

UTJECAJ VLAŽNOSTI NA KUT PRIRODNOG POKOSA I KUT TRENJA PŠENIČNOG I SOJINOG KRMNOG BRAŠNA

INFLUENCE OF MOISTURE ON ANGLE OF SLIDE AND ANGLE OF INCLINATION OF WHEAT FEED MEAL AND SOYBEAN FEED MEAL

Tajana Krička, S. Plietić, Z. Lasek

Izvorni znanstveni članak
UDK:636.087.21.69.
Primljeno: 8. ožujak 1996.

SAŽETAK

Analiziran je kut prirodnog pokosa i kut trenja pšeničnog i sojinog krmnog brašna pri različitoj vlažnosti brašna.

Pri početnoj vlažnosti pšeničnog krmnog brašna od 16,21%, kut prirodnog pokosa iznosio je 52,18°, a kod vlažnosti 8,18% kut je iznosio 33,56°. Kod iste početne vlažnosti (16,21%) kut trenja iznosio je za početak klizanja 41,15°; za glavninu 49,03°, a kraj klizanja bio je kod 54,32°. Kod vlažnosti od 8,18% kut trenja na početku klizanja iznosio je 30,23°, glavčina je "istekla" pri 32,54°, a završetak klizanja pšeničnog krmnog brašna bio je 36,47°.

Za sojino krmno brašno, pri početnoj vlažnosti od 14,71%, kut prirodnog pokosa iznosio je 49,56°, a kod vlažnosti od 10,04% kut je iznosio 39,24°. Kod vlažnosti od 14,71% kut trenja iznosio je za početak klizanja 27,34°; za glavninu brašna 40,01°, a za kraj klizanja bio je 52,17°. Kod vlažnosti od 10,04%, kut trenja na početku klizanja iznosio je 20,91°, glavčina pri 24,52°, a završetak klizanja iznosio je 29,08°.

Svi rezultati prikazani su matematički, pomoću jednadžbi pravca.

Ključne riječi: kut prirodnog pokosa, kut trenja, pšenično krmno brašno, sojino krmno brašno

UVOD

Skladišta i silosi stalni su ili privremeni gospodarski objekti zatvorenog ili otvorenog tipa u obliku monolitnih ili montažnih konstrukcija od različitog građevinskog materijala, a vremenski povezuju fazu proizvodnje i potrošnje (Katić, 1992).

Riječ "silos" potječe iz španjolskog jezika i označava podzemne spremnike u obliku okna u

koje su se spremali sitni poljoprivredni proizvodi (Čandrić, 1986).

Danas se pod pojmom "silosi" podrazumijevaju spremnici velike visine u odnosu na širinu, za razliku od bunkera čija je visina prema širini mala (Kojić, 1970).

Doc. Dr. sci. Tajana Krička, Doc. Dr. sci. Stjepan Plietić, Dipl. ing. Zlatko Lasek, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Zagreb. Svetošimunska c. 25. Hrvatska - Croatia

Kao i sve druge građevine koje se podižu zbog gospodarskih potreba i silosi moraju zadovoljavati zahtjeve funkcionalnosti, racionalnosti, sigurnosti i estetike.

Silosu su se isprva gradili od drveta. Danas se za izvedbu malih spremnika upotrebljava čelik ili sintetske poliesterne smole ojačane vlaknima. Za gradnju srednjih i velikih silosa upotrebljava se armirani ili prednapeti beton. Veličina samog silosa ovisi o njegovoj namjeni i redovitosti snabdjevanja. Tako silosi za žitarice imaju velike ćelije dok TKS zahtijevaju manju količinu, te su im i silo ćelije manjih dimenzija (Katić, 1982).

U projektnom je programu vrlo važno predvidjeti mogućnost da čitav silos ili dio silosnog postrojenja, tijekom vremena može promijeniti svoju namjenu. S time treba računati kada se zadaje gustoća i kut unutrašnjeg trenja materijala, koji će se spremiti u silose, jer kad se mijenja namjena silosa mnogo je lakše promijeniti strojnu opremu, nego pojačati stijenke ćelija za neko novo opterećenje (Čandrić, 1986).

