

UDK შაკ: 631:171

მარცვლეული კულტურების უკუქცევით-წინსვლითი ელექტრომაგნიტური
ვიბროდამხარისხებელი

გელა ჯავახიშვილი¹, ალექსანდრე დიდებულისძე²

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო,
²საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, თბილისი,
საქართველო,

Email: gela_java@yahoo.com; adidebulidze@yahoo.com.

სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში მნიშვნელოვანი პრობლემა მარცვლეულის სტაბილური და მზარდი წარმოებაა, რომლის მთავარ მიმართულებად მიიჩნევა მოსავლიანობის გაზრდა, სადაც წარმატების მიღწევა შეუძლებელია თანამედროვე ტექნოლოგიების, მექანიზაციის საშუალებების და მაღალხარისხიანი სათესი მასალის გამოყენების გარეშე, ამისათვის კი აუცილებელია მარცვლეულის ძნელადმოცილებადი სარეველების თესლისაგან და ისეთი მინარევებისაგან გაწმენდა, რომელთა ზომები მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით უახლოვდება მარცვლოვანი კულტურების თესლის ზომებს. მარცვლეულის გაწმენდის და დახარისხების ძირითადი დატვირთვა მოდის მარცვლეულის საწმენდ და დამხარისხებელ ცხაურიან მანქანა-დანადგარებზე. რადგან მოსავლის აღების შემდგომი გადამუშავების პერიოდი განსაკუთრებით დაძაბულია, ეს უფრო მაღალი მწარმოებლურობის და ხარისხის მქონე მარცვლეულის დამხარისხებლების შექმნის აუცილებლობას იწვევს.

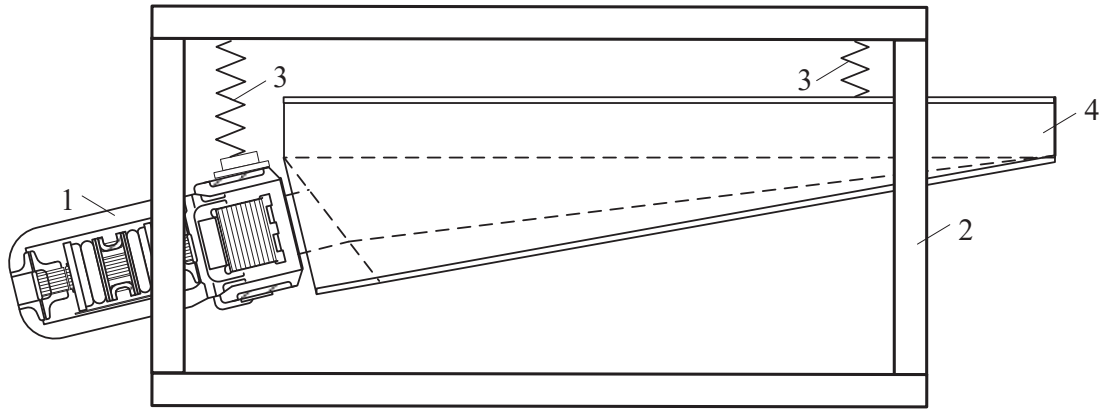
პირველი კლასის სათესი მასალის მიღება არსებულ მარცვალსაწმენდ დანადგარებზე არის ძვირადღირებული, ხანგრძლივი და მრავალჯერადი გატარებისას უკავშირდება დიდ დანაკარგებს. სათესი მასალის მომზადების ერთ-ერთ პერსპექტიულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს ვიბრაციული დახარისხება, რომლის შეაძლებლობები ძალზე ფართოა და ბოლომდე არ არის შესწავლილი. ვიბრაციული დამხარისხებლების უპირატესობები მდგომარეობს შემდეგში:

1. ვიბრაცია ზრდის სეპარირებად მასალაში ნაწილაკებს შორის შეჭიდულობის ძალას და მასალა იქცევა, როგორც სითხე („ვიბროდულილი“);
2. უმჯობესდება დახარისხების მაჩვენებლები;
3. კონსტრუქციის გამარტივების შედეგად იზრდება დანადგარის საიმედოობა;
4. შენობაზე რხევადი მუშა ორგანოების მიერ გადაცემული დინამური დატვირთვები მცირდება, რადგან ხდება მათი დემოფირება დრეკად საკიდარში;
5. უზრუნველყოფილია მუშა ორგანოს ცვალებადი ამპლიტუდით და სიხშირით რთული სივრცითი მოძრაობა.

