

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ЗА ОВЪРШАВАНЕ НА СУСАМ

METHOD AND DEVICE FOR THRESHING OF SESAME

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБМОЛОТА КУНЖУТА

инж. Кенанска А., проф. д-р инж. Борисов Б., доц. д-р инж. Колев Б.
Аграрно-индустриален факултет – Русенски университет, България

M.Sc. Kenanska A., Prof. M.Sc. Eng. Borisov B. PhD and Assoc. Prof. M.Sc. Eng. Kolev B. PhD.
Agrarian and Industrial Faculty – University of Ruse, Bulgaria

akenanska@uni-ruse.bg, bborisov@uni-ruse.bg, bkolev@uni-ruse.bg

Abstract: In the following, well-founded a method and is proposed preliminary version of the device for stationary whole plant threshing of sesame. Presented a methodology for calculation of basic geometric and kinematic parameters of crushing and grinding mechanism consists of a pair of metallic corrugated rollers, for threshing of sesame.

Keywords: SESAME, THRESHING, METHOD, DEVICE

1. Увод

Сусамът е многогодишно растение, достигащо на височина до 0.5...1,0 m, с издължени, по-широки в средата листа, дълги от 4 до 14 cm. Стеблата в основата са с дебелина най-често в диапазона 10...30 mm. Плодът на растението представлява шушулка с форма на елипсоид с 2...4 камери, всяка съдържащи около 20 семена. Сусамът има изключително стопанско значение. Сусамовото масло, добивано от семената му, се използва в химическата, козметичната, лекарствената и хранителната промишлености. В условията на България семената на сусам узряват през есента. Прибирането на сусам започва, когато първите няколко кутийки станат зеленикаво-кафяви и семената им са придобили типичния за сорта цвят (фиг. 1).



Фиг. 1. Окосен и подготвен за сушене сусам

Прилагат се различни технологии за прибиране на културата. При една от тях растенията се окосяват ръчно или механизирани. Пренасянето им до пункта за последваща обработка се извършва с платница или чували, за да се избегнат загубите от разпилени свободни семена. След това се изсушават и овършават. Към момента овършаването е проблем.

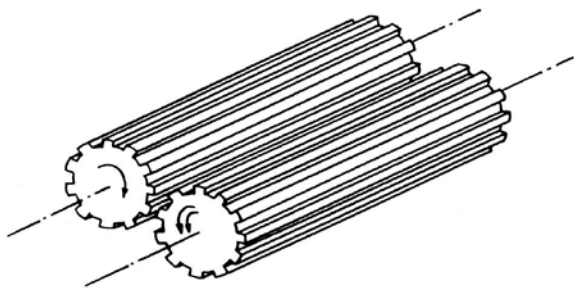
Съществуват сортове със саморазпукващи се семенни кутийки и с неразпукващи се семенни кутийки [3]. При първите механизирани прибиране е съпроводено с огромни загуби на пълноценни семена вследствие на разпиляване. При вторите проблемът е в ефективното и качествено отделяне на семената от кутийките. В периода на зрялост и готовност за отделяне на семената семенните кутийки са изсъхнали, втвърдили са се, добили са типична дървовидна структура и съпротивлението на разрушаване е много голямо [4]. Всяко непремерено приложено усилие за разрушаване на кутийката води до частично или пълно унищожаване на семената, както и до загуба на кълняемост. Въпросът, на който трябва да се даде отговор, е: Какъв принцип на овършаване на сусам да се използва и как да се механизира процесът, за да се получи максимално количество пълноценни в биологично отношение семена с високи, гарантирани посевни качества по възможност без механични повреди и с минимален разход на труд и енергия?

2. Метод

Целта е да се предложи такова устройство за овършаване, чийто основен характерен показател е качеството на процеса, т.е. получаване на максимално количество пълноценни семена и с най-добри посевни качества.

В сравнение с житните култури семената на сусам са значително по-чувствителни към травмиране при въздействие на работните органи на класическите вършачки [2]. За овършаване на сусам със затворени кутийки се предлага използването на смачквачо-претривач принцип без ударно въздействие. Доказано е, че чрез прилагането на този принцип се постига целта за пълно отделяне на всички ценни в биологично отношение семена с минимални загуби от травмиране при механичната обработка [1].

