

Анализ на резултатите от лабораторни сравнителни изследвания при нарязване на грубите фуражи

Милен Овчаров

Analysis of the results of laboratory studies in comparative cutting coarse feed: The results of laboratory tests on cutting coarse feed knife with a curved blade and straight blade. Investigation of the influence of the cutting angle and the type of the knife blade on the cutting pressure. In the laboratory experimental research as the main roughage used wheat straw and comstalks.

Key words: Curved blade , Straight blade, Cutting angle, Type of the knife blade, Cutting pressure .

ВЪВЕДЕНИЕ

Интензифицирането на процеса наситняване, може да се осъществи като се използват нови принципи и работни органи, чрез които да се осигури максимална производителност при нисък специфичен разход на енергия и с възможност за комбинирано въздействие върху зърнени, обемисти, груби и сочни фуражи, в съответствие със зоотехническите изисквания при хранене на животните.

От досегашни наши изследвания е установено е, че върху големината на силата на натиск при рязането на различни видове груби фуражи, влияние оказват различни фактори като: видът на материала, видът на острието на ножа, принципът на рязане (без или с преплъзване) и други предварително теоретично обосновани показатели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Факторите, които въздействат на процеса при наситняването на фуражите могат да бъдат дефинирани като: управляеми и неуправяеми. Неуправяемите се разделят на контролируеми и неконтролируеми. Неуправяемите контролируеми фактори се отчитат и регистрират при експеримента, но не се управляват от експериментатора, а неуправяемите неконтролируеми са т.н. случайни показатели, смущаващи процеса, те остават скрити в получените резултати и са причина за т.н. „шум“ при експеримента.

Основните технологични, кинематични и конструктивни параметри на изследваната конструкция могат да бъдат управляеми фактори при процеса наситняване на грубите фуражи. За управляеми фактори обосновано могат да бъдат избрани: натоварването и честотата на въртене на ротора (скоростта на рязане); хлабината между ножа и контраножа в нарязващия апарат; броят на ножовете и броят на пакетите с контраножове; дебелината на ножа; ъгълът на наклона на острието на ножа и т.н., а за неуправяеми фактори съответно: влажността на масата, неравномерността на разпределение на масата в опитния участък, средната дължина на частиците в изходната маса и др. Естествено не могат да бъдат включени всички управляеми фактори в експеримента, тъй като броят на опитите нараства значително с увеличаването на техния брой. Затова в зависимост от конкретните условия и конкретния обект на изследване по един или друг подход, на базата на априорна информация се избират само най-съществените фактори.

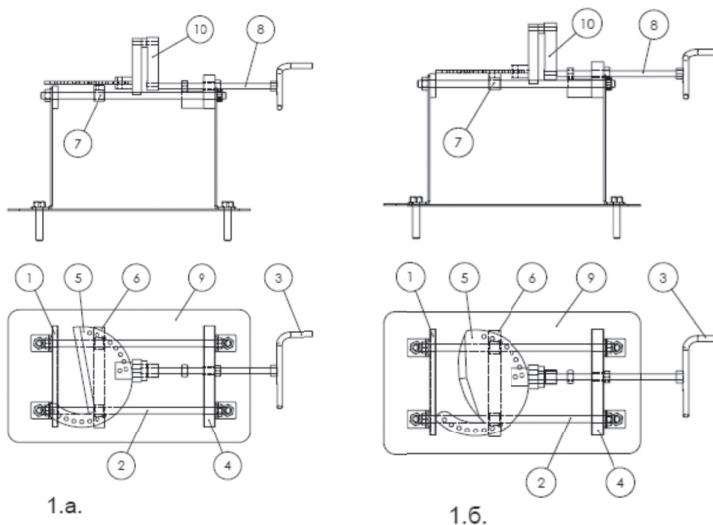
Провеждането на активен експеримент дава възможност да се въздейства върху изследвания обект, т.е. активно да се участва в изучаване на процеса, за да може експеримента да се управлява. Съществено изискване е, че избраните въздействията (факторите), трябва да бъдат независими по между си.