ამ უკანასკნელი უპირატესობის რეალიზაცია ადვილდება სიხშირით მართვადი უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობის ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნების გამოყენებით, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია ვიბრაციის რაციონალური კინემატიკური რეჟიმის მიღწევა ყოველი ტექნოლოგიური პროცესისა და კონკრეტული მარცვლოვანი კულტურის სეპარაციისათვის.

ექსპლუატაციის პირობებიდან გამომდინარე, ვიბრაციული დამხარისხებელი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: ხანძრის და აფეთქების რისკის მინიმიზაცია, საიმედოობა, მაღალი მწარმოებლურობა, მარტივი კონსტრუქცია, მართვის, გაწყოებისა და ტექნიკური სერვისის სიადვილე.

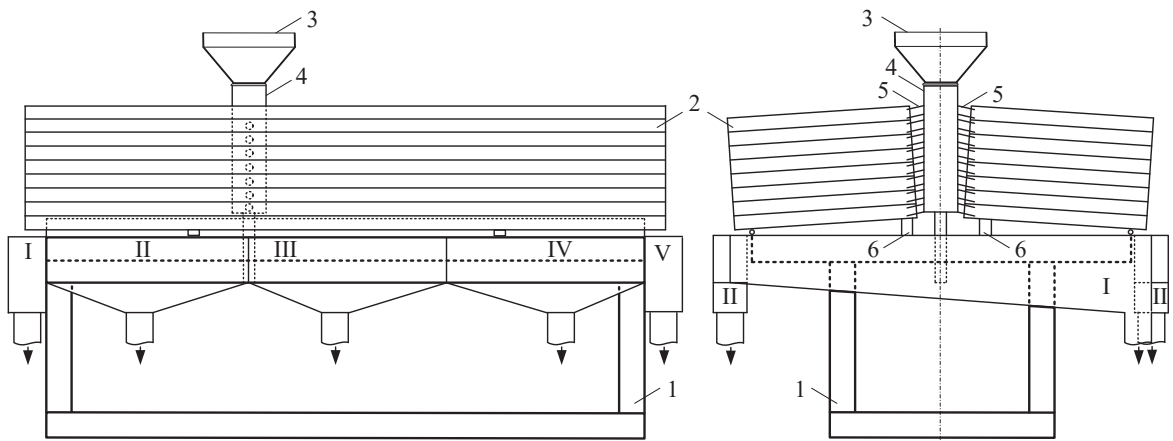
დასმული ამოცანებიდან გამომდინარე, აქტუალურია მაღალმწარმოებლური, მცირეგაბარიტიანი, ენერგოდამზოვი მარცვლეულის დამხარისხებლების შექმნა. ყოველივე ამის გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ დამუშავდა მარცვლეულის სათესი მასალის ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული დამხარისხებელი, რომლის ამძრავად გამოყენებულია ასევე ჩვენს მიერ დაპატენტებული რეზონანსული უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობის ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნები [1, 2]. მუშა ორგანოს რხევების ამპლიტუდისა და სიხშირის დიდ დიაპაზონებში რეგულირება უზრუნველყოფილია ნახევრადგამტარიანი სიხშირის გარდამქმნელით. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ამ უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობის ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებით აღჭურვილი საბაზისო დანადგარი, რომელიც ადაპტირებულია სასოფლო-სამეურნეო წარმოების სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესებთან, როგორცაა ძირხვენების რეცხვა, მარცვლეულის და ფხვიერი მასალების ტრანსპორტირება, დოზირება, ღვინომასალების დაძველება, რა მიმართულებითაც შესრულებული იქნა გარკვეული სამუშაოები [3, 4, 5, 6].



ნახ. 1. უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობის ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებით აღჭურვილი დანადგარი. 1 – ვიბროამგზნები; 2 – ჩარჩო; 3 - საკიდი დრეკადი სისტემა; 4 – ღარი.

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია მარცვლეული კულტურების სათესი მასალის დამხარისხებელი მოწყობილობის კონსტრუქციული სქემა. ეს მოწყობილობა დამონტაჟებულია ჩარჩოზე (ნახ. 2-1), რომელიც ხისტად მაგრდება უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობის ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებით აღჭურვილი დანადგარის ღარში (ნახ. 1-4), შესაბამისად ვლებულობთ მარცვლეული კულტურების სათესი მასალის დამხარისხებელ მანქანას, რომლის მუშა ორგანოს წარმოადგენს ფრიქციული არაპერფორირებული სეპარირებადი უხეში ზედაპირები (ნახ. 2-2) განივი (ნახ. 2-6) და გრძივი (ნახ. 1-3) დახრის კუთხის ცვლილების შესაძლებლობით.