NAVODI IZ LITERATURE

Prema definiciji, kut prirodnog pokosa je kut koji površina hrpe zrna čini prema vodoravnom položaju (Katić, 1992): Autor definira i kut trenja, kao kut kod kojega se zrno počinje spuštati niz kosinu " α ". Autor istražuje oba problema na pšenici, kukuruзу, soji i suncokretu i to pri različitoj vlazi zrna i utvrđuje veliku međusobnu ovisnost između kuta prirodnog pokosa i kuta trenja u odnosu na vlažnost zrna.

Ritz, (1992) definira kut prirodnog pokosa između promjera osnovice i visine stošca koji se oblikuje prilikom sipanja zmene mase na vodoravnu podlogu. Kut trenja definira kao kut pod kojim zrno (masa zrna) počinje kliziti po bilo kakvoj strmoj površini. Autor istražuje oba problema na pšenici i dobiva da je kut prirodnog pokosa zrna od 15,3% do 35,0% da je pri vlažnosti zrna od 30,0° do 38,0°, a kut trenja iznosi 35° bez podataka o vlazi zrna.

Wierzbicki (1984) daje matematički model za kvantitativno i kvalitativno čišćenje zrna kod rotacijskog cilindričnog triera. Za pravilno postavljanje modela uz brzinu okretanja cilindra i

prolaza zrna kroz cilindar autor smatra jednu od osnovnih veličina kut prirodnog pokosa.

Daniewski (1984) istražuje kut trenja kao osnovnu veličinu prilikom čišćenja krumpira od nečistoća. Autor na osnovi istraživanja daje amplitude vibracija koje su najprikladnije za čišćenja i daju najbolje rezultate.

Hong i sur. (1986) izrađuju postrojenje za ekstrudiranje i sušenje/hlađenje posija žitarica. Za izradu dijela postrojenja koji suši/hladi proizvod nakon ekstrudiranja, osnovno mjerilo bio je kut trenja. Na temelju dobivenih vrijednosti date su vrijednosti vibracija za pomicanje peleta na sušari/hladnjaku.

Sarić (1970) istražuje kut prirodnog pokosa s pšeničnim krmnim brašnom i navodi da pri vlažnosti od 10,88% kut prirodnog pokosa iznosi 42,70°.

Tic (1967) navodi definiciju kuta prirodnog pokosa i njegovu ovisnost o vlažnosti, obliku i krupnoći čestica i smatra da je kut različit pri mirovanju, pokretu i vibracijama.

Kojić (1970) istražuje kut trenja zrna pšenice i kukuruza. Autor iznosi da je kut za pšenicu 30° do 38°, a za kukuruz 28° do 32°. Kod toga ne daje podatke o vlažnosti istraženih uzoraka.

Boltjanskij (1976) daje vrijednosti kuta trenja zrna soje i suncokreta. Tako kut trenja za zrno soje iznosi 25°, a za zrno suncokreta od 31° do 45°. Kod toga autor ne iznosi vrijednosti vlažnosti zrna.

Brake i sur. (1992), istražuju kemijske i fizikalne karakteristike kore bjelogoričnog drva pri upotrebi kod pilića, kao prostirke, u odnosu na borovu piljevinu. Razlog zašto smatraju da je bolje upotrebljavati koru bjelogoričnog drveta je i sipkost materijala, koja je znatno ujednačenija, te se time lakše sprema.

Ujević (1988) daje prikaz ovisnosti kuta trenja zrna pšenice i soje o vlažnosti. Veličina kuta trenja za zrno pšenice iznosi od 17° do 35° kod vlažnosti do 13% do 35%, a za zrno od 6° do 26° kod vlažnosti od 13% do 35%.