Със създадената опитна уредба (фиг.1) са проведени серии еднофакторни експерименти, чрез което се цели да бъде установен характерът на влиянието на отделните изследвани параметри върху технико-икономическите показатели на процеса нарязване на стеблени материали, в т.ч. и груби фуражи. Въз основа на получе-

ните резултати да могат бъдат установени оптималните нива на вариране на управляемите фактори за последващия многофакторен експеримент. По принцип при еднофакторните експерименти се приема управляемите фактори да бъдат изменяни в по-широки граници в сравнение с тези при предстоящия планиран многофакторен експеримент, с цел обхващане на оптималните стойности.

Бяха проведени лабораторни опити за определяне влиянието на избраните фактори на ножа върху усилието на рязане при нарязване на пшеничена слама реколта 2014г. при влажност $W=11\%$.

Лабораторните изследвания бяха проведени с опитната уредба (фиг.1), работеща в полустационарен вариант, състояща се от носеща рама, на която са закрепени две успоредни направляващи - 2. Върху направляващите е монтирана опора - 6, която чрез втулки - 7, може да извършва праволинейно движение по цялата дължина на направляващите. За провеждане на опитите се използват работни органи - 5 (ножове), два вида, единият е с праволинейно, а другият с криволинейно острие. И двата ножа имат технологични отвори за промяна ъгъла на приплъзване при рязане през 5° в диапазона от $0\pm 70^\circ$. Ножовете се закрепват върху опората, на която също има изработени технологични отвори. Към подвижната двойка опора - нож се монтира сензор за натиск - 10, който чрез компютърна програма непрекъснато отчита силата на натиск по време на рязането. В единия край на опитната уредба е монтирана винтова двойка, която чрез електродвигател или ръчно притиска сензора за натиск, а чрез него и острието на ножа към материала до неговото срязване. Двойката опора - нож извършва праволинейно движение в посока на контраножа. Контраножът е подвижен с цел да се регулира хлабината между него и ножа.



Фиг.1. Опитна уредба за лабораторни сравнителни изследвания на различни принципи при нарязване груби фуражи: 1.а. – за работа с нож с праволинейно острие; 1.б. – за работа с нож с криволинейно острие: 1 - Опора предна. 2 - Направляваща. 3 - Ръкохватка. 4 - Опора задна. 5 - Нож. 6 - Опора. 7 - Втулка направляваща. 8 - Винт. 9 - Основа. 10 - Сензор за натиск.

При провеждането на лабораторните изследвания като основен материал за нарязване е използван груб фураж от пшеничена слама и царевичак. Като техническо средство за измерване на натиска при процеса срязване е използван тензо - датчик за натиск, разработен в РУ"А.Кънчев". Данните получени при опитите са в mV и

за да могат да се записват като стойност и да се обработват, се използва усилвател на сигнала, който е разработен в катедра „КСТ“ на РУ. Усилвателят преобразува сигнала и посредством модула NI USB-6009, данните се записват в реално време с честота 25 пъти в секунда с програмния продукт LabVIEW.

Проведени са опити с двата вида ножове (с праволинейно и криволинейно острие). Експериментите са осъществени при перпендикулярно (нормално) рязане т.е. рязане с ъгъл на приплъзване $\tau = 0^\circ$ и рязане с промяна на ъгъла τ през 5° в диапазона от 5° до 55° , с 24 повторения за всеки опит.

Проведени са еднофакторни експерименти по отношение на усилието на рязане Y , в зависимост от вида на острието на ножа и ъгъла на приплъзване, както следва:

1. Резултати от предварителните лабораторни експерименти.

Лабораторни опити за определяне влиянието на факторите на ножа върху усилието на рязане при работа с пшеничена слама реколта 2014 г. при влажност $W=11\%$. Опитите са проведени в условията на лаборатория „Машини за животновъдството“ на катедра ЗТ при РУ”А.Кънчев” през периода 04-05.2015 г.

1.1. Изследване влиянието на ъгъла на приплъзване при рязане и вида на острието на ножа върху усилието на рязане y_1 и y_2 и средното квадратично отклонение s_1 и s_2 на усилието на рязане.

