poškození. Vlhkoměr indikuje hodnotu vlhkosti chmele, který je v kontaktu s neizolovaným hrotem elektrody. Proto je pro získání správných výsledků velmi důležité provést několik měření v různých částech balíku. Jelikož se rozložení vlhkosti obvykle mění, průměr několika měření zvýší vypovídající schopnost pořízených dat.

Vlhkoměr se dodává ve dvou možných sadách:

1 Sada I. (malá)

- Měřič vlhkosti
- Sonda 25 cm (pro testování standardních balíků s běžnou hustotou uložení produktu)

2. Sada II. (velká)

- Měřič vlhkosti
- Sonda 25 cm
- Kulatá sonda s hroty (ježek) pro testování volného produktu s malou hustotou uložení.
- Rukojeť k nepřímému propojení sondy 25 cm s kabelem (pro testování tvrdých balíků s vysokou hustotou uložení produktu, kdy by při přímém napojení sondy k měřiči mohlo dojít k poškození měřiče tlakem)
- Plastový kufřík pro skladování a přenášení měřiče a příslušenství

Tento přístroj byl na odzkoušení přivezen z USA do podniku Chmelařství, družstvo Žatec, kde byl používán. Při měření s ním ovšem dochází k problémům v důsledku špatného nastavení rozptylu stupnice, ale i přes opakované žádosti o přecejchování dosud nebylo vyhověno. Na druhou stranu výhodou přístroje je jeho lehkost a jednoduchost obsluhy.

[Uživatelská příručka modelu F – 2000]

5. 3. 2. Technické parametry

| | |
|-----------------|----------------------|
| Rozsah vlhkosti | 8%-23% |
| Displej | Číslicový LCD |
| Napájení | Baterie 9V,alkalická |
| Hmotnost | 300 g |

Dodavatel:

MEZOS, spol s.r.o

tel.,fax: 049/398159

Gebauerova 1025

servis: 0441/73592

500 02 Hradec Králové 2

5. 4. Měřič vlhkosti chmele HG - 3

Teplotně korigovaný nedestruktivní měřič vlhkosti chmele typ HG-3 (*obr. č. 5*) je určen k rychlému stanovení obsahu vody ve chmelových hlávkách. Lze jej použít i na další materiály (olejninny, luštěniny, semena, krmné směsi).

Obr. č. 5 vlhkoměr HG-3



5. 4. 1. Průběh měření vlhkosti přístrojem HG - 3

Měřený materiál se vloží do sondy a stlačí pomocí pístu. Měřicí elektrody jsou umístěny v pístu a dnu sondy. Elektrody sondy jsou spojené s měřicím přístrojem, který měří vodivost látky v sondě. Poté lze na stupnici měřidla odečíst objemové % vody v měřeném materiálu.

5. 4. 2. Postup při měření přístrojem HG - 3

1. Zapneme přístroj a zkontrolujeme stav baterií.
2. Zkontrolujeme údaj měřidla, ručička musí ukazovat 100 dílků.
3. Odpojíme sondu a pootočením sejmeme její víko.
4. Naplníme sondu materiálem a urovnáme s horním okrajem sondy.
5. Nasadíme víko sondy, zafixujeme a stlačíme pístem až na vyznačenou rysku.
6. Sondu spojíme propojovacím kabelem s přístrojem a odečteme dílky stupnice.

5. 4. 3. Konstrukční popis

Vlhkoměr je polovodičový přístroj minimálních rozměrů a váhy, vybavený výměnnou sondou. Čelní panel obsahuje stupnici a tlačítkovou soupravu. Na zadní straně je víko pro výměnu baterií. Sonda se skládá ze dvou částí: víka a vlastní sondy. Ve víku je umístěn píst a horní elektroda. V sondě je umístěna dolní elektroda.

[Technický manuál vlhkoměru chmele HG – 3]

5. 4. 4. Technické údaje

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Počet měřících rozsahů | 1 |
| Přesnost měření | +/- 0,5 % vlhkosti |
| Napájení | 4 x 4, 5V-ploché baterie |
| Doba provozu | Min. 100 hodin |
| Rozměry vlhkoměru | 210 x 130 x 90 mm |
| Hmotnost (včetně zdroje) | 4,5 kg |

Dodavatel:

Znak.Brno,kovozpracující družstvo

Rooseveltova 11

658 64 Brno

5.5. Měřič vlhkosti HE 90

Elektronický vlhkoměr na zrniny a další produkty se základní sondou se zabudovaným čidlem teploty, kráječem zrnin a dalším příslušenstvím se zabudovanou tiskárnou výsledkových lístků v uzamykatelném kufříku z ušlechtilého dřeva.

HE 90 (*obr. č. 6*) pracuje na principu vodivostní metody. Díky jednoduchému tvaru kalibrační křivky je tato metoda širokopásmová a necitlivá na přídavné vlivy čistoty materiálu, objemové hmotnosti, stupně poškození, odrůdových rozdílů, vlivy lokality a nepotřebuje docejchování nebo výměnu kalibračních křivek.