На фиг. 2 е представен идейният вариант на устройство за семедобиване при спазване критериите за проектиране. Вършачният апарат изпълнява ролята и на дозатор. Той реализира смачквачо и претривачо въздействие и се състои от двойка метални рифеловани валащи, въртящи се един срещу друг с различни ъглови скорости. Двойката валащи едновременно смачква и претрива семенните кутийки от подаваната растителна маса. Хлабината между тях може да се регулира. Използването на рифели върху валащите води до два положителни ефекта. Първо, подобрява се захващачата способност на валащите и второ – при различните периферни скорости на двата валаща материалът между рифелите е подложен на резни усилия, които водят до разрушаване на семенните кутийки и освобождаване на семената.



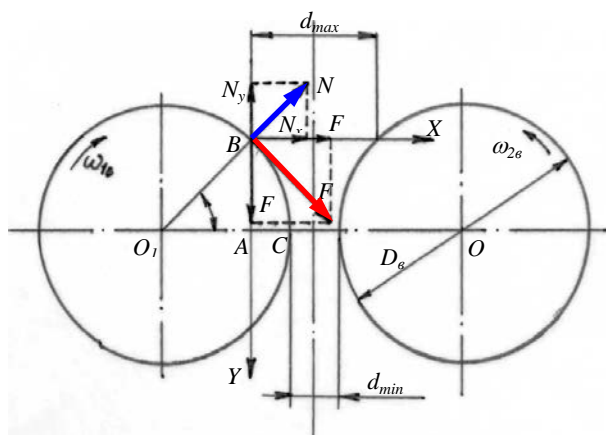
Фиг. 2. Идея вариант на смачквачо-претривачо устройство

Предлаганият метод на овършаване притежава следните предимства: изключено е ударното въздействие върху материала за овършаване; принципът е енергоспестяващ; минимално раздробяване на подавания за овършаване материал.

3. Резултати и дискусия

За да протече процесът на смачкване и претриване между валаците, отделните растителни части от сместа, подавана за овършаване, трябва да бъдат сигурно захванати от валаците и увлечени между работните им участъци. Условието за захващане от валаците се извежда като се определят силите от схемата на фиг. 3.

Отделна растителна частица с максимален размер на сечението си d_{max} се подава между двата валака, въртящи се един срещу друг. Между валаците е установена хлабина d_{min} . Силата, с която се притиска частицата към валаците е сума от теглото ѝ и силата, породена от ускоряването на масата ѝ, вследствие на падането ѝ върху валаците от височина h_0 . В точката на контакта В възниква нормална сила N и сила на триене F .



Фиг. 3. Схема на захващане от валаците

Като се използват известни теоретични зависимости за работа на смачквачи (пресовачи, откъсвачи) валаци може да се запишат следните условия за нормална работа:

- (1) $F_y > N_y$,
- (2) $f > \operatorname{tg} \alpha$,
- (3) $\varphi > \alpha$,

където f е коефициентът на триене между растителната частица и повърхността на валака; α - ъгълът на захващане; φ - ъгълът на триене.

Ъгълът на захващане α може да се изрази във функция от диаметъра на валаците D_e , максималния размер на сечението на подаваните растителни частици d_{max} и хлабината между валаците d_{min} :

$$(4) \quad \cos \alpha = \frac{O_1 A}{O_1 B}.$$

Чрез заместване значенията на $O_1 A$ и $O_1 B$, се получава

$$(5) \quad \cos \alpha = 1 - \frac{d_{max} - d_{min}}{D_e}.$$

От условието за захващане може да се запише:

$$(6) \quad \cos \varphi < \cos \alpha,$$

$$(7) \quad \cos \varphi < 1 - \frac{d_{max} - d_{min}}{D_e},$$

откъдето, изразявайки D_e , се получава

$$(8) \quad D_e > \frac{d_{max} - d_{min}}{1 - \cos \varphi}.$$

Ясно е, че колкото по-голям е диаметърът на валаците, толкова по-добра е захващачата им способност. Но масовият инерционен момент нараства с квадрата на диаметъра на валаците, а оттам и мощността за задвижването им. Освен това, недоброто балансиране масата на валаците с голям диаметър поражда големи центробежни сили, които допълнително увеличават разхода на енергия и разбиват лагерите им. С увеличаването на ъгъла на триене φ диаметърът на валаците може да се намали. Затова е необходимо да се познаят коефициентите (респективно - ъглите) на триене на сместа за овършаване по различни работни повърхнини. Наложително е да се изследват статистически стойностите на размерите на сеченията на стъблата, за да се определи диаметърът на валаците D_e във функция от максималните стойности d_{max} на тези размери. Колкото до хлабината между валаците d_{min} , тя се колебае около средния размер на семената за различните сортове с цел предпазването на същите от травмиране. В същото време хлабината d_{min} трябва да бъде по-малка от минималния размер на семенните кутийки, за да се осъществи сигурното им разпуковане (смачкване) и да се освободят семената.