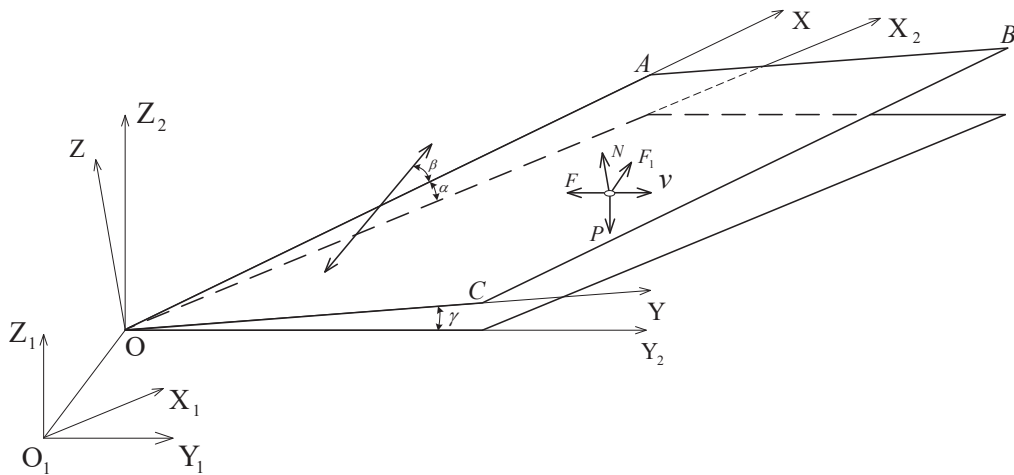
მანქანის მუშაობის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად: მას შემდეგ რაც ვიბროამგზნების (ნახ. 1-1) ცვლადი და მუდმივი დენის გრაფილებს მიეწოდება შესაბამისი ძაბვები, ვიბროამგზნებში აღძრული რხევების ზემოქმედებით საწყისი სათესი მასალა ბუნკერიდან (ნახ. 2-3) მკვებავი მოწყობილობის (ნახ. 2-4) და დრეკადი მილების (ნახ. 2-5) გავლით მიეწოდება მუშა ზედაპირებს (ნახ. 2-2), რომლებზეც ნარევის კომპონენტები ფიზიკური და მექანიკური მახასიათებლების მიხედვით გადაადგილდებიან განსხვავებული ტრაექტორიით და იყოფიან. დაყოფილი ფრაქციები იყრება შესაბამის სათავსოებში (ნახ. 2. - I, II, III, IV, V).



ნახ. 2. მარცვლეული კულტურების სათესი მასალის გამწმენდი მოწყობილობის კონსტრუქციული სქემა. 1 – ჩარჩო; 2 - ფრიქციული არაპერფორირებული სასეპარაციო ზედაპირები; 3 – ბუნკერი; 4 - მკვებავი მოწყობილობა; 5 - დრეკადი მილები; 6 –სასეპარაციო ზედაპირების განივი დახრის მექანიზმი; I, II, III, IV, V - ფრაქციების სათავსოები.

მარცვლეულის თესლის გაწმენდისა და დახარისხების ტექნოლოგიური პროცესის უმეტეს რეჟიმში, ვიბრაციული მანქანის მუშა ზედაპირ(ებ)ი ჰორიზონტის მიმართ დახრილია გრძივად და განივად. ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია ძალების

მოქმედების სქემა ნაწილაკზე, რომელიც მოთავსებულია ჰორიზონტის მიმართ α -კუთხით გრძივად და γ -კუთხით განივად დახრილ მუშა ზედაპირზე, რომლის მდებარეობა სივრცეში განისაზღვრება შემდეგი კოორდინატთა სისტემებით: $X_1Y_1Z_1$ – აბსოლიტური (უძრავი) კოორდინატთა სისტემა; XYZ – ფარდობითი (მოძრავი) კოორდინატთა სისტემა, რომლის XOY სიბრტყე ემთხვევა ვიბრაციული მანქანის ფრიქციულ მუშა ზედაპირს; $X_2Y_2Z_2$ – ფარდობითი (მოძრავი) კოორდინატთა სისტემა, რომლის ღერძები მოძრაობისას რჩებიან $X_1Y_1Z_1$ – აბსოლიტური კოორდინატთა სისტემის ღერძების პარალელური. (ღერძები X_1