Ahmed (1990) prati skladištenje i probleme skladištenja zrna kukuruza u Maleziji. Dijeli proces skladištenja na razdoblje skladištenja do 30 dan i preko 30 dana. Navodi da u procesu fungiciranja zrna, te transporta zbog povišenja temperature,

veliki problemi nastaju zbog neadekvatnog skladištenja, te nepravilnog izbora silosnih ćelija (lijevka).

Tajana Krička i Šarić (1995) analiziraju kut prirodnog pokosa repice pri vlažnosti do 4,8% i 10,8%. Pri prvog vlažnosti kut prirodnog pokosa iznosio je 26,2°, a pri drugoj 27,5°.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA

Materijali iz ćelija mogu istjecati na tri različita načina:

a) jednoliko, pri čemu se pokreće čitav sadržaj ćelije,

b) po jezgri u donjem dijelu, pri čemu miruje donji dio sadržaja uz stjenke ćelija.

c) po jezgri na čitavoj visini, pri čemu miruje najveći dio sadržaja uz stijenke ćelija.

Oblik istjecanja ovisi o vrijednosti trenja materijala o stijenku, o kutu nagiba lijevka, kutu prirodnog pokosa. U tehnološkom je pogledu najpovoljnije jednoliko istjecanje, jer se pritom ne pojavljuju svodovi (mostovi) i materijali iz ćelija istječu istim redoslijedom kao što se i ulijevaju.

To često puta nije slučaj. Materijali, a poglavito brašni, prilikom pražnjenja i unutarnjeg transporta često nepravilno istječu. Stoga je zadatak ovog rada istražiti tecivost (kut prirodnog pokosa i kut trenja) pšeničnog i sojinog krmnog brašna i koliko vlažnost materijala utječe na njega.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su provedena s pšeničnim i sojinim krmnim brašnom kod pet različitih vlažnosti brašna. Za svaku pojedinu vlažnost brašna obavljena su mjerenja kuta prirodnog pokosa pomoću mjerne sonde. Broj ponavljanja iznosio je 35 za svaku vlažnost i svako brašno, a dobivene vrijednosti statistički su obrađene.

Nakon određivanja kuta prirodnog pokosa uzorcima je ispitivan kut trenja, pomoću uređaja s pokretnom aluminijskom nagibnom plohom. Broj ponavljanja kod svakog uzorka također je iznosio 35. Kod svakog ponavljanja mjerene su tri veličine:

- početak klizanja meljave
- klizanje glavnine meljave
- klizanje ostatka meljave

Dobivene vrijednosti statistički su obrađene. Ukupno dobiveni rezultati prikazani su jednadžbom pravca i grafički, kako bi se jednostavnim načinom direktnog očitavanja mogla dobiti zahtjevana vrijednost kuta prirodnog pokosa i kuta trenja u odnosu na vlažnost.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na osnovi provedenih analiza kuta prirodnog pokosa trenja na tablici 1 date su dobivene vrijednosti za pšenično krmno brašno. Svaka prikazana vrijednost srednja je vrijednost 35 ponavljanja.

Pšenično krmno brašno

Tablica 1. Srednje vrijednosti kuta prirodnog pokosa i kuta trenja pšeničnog krmnog brašna pri različitim vlažnostima

Table 1. Mean values of angle of slide and angle of inclination of wheat feed meal at different moisture x 35 ponavljanja / vlažnosti (35 repeat / moisture)

Uzorak br.	Vlažnost	Kut prirodnog pokosa (°)	Početak klizanja	Kut trenja α (°) Glavnina klizanje	Zadnje klizanje
Sample No.	Moisture	Angle of slide	Start of slide	The bulk	The end
1	16.21	52.18	41.15	49.03	54.32
2	15.64	50.54	40.31	45.50	48.81
3	12.81	33.21	36.42	40.63	46.28
4	11.32	41.83	35.57	37.71	44.63
5	8.18	33.56	30.23	32.54	36.47

Kao što se vidi iz tablice 1, pri vlažnosti pšeničnog krmnog brašna od 8,18% do 16,21 %, srednja vrijednost kuta prirodnog pokosa iznosila je od 33,56° do 52,18°.