Obr. č. 6 měřič vlhkosti HE 90



5. 5. 1. Metoda měření

1. Vzorek je homogenizován za studena ručním kráječem s žiletkovými nožíky.
2. Celý objem měřeného vzorku padá bez dalšího dotyku do sondy.
3. Pomocí obouručního dotahování sondy je vzorek stlačen vysokým tlakem do konsistence pelety.
4. Teplota vzorku je přesně kalorimetricky změřena zabudovaným čidlem a přístroj zobrazí spolehlivý údaj za 30 vteřin (v případě materiálu z velkých částic zobrazí přístroj údaj za cca 5 minut).

[Technická příručka vlhkoměru HE 90]

5. 5. 2. Technická data

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Rozsah měření | 7%-28% |
| Počet měřících kanálů | 30 |
| Doba cyklu měření | cca 2 minuty |
| Tiskárna | Ano |
| Výstup výsledků | Displej, lístek t tiskárny |
| akumulátor | ne |
| Síťový zdroj | 230V/50 Hz |
| rozměry | 540 x 270 x 130 |

Dodavatel pro Českou republiku

Ing. Rudolf Pawlica

tel.: + 420 232 213 21

Ke kulturnímu domu 6/530

163 00 Praha 6

6. Ostatní přístroje konstrukčně vhodné pro měření chmele

6. 1. Wile-35 - vlhkoměr zrnin, sena a chmele

Wile-35 (*obr. č. 7*) je elektronický vlhkoměr pro měření vzorků celých zrn. Malé rozměry, odolná konstrukce a snadné používání činí z WILE-35 ideální vlhkoměr pro polní použití, zvláště pro podniky pěstující zrniny, píce, popř. speciální plodiny jako chmel. Vlhkoměr se dodává s přímou stupnicí pro měření tří nejběžnějších plodin. Další plodiny se odečítají z přiložené konverzní tabulky. Prostřednictvím talířového čidla může být vlhkoměr změněn na měření sena v balících nebo volně uloženého.

WILE-35 je na trhu přes 20 let a má velmi dobrou reputaci. Dodává se s baterií v odolném transportním pouzdru obsahujícím návod a konverzní pravítko s tabulkami pro další plodiny. Jako doplňková výbava se dodává válcový nástavec W-352 pro měření vlhkosti chmele.[Webové stránky firmy Farmcomp OY]

Obr. č. 7 vlhkoměr WILE-35



6. 1. 2. Technická data

| | |
|---------------|---------------------------|
| Rozsah měření | 8%-40 % (pro chmel od 5%) |
| přesnost | +/- 0,5 % |
| baterie | 9V 6F22 |
| hmotnost | 1,1 kg |

Dodavatel:

Leading Farmers CZ, a.s

tel: 281 860 862

Klánovická 485/43

Praha 14

6. 2. Vlhkoměr obilí HE 50 Special

Do sondy přístroje HE 50 special (*obr. č 8*) vložíme vzorek zrniny o obsahu 9 ml a jejím dotazením se rozdrtí, homogenizuje a silně stlačí. Pak následuje navolení produktu, odstartování programu a konečné odečtení naměřených výsledků z displeje. Kromě veškerých zrnin lze měřit i mouky, úsušky, pelety a chmel. Přídavnou teploměrnou tyčí metrovou, 1,5 metrovou a 2 metrovou lze měřit teplotu v hromadách materiálu.

[Webové stránky firmy PAWLICA, s.r.o.]

Obr. č. 8 vlhkoměr obilí HE 50 Special



Dodavatel pro Českou republiku

Ing. Rudolf Pawlica

tel.: + 420 232 213 21

Ke kulturnímu domu 6/530

163 00 Praha 6

6. 3. Kapacitní vlhkoměr GRANOMAT

Granomat (obr. č. 9) měří kapacitu (dielektrickou konstantu) vloženého vzorku zrna. Stanovuje jednak vlhkost, ale také objemovou hmotnost (hektolitrovou váhu). Vzorek se před vložením do sondy přístroje nešrotuje. Granomat může měřit veškeré obiloviny, luskoviny, olejninu, kukuřici, chmel a slad. Do paměti přístroje se vejde až 100 různých kalibrací. Objem vzorku pro rozbor je 600 ml.

Obr. č. 9 kapacitní vlhkoměr GRANOMAT



6. 3. 1. Technická data

| | |
|----------|--------------------|
| napětí | 110/230V,50/60 Hz |
| hmotnost | 18 Kg |
| rozměry | 420 x 360 x 390 mm |

Dodavatel

Ing. Jerzy Hlebionek

Milická 38

51-127 Wrocław

7. Závěr

V dnešní době existuje na trhu řada přístrojů s nimiž je možné stanovit vlhkost chmele, avšak v praxi se jich používá jen několik, neboť spoustu přístrojů není možné pro jejich vlastnosti použít.