В табл.1. са дадени средните аритметични стойности на y_1 , y_2 , s_1 , s_2 от 24 повторения на всеки опит.

Таблица 1.

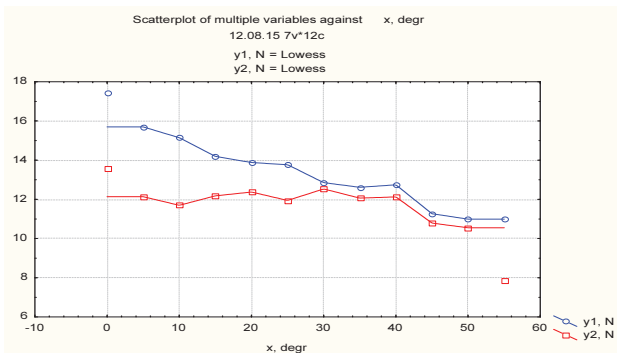
Резултати от експеримента: x - ъгъл τ при рязане; y_1 – усилие на рязане за нож с праволинейно острие; y_2 – за нож с криволинейно острие; s_1 и s_2 – средноквадратично отклонение на усилието на рязане, съответно за нож с праволинейно и криволинейно острие.

	1 x , degr	2 y_1 , N	3 s_1 , N	4 y_2 , N	5 s_2 , N
1	0	17,428	17,541	13,601	13,632
2	5	15,698	15,774	12,136	12,245
3	10	15,147	15,212	11,697	11,759
4	15	14,193	14,243	12,181	12,404
5	20	13,880	13,929	12,375	12,436
6	25	13,768	13,814	11,946	12,008
7	30	12,855	13,044	12,531	12,611
8	35	12,617	12,719	12,065	12,127
9	40	12,743	12,862	12,126	12,228
10	45	11,268	11,445	10,791	11,121
11	50	10,992	11,192	10,550	10,726
12	55	10,992	11,192	7,883	8,177

1.2. Регресионен анализ за усилието на рязане y_1 и y_2 .

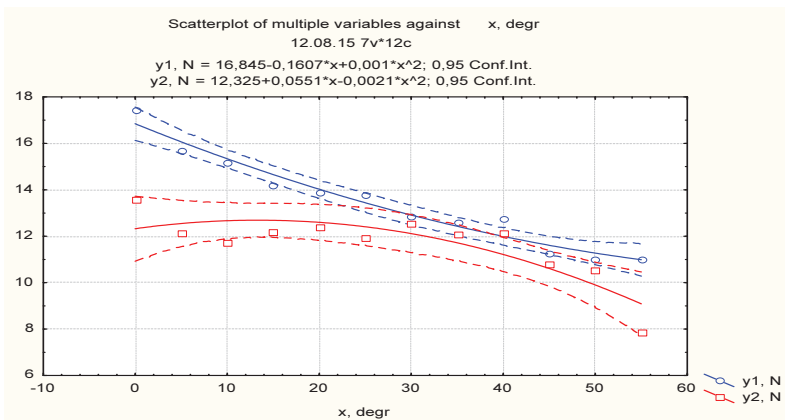
Целта на този анализ е да се установи влиянието на ъгъла τ при рязане, означен с x , върху усилието на рязане y_1 за нож с праволинейно и y_2 за нож с криволинейно острие.

1.2.1. Графично представяне на данните



Фиг.2. Влияние на ъгъла τ при рязане, означен с x върху усилието на рязане y_1 (с праволинейно острие) и y_2 (с криволинейно острие) на ножа.

На фиг.3 - горната зависимост от фиг.2 е представена в изгладен вид.



Фиг.3. Линии на регресия и доверителни области на усилията за рязане съответно y_1 и y_2 при двата ножа.

От фиг.3 се вижда, че зависимостта между ъгъла τ при рязане, означен с x и усилията на рязане y_1 и y_2 може да бъде представена с полином от втора степен:

$$y = b_0 + b_1 * x + b_2 * x^2$$

За целта табл.1 трябва да бъде разширена, като се въвежда още една колона с втората степен на ъгъла τ , означен с x , съответно x^2 .