Kod toga je jednadžba pravca za kut prirodnog pokosa pšeničnog krmnog brašna iznosila: $y=2,27x + 13,15$; uz $r=0,38$.

Kod mjerenja kuta trenja, pri tim samim vlažnostima, pšenično krmno brašno je klizilo kod $30,23^\circ$ do $41,15^\circ$, glavina kod nagiba plohe od $32,54^\circ$ do $49,03^\circ$, a ostatak brašna pri kutu od $36,47^\circ$ do $54,32^\circ$.

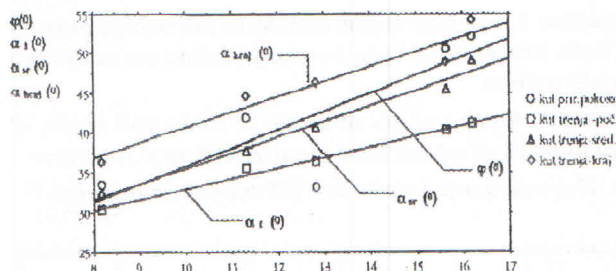
Kod toga su jednadžbe pravca za kut trenja u odnosu na klizanje iznosile:

- početak klizanja: $y=1,32x + 19,82$; uz $r=0,99$
- glavina klizanja: $y=1,95x + 16,11$; uz $r=0,99$
- ostatak: $y=1,91x + 21,64$; uz $r=0,96$

Ukupno dobiveni rezultati kuta prirodnog pokosa (φ°) i kuta trenja (α°) prikazani su na slici 1.

Slika 1. Kut prirodnog pokosa i kut trenja pšeničnog krmnog brašna

Fig. 1. Angle of slide and angle of inclination of wheat feed meal



Sojino krmno brašno

Kao što se vidi iz tablice 2, pri vlažnosti sojinog krmnog brašna od 10,04 % do 14,71 %, srednja vrijednost kuta prirodnog pokosa iznosi od $39,24^\circ$ do $49,56^\circ$.

Kod toga je jednadžba pravca za kut prirodnog pokosa sojinog krmnog brašna iznosila $y=2,35x + 14,91$; uz $r=0,97$.

Kod mjerenja kuta trenja, pri istim vlažnostima, sojino krmno brašno počelo je kliziti kod $20,91^\circ$ do $27,34^\circ$, glavina kod nagiba plohe od $24,52^\circ$ do $40,01^\circ$, a ostatak kod $29,08^\circ$ do $52,17^\circ$.

Tablica 2. Srednje vrijednosti kuta prirodnog pokosa i kuta trenja sojinog krmnog brašna pri različitim vlažnostima

Table 2. Mean values of angle of slide and angle of inclination of soybean feed meal at different moisture

x 35 ponavljanja / vlažnosti (35 repeat / moisture)

Uzorak br.	Vlažnost	Kut prirodnog pokosa ($^\circ$)	Početak klizanja	Kut trenja α° Glavnina klizanja	Zadnje klizanje
Sample No.	Moisture	Angle of slide	Start of slide	The bulk	The end
1	14.71	49.56	27.34	40.01	52.17
2	13.52	47.43	25.84	37.23	46.92
3	12.71	45.00	23.96	36.42	43.53
4	12.00	41.41	23.24	36.04	37.71
5	10.04	39.24	20.91	24.52	29.08

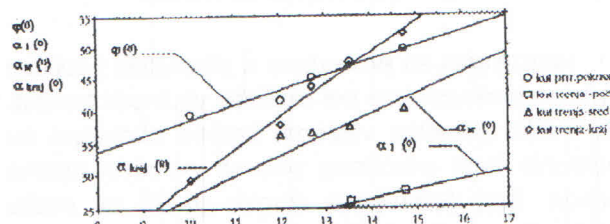
Kod toga su jednadžbe pravca za kut trenja u odnosu na klizanje iznosile:

- početak klizanja: $y = 1,40x + 6,63$; uz $r=0,99$
- glavina klizanja: $y = 3,19x + 5,32$; uz $r=0,93$
- ostatak: $y = 5,06x + 21,8$; uz $r=1$

Ukupno dobiveni rezultati kuta prirodnog pokosa (φ°) i kuta trenja (α°) prikazani su na slici 2.