Problematiku měření chmele jsem konzultoval s odborníky z podniku Chmelařství, družstvo ŽATEC, kteří se touto problematikou zabývají dlouhodobě a poskytli mi řadu důležitých informací, které jsem v práci využil.

Dlouhou dobu se pro měření vlhkosti chmele využíval přístroj od společnosti SIEMENS, ovšem jeho výroba byla již přerušena a nebylo o něm možné získat potřebné informace. Tento typ byl ve chmelařském průmyslu nahrazen vlhkoměrem HG – 3, který se ale v praxi příliš neosvědčil. Tento problém se výrobci chmele snažili odstranit zaváděním do provozu přístroje Aqua – boy a model F 2000, který byl dovážen z USA. Tato technika dosahovala ve chmelařství úspěchu, protože zařízení bylo lehké a snadno ovladatelné. V jejich neprospěch ovšem hovořilo to, že pojmy malé množství měřeného vzorku a měření se proto muselo často opakovat. Plnohodnotnou náhradou za SIEMENS byl až přístroj GMK – 310, který byl dovážen z Korei. Tento přístroj byl hojně využíván při měření vlhkosti chmele v hranolových žocích, které jsou dnes značně rozšířené. Jediný problém s tímto zařízením je, že je napájeno baterií, jež u nás není dostupná a musí se dovážet.

Do budoucna se technologie měření vlhkosti ubírá směrem k tzv. NIR analyzátorům, které pracují na principu měření rozptýleného záření odraženého od povrchu měřeného vzorku. Jejich většímu zavádění do provozu brání pouze současná finanční náročnost toho zařízení. I přes tento fakt si myslím, že tyto systémy postupně vytlačí vlhkoměry a plnohodnotně je nahradí.

8. Seznam použité literatury

1. Břečka, J. – Bernášek, K.:Cvičení ze strojů pro rostlinnou výrobu III., 1. vydání, Vysoká škola zemědělská Praha, Praha 1990, 148 s.
2. ČSN 46 2520 část 3 ,Chmelařství, družstvo Žatec, Praha 1990
3. Internetová encyklopedie Wikipedie
4. Firemní literatura firmy Znak Brno, Technický manuál vlhkoměru chmele HG – 3
5. Firemní literatura firmy Delmhorst, uživatelská příručka modelu F – 2000
6. Firemní literatura firmy POLY – ANALYSER, uživatelský návod měřiče vlhkosti GMK – 310
7. Firemní literatura firmy PFEUFFER, technická příručka vlhkoměru HE 90
8. Firemní literatura podniku Chmelařství, družstvo Žatec, návod k obsluze měřiče vlhkosti Aqua – boy
9. Flexa, J. – Široký, K.:Měření vlhkosti, 1. vydání, Nakladatelství technické literatury, Praha 1983, 264 s.
10. Webové stránky firmy Farmcomp OY
11. Webové stránky firmy PAWLICA, s.r.o.

9. Seznam obrázků

- obr.č. 1 Schéma psychrometru
- obr.č. 2 Schéma modelu Aqua - boy
- obr.č. 3 Model GMK-310
- obr.č. 4 Model F - 2000
- obr.č. 5 Vlhkoměr HG-3
- obr.č. 6 Měřič vlhkosti HE 90
- obr.č. 7 Vlhkoměr Wille 35
- obr.č. 8 Vlhkoměr obilí HE 50 special
- obr. č. 9 Kapacitní vlhkoměr GRANOMAT

| | |
|---|---------------------------|
| Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze | Fakulta: technická |
| Katedra: zemědělských strojů | Akademický rok: 2005/2006 |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Monček**

Studijní obor: Obchod a podnikání s technikou

Název práce: Porovnání parametrů vlhkoměrů použitelných pro chmel.

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Vytvořit přehled vlhkoměrů použitelných pro měření vlhkosti chmele.

Osnova práce:

1. Úvod do problematiky měření vlhkosti
2. Přehled a rozbor metod měření vlhkosti
3. Přehled norem SI, ČSN aj.
4. Kontakty s prodejci vlhkoměrů
5. Výběr metod a přístrojů
6. Podrobný popis zvolených vlhkoměrů
7. Závěr

Metodika práce:

Seznámit se s problematikou měření vlhkosti, prostudování literatury a norem, styk s prodejci, prostudování prospektů a návodů, konzultace s výrobcí a uživateli (Chmelařství, družstvo Žatec).

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Flexa, J., Široký, K.: Měření vlhkosti. Technický průvodce sv. 90, SNTL Praha, 1983, s.262
2. Bernášek, K.: Problematika měření vlhkosti sušícího prostředí a rostlinných materiálů. Písemná práce k souhrnné odborné zkoušce, VŠZ MF Praha 1988, s.70

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Bernášek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2005

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2008



Doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 30. 11. 2005