От фиг.3 се вижда, че при рязане с ъгъл на приплъзване в диапазона от 0° до 50° усилието на рязане при нож с праволинейно острие е по-голямо от това на нож с криволинейно острие.

Коэффициентът на приплъзване $\varepsilon = \operatorname{tg} \tau$ (τ - ъгъл на приплъзване) между материала и ножа има съществено значение. При рязане с нож с криволинейно острие (острието е контур от архимедова спирала, теоретично обосновано) за всяко положение на ножа е налице рязане с преплъзване. През времето на рязане на ножа с криволинейно острие текущият ъгъл θ на радиус вектора r на острието на ножа се увеличава, което води до увеличаване на ъгъла на приплъзване τ и ъгъла на захващане χ . Натоварването на ножа от съпротивлението на срязвания материал е близко

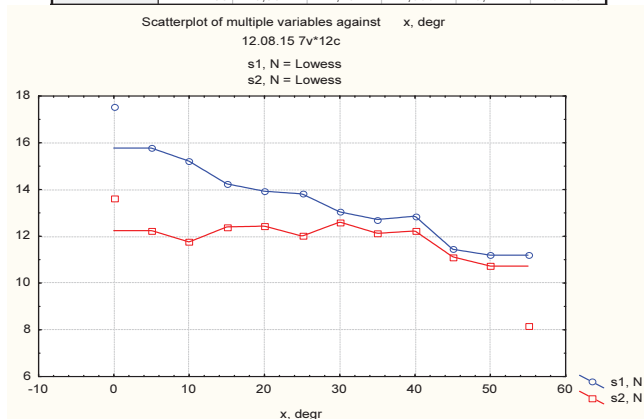
до *const* от началото на навлизане на ножа в материала до неговото окончателно срязване, което се вижда от фиг.4.

При ножовете с праволинейни остриета, ъгълът на захващане χ не е постоянен, самият процес на рязане е неравномерен, поради променливата дължина на острието, навлизаща в материала при рязане, което е доказано теоретично и е потвърдено от експеримента.

Таблица 2.

Разширение на таблица 1.

	1 x, degr	2 y1, N	3 s1, N	4 y2, N	5 s2, N	6 x ²
1	0	17,428	17,541	13,601	13,632	0
2	5	15,698	15,774	12,136	12,245	25
3	10	15,147	15,212	11,697	11,759	100
4	15	14,193	14,243	12,181	12,404	225
5	20	13,880	13,929	12,375	12,436	400
6	25	13,768	13,814	11,946	12,008	625
7	30	12,855	13,044	12,531	12,611	900
8	35	12,617	12,719	12,065	12,127	1225
9	40	12,743	12,862	12,126	12,228	1600
10	45	11,268	11,445	10,791	11,121	2025
11	50	10,992	11,192	10,550	10,726	2500
12	55	10,992	11,192	7,883	8,177	3025



Фиг.4. Влияние на ъгъла τ при рязане върху разсейването (средното квадратично отклонение) на усилието на рязане при нож с праволинейно острие $s1$ и нож с криволинейно острие $s2$.

1.3. Регресионен анализ за усилието $y1$ при нож с праволинейно острие.

Таблица 3.

Резултати за регресионния анализ за $y1$ (нож с праволинейно острие).

Regression Summary for Dependent Variable: y1, N (12.08.15)						
R= ,98065522 R ² = ,96168466 Adjusted R ² = ,95317014						
F(2,9)=112,95 p<,00000 Std.Error of estimate: ,42778						
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(9)	p-level
Intercept			16,84496	0,316299	53,25645	0,000000
x, degr	-1,46561	0,243823	-0,16071	0,026736	-6,01095	0,000200
x ²	0,51334	0,243823	0,00099	0,000468	2,10539	0,064551

От табл.3 се вижда, че при равнище на значимост $\alpha = 0,1$ всички коефициенти на модела от втора степен са значими, тъй като вероятността p-level е по - малка от равнището на значимост 0,1.

Коефициентът на определеност $R^2 = 0.96$ показва, че 96 % от изменението на усилието y_1 се дължи на ъгъла τ при рязане, означен с x и се описва с модел от втора степен (1). Останалите 4 % от изменението на y_1 се дължат на неуправляемите фактори – влажност, физико-механични свойства на материала и др.

Получените стойности за критерия на Фишер $F(2;9) = 112,95$ и съответната му вероятност $p < 0,00000 < 0,1$ показват, че полученият модел във вид на полином от втора степен е адекватен. С това моделът за усилието на рязане при нож с праволинейно острие ще има вида:

$$y = 16.84496 - 0.16071*x + 0.00099*x^2 \quad (1)$$

1.4. Регресионен анализ на усилието y_2 при криволинейен нож.

Таблица 4.
Резултати за регресионния анализ за y_2 (криволинейен нож).

Regression Summary for Dependent Variable: y_2 , N (12.08.15)						
R= ,97235745 R ² = ,94547901 Adjusted R ² = ,92503364						
F(3,8)=46,244 p<,00002 Std.Error of estimate: ,38940						
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(8)	p-level
Intercept			13,36185	0,339080	39,40618	0,000000
x , degr	-2,99163	0,708218	-0,23601	0,055872	-4,22417	0,002899
x^2	8,50323	1,755174	0,01175	0,002426	4,84467	0,001281
x^3	-6,53930	1,129614	-0,00017	0,000029	-5,78897	0,000410

От табл.4 се вижда, че всички коефициенти на модела от втора степен са достоверни при равнище на значимост $\alpha=0,1$. Коефициентът на определеност $R^2 = 0.945$ показва, че 95 % от изменението на усилието y_2 се дължи на ъгъла τ при рязане, означен с x и се описва с получения модел от трета степен:

$$y = 13.36185 - 0.23601*x + 0.01175*x^2 - 0.00017*x^3 \quad (2)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от лабораторните изследвания при нарязване на грубите фуражи от нож с праволинейно и криволинейно острие дават основание да бъдат направени следните изводи:

✓ Ъгълът на приплъзване при рязането влияе съществено на усилието за рязане и е установено, че с увеличаване на този ъгъл до 50° необходимото усилие за рязане намалява, а след тези стойности започва да се увеличава, което се дължи на нарастващите сили на триене;

✓ Установено е, че видът на ножа по отношение формата на острието (праволинейно или криволинейно) влияе върху усилието на рязане. Получените резултати показват, че усилието при рязане от нож с криволинейно острие е по-малко - в диапазона на ъгъла приплъзване при рязане от $5 \div 10^\circ - 29\%$, $10 \div 20^\circ - 14\%$, $20 \div 30^\circ - 9\%$, $30 \div 40^\circ - 4.8\%$, $40 \div 50^\circ - 4.2\%$;

✓ Теоретично и експериментално е установено, че ножът с криволинейно острие нарязва един и същ материал с по-малко усилие, отколкото ножът с праволинейно острие. Теоретично е обосновано, че най-подходящ контур за криволинейно острие е част от Архимедова спирала или вписана ексцентрична окръжност, което технически и икономически не е ефективно за практиката.

✓ В машините за нарязване на стеблени материали, в т.ч. и грубите фуражи подходящи за използване са ножове с праволинейно острие, монтирани за рязане с приплъзване под ъгъл $30-40^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Митков, А. Теория на експеримента. Дунавпрес, Русе, 2011, 209 с.
[2] Митков, А. Л., Д. Минков. Математически методи за изследване и оптимизиране на селскостопанската техника, II част. Земиздат, София, 1993, 368 с.
[3] Блюм, П. А. LabVIEW : стиль программирования. ДМК, Москва, 2008, 400 с.
[4] Виноградова, Н. А., Я. Листоратов, Е. Свиридов. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW. МЭИ, Москва, 2005, 50 с.

За контакти:

маг.инж. Милен Овчаров, докторант към катедра “Земеделска техника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: movcharov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.