Slika 2. Kut prirodnog pokosa i kut trenja sojinog krmnog brašna

Fig. 1. Angle of slide and angle of inclination of soybean feed meal



RASPRAVA O REZULTATIMA

Godinama se u tvornicama krmnih smjesa pojavljuje problem isticanja materijala iz silosnih ćelija. Većina zrnatih materijala istječe jednoliko, dok

brašnate ne istječu istim redom kao što su usute, što je zbog raslojavanja tehnološki nepovoljno, a često puta dolazi i do stvaranja "mostova" u predjelu lijevka. Do stvaranja mosta dolazi ako je posmična čvrstoća u sirovini veća od naprezanja. Naprezanja tada djeluju okomito na stjenke lijevka (Katić, 1982). Da bi se to izbjeglo i pravilno obavila konstrukcija lijevka, potrebne su vrijednosti kuta prirodnog pokosa i kuta trenja. Iako se radi o naglašenom problemu, mali se broj autora njime bavio, poglavito brašnom.

Prilikom istraživanja kuta prirodnog pokosa i kuta trenja pšeničnog stočnog i krmnog brašna pri pet različitih vlažnosti, uočen je veliki utjecaj vlažnosti materijala u odnosu na sipkost.

Usporede li se vrijednosti kuta prirodnog pokosa pšeničnog krmnog brašna s vrijednostima u literaturi (Sarić, 1970), kao što se vidi iz tablice 1, vrijednost kuta prirodnog pokosa kod vlažnosti od 11,32 % iznosi 41,83° i odgovara vrijednosti u literaturi od 42,70° kod vlažnosti od 10,89%. Jednostavnim matematičkim modelom može se izračunati zahtijevani kut prirodnog pokosa za određenu vlažnost pšeničnog krmnog brašna, $y = 2,27x + 13,15$ uz ($r = 0,83$) te jednadžbom $y = 2,35x + 14,91$ uz ($r = 0,97$) za sojino krmno brašno.

Vrijednosti kuta trenja razmatrane su u tri segmenta i to u trenutku kad se materijal pokrenuo, kada je većina materijala klizila po površini i ostatak. Usporede li se dobivene vrijednosti s definicijom kuta trenja (Katić, 1992) (Ritz, 1992) uočiti će se određena nelogičnost. Autori definiraju kut trenja kao početak klizanja materijala po podlozi. Ako se usporede dobivene vrijednosti kuta trenja, tada je uočljivo da kod pšeničnog krmnog brašna između kuta trenja na početku klizanja i kad većina materijala krene α' , te razlika između početka klizanja i ostatka materijala (α'') iznosi:

Vlažnost w (%) Moisture	α (°)	α'' (°)
16.21	7.88	13.17
15.64	5.19	8.50
12.81	4.21	9.86
11.32	2.14	9.06
8.18	2.31	6.24

Kod sojinog krmnog brašna ta razlika iznosi:

Vlažnost w (%) Moisture	α (°)	α'' (°)
14.71	12.67	24.83
13.52	11.39	21.08
12.71	12.46	19.57
12.00	12.80	14.47
10.04	3.61	8.17

Očito je da tako velika razlika, poglavito kod sojinog krmnog brašna, zahtijeva određenu korekciju same definicije. Zato se za izračunavanje kuta trenja pšeničnog i sojinog krmnog brašna predlaže matematički model za glavninu klizanja materijala i to za pšenično krmno brašno $y = 1,95x + 16,11$ uz ($r = 0,99$), a za sojino krmno brašno $y = 3,19x - 5,32$ uz ($r = 0,93$).