От неравенство (8) може да се изрази разликата $d_{max} - d_{min}$, която представлява стойността на деформация (смачкване) Δd :

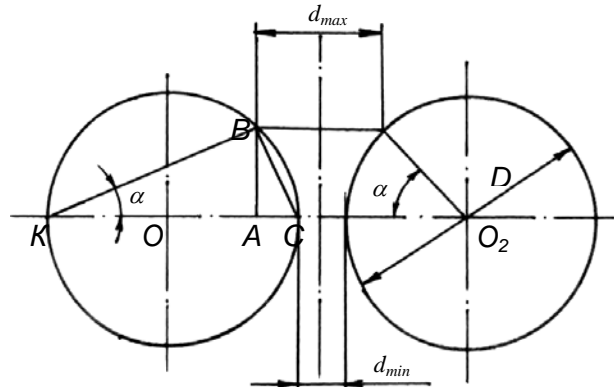
$$(9) \quad d_{max} - d_{min} = \Delta d < D_e (1 - \cos \varphi).$$

От тригонометричните зависимости и това, че $\operatorname{tg} \varphi = f$, включвайки и граничната стойност на условието за захващане, окончателно се получава:

$$(10) \quad \Delta d \leq D_e \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}} \right).$$

Този израз дава връзката между деформацията Δd , коефициента на триене f и диаметъра на валаците D_e и се използва като проектен.

Поради това, че валаците се въртят с различна честота, съответно ω_{1e} и ω_{2e} , а повърхнините на валаците са снабдени с надлъжни рифели с правоъгълно сечение и стъпка T_e между тях, равна на два пъти широчината на рифела, то растителните частици са подложени допълнително на очесване с претриване. В голяма степен ефектът от това въздействие зависи от дължината на пътя на частицата по периферията на валаците от мястото на захващане до напускането на работното пространство. Тази дължина се нарича работен път L . Той е определен по следния начин (фиг. 4):



Фиг. 4. Определяне на работния път между валаците

Растителната частица влиза в контакт с единия валак в т. В, а напуска валака в т. С. Това означава, че работният път се измерва с дължината на дъгата, заключена между т. В и т. С. Дъгата се вижда от т. К под ъгъл α_1 . Тъй като ъгълът α_1 е малък, разликата между дължината на дъгата ВС и хордата ВС е незначителна. При тази уговорка може да се приеме, че дължината L на работния път се измерва с отсечката ВС. След преобразувания за L се получава:

$$(11) \quad L = \sqrt{D_e \left(\frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \right)}.$$

С увеличаването на размера d_{\max} на частиците и с намаляването на хлабината d_{\min} се увеличава дължината на работния път L . На практика размерът d_{\max} е случайна величина, макар и в очакван интервал, а хлабината d_{\min} се задава и за конкретен сорт е постоянна - $d_{\min} = \text{const}$. Диаметърът на валаците D_e не трябва да се увеличава много и по изтъкнатите по-горе съображения.

Дължината на работния път L може да се изрази и чрез следния израз:

$$(12) \quad L = \alpha \frac{D_e}{2},$$

където α е ъгълът на захващане, rad.

Между валаците, освен смачкване, трябва да се осъществи и откъсващо-претриващо въздействие. За да се реализира това въздействие, в работния участък един рифел от бързия валак трябва да изпревари поне един рифел от бавния. Това означава, че ако за определено време t точка от работната повърхнина на бързия валак измине разстояние равно на работния път L , то за същото време t точка от работната повърхнина на бавния валак трябва да измине същото разстояние намалено с дължината на стъпката T_e между рифелите. Това може да се запише по следния начин:

$$(13) \quad \omega_{1e} t = L$$

$$\text{и (14)} \quad \omega_{2e} t = L - T_e.$$

След изразяване на времето t от двете уравнения като отношение на път към скорост и като се използва връзката между работния път L и ъгъла на триене φ се получава:

$$(15) \quad \frac{\omega_{1e}}{\omega_{2e}} \geq \frac{\varphi}{\varphi - \frac{2T_e}{D_e}} \leq \frac{n_{1e}}{n_{2e}}$$

където n_{1e} е честотата на въртене на бързия валак, min^{-1} ; n_{2e} - честотата на въртене на бавния валак, min^{-1} .