ZAKLJUČAK

Na osnovi vlastitih istraživanja kuta prirodnog pokosa i kuta trenja u ovisnosti o vlazi različitog krmnog brašna može se zaključiti:

1. Vlažnost materijala utječe na kut prirodnog pokosa i kut trenja brašna.

2. Kut prirodnog pokosa i kut trenja moguće je prikazati jednostavnim matematičkim modelom, kako bi se moglo jednostavno izračunati potrebne vrijednosti prilikom izrade lijevaka silosa.

LITERATURA

- Ahmed, S. (1990): Malaysian experience on storage and handling of grain maize, 13. Asean Seminar on Postharvest Technology, Brunei Darussalam, Kuala, Malaysian.
- Boltjanskij, E. (1976): Eksploatacionnaja nadježnost eljevatorov, Kolos, Moskva.
- Brake, J.D., C.R. Boyle, T.N. Chamblee, C.D. Schultz, E.D. Peebles (1992): Evaluation of the chemical and physical properties of hardwood bark used as a briler litter material, Poultry science 71 (3) 467-472, Mississippi State, USA.
- Čandrić, V. (1986): "Silosi" - Tehnička enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb.

5. Daniewski, L. (1984): Stand for testign the effectivity of separation of potatoes from impurities, *Maszyny i Ciagniki Rolnicze*, 30 (11) p. 14-15, Poland.
6. Hong, S.c., J.K. Chul, C.K. Dong (1986): Apparatus for continuously extruding and drying / cooling cereal bran, Philippine patent document 19747-C, Manila, Philippines.
7. Katić, Z. (1982): Industrijska proizvodnja krmnih smjesa, skripta za poslijediplomski studij, Agronomski fakultet, Zagreb.
8. Katić, Z. (1992): Sušenje i sušare u poljoprivredi, skripta, Agronomski fakultet, Zagreb.
9. Kojić, B. (1970): Skladištenje, Poljoprivredna enciklopedija, Mladinska knjiga, Ljubljana.
10. Krička, Tajana, Z. Šarić (1995): Utjecaj sušenja na kut prirodnog pokosa i kut trenja sorte "Silvia", XI Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja (u tisku), Zbornik radova, Stubičke Toplice.
11. Ritz, J. (1992): Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda, Agronomski fakultet, Zagreb.
12. Sarić, M. (1970): "Pšenica" - Poljoprivredna enciklopedija, Mladinska knjiga, Ljubljana.
13. Tic, Z.L. (1967): Mašini dlja posljeuboročnoj obrabotki sjemjan, Mašinstrojenje, Moskva.
14. Ujević, A. (1988): Tehnologija dorade i čuvanja sjemena, Agronomski fakultet, Zagreb.
15. Wierzbicki, K. (1984): Theoretical foundations and investigation results of the cylindrical rotary trieur for cleaning grain, *Mechanika i Budownictwo*, 256/14, 3-85, Poland.

SUMMARY

The paper gives the analysis of the angle of slide and the angle of inclination of wheat feed meal and soybean feed meal at different moisture of meals.

At the starting wheat feed meal moisture of 16,21% the angle of slide was 52,18° but when the moisture was 8,18% the angle of slide was 33,56°. By the same basic moisture (16,21%) of wheat feed meal the angle of inclination was at starting 41,15°, for the bulk was 49,03°, and at end was 54,32°. By the wheat feed meal moisture of 8,18% the angle of inclination was at the start 30,23°, the bulk was 32,54° and at the end it was 36,47°.

For soybean feed meal at the start the basic moisture of 14,7%, the angle of slide was 49,56°. At the soybean feed meal moisture of 10,04% the angle was 39,24°. At the soybean feed meal moisture of 14,71% the angle of inclination was at the start 27,34°, for the bulk was 40,01°, and by the end was 32,17°. By the soybean feed meal moisture of 10,04%, the angle of inclination was at satrt 20,91°, the bulk was 24,52°, and the end was 29,08°.

All results are presented by mathematical formulas.

Keywords: angle of slide, angle of inclination, wheat feed meal, soybean feed meal