Отношението между скоростите на валаците се нарича диференциал на скоростите k и оптималните му стойности са в диапазона 1,2...1,8. Диференциалът на скоростите k трябва да се увеличава пропорционално с нарастването на отношението между стъпката T_e на рифелите и диаметъра на валаците D_e , за да се изпълни условието (15).

При подаването на материала към валаците растителните частици се удрят в повърхността им, отскачат, загубват скоростта си и вследствие на това захранването на валаците допълнително се влошава. За да се избегне удара, отскачането и евентуални загуби на семена, скоростта на подаване v_0 трябва да бъде равна на скоростта на материала в зоната между валаците v_m . Следователно, трябва да е спазено следното равенство:

$$(16) \quad v_0 = v_m$$

или

$$(17) \quad v_0 = \frac{v_{1e} + v_{2e}}{2}.$$

Диференциална (относителна) скорост v_k се нарича разликата между периферните скорости на валаците:

$$(18) \quad v_k = v_{1e} - v_{2e}.$$

Ако двата валака се въртят с еднаква периферна скорост, материалът, който преминава между тях, само ще се деформира, смачка и уплътни. Но целта е да се осигури и откъсващо-претриващо въздействие. Това се постига чрез придаването на различни периферни скорости на валаците.

Използвайки диференциала на скоростите k , последното уравнение може да се запише в следния вид:

$$(19) \quad v_k = v_{1e} - \frac{v_{1e}}{k}.$$

При по-голяма стойност на диференциала на скоростите k по-интензивно ще протича претриването на подавания материал. Но с увеличаването на диференциалната скорост v_k ще нараства и необходимата мощност P за това въздействие и то с квадрата на скоростта:

$$(20) \quad P = \frac{m'_e v_k^2}{2}.$$

По горната причина не е препоръчително използването на скорости с голяма разлика. От последните зависимости за скоростите, замествайки с равното на диференциала на скоростите k , следва, че:

$$(21) \quad k = \frac{L}{L - T_e}$$

$$\text{и (22)} \quad v_0 = \frac{kv_{2e} + v_{2e}}{2},$$

откъдето

$$(23) \quad v_{2e} = \frac{2v_0}{k + 1}.$$

В последното равенство, ако се замести k с неговото равно, се получава:

$$(24) \quad v_{2e} = \frac{2v_0(L - T_e)}{2L - T_e}.$$

А имайки предвид уравнение (15) и условието за захващане от валаците, окончателно за v_{2e} се получава:

$$(25) \quad v_{2e} \leq \frac{v_0 \left(\varphi D_e - \frac{T_e}{2} \right)}{\varphi D_e - T_e}.$$

По израз (25) може да се определи скоростта на бавния валак v_{2e} , а след това – скоростта на бързия валак v_{1e} .

4. Заключение

На основание на изложеното по-горе може да се формулират следните изводи:

1. Обосновани са подходящ метод и принципна схема на устройство за овършаване на сусам чрез смачкване на семенните кутийки и претриване.
2. Изведени са теоретични зависимости за основни конструктивни и кинематични параметри на устройството.
3. Изведените зависимости могат да се използват при проектирането и изработването на устройството за овършаване на сусам.

5. Литература

- [1] Колев Б., С. Ишпекков, С. Стаматов. Механизирано овършаване на семенни кутийки от сусам. – Селскостопанска техника, № 3, 2012
- [2] Тиц З. и др. Машини для послеуборочной поточной обработки семян. – Москва: Машиностроение, 2007
- [3] Georgiev S., S. Stamatov, M. Deshev. Requirements to Sesame (*Sesamum indicum*) Cultivars for Mechanized Harvesting. – Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol. 14, Numb. 6, 2008, pp. 616-620
- [4] Ishpekov S., P. Petrov etc. Indices for Picking Single Sesame Capsules. – Bulgarian Journal of Agricultural Science, Numb. 4, 2012

Изследванията са финансирани от Фонд „Научни изследвания“ към Министерство на образованието и науката по проект ДДВУ 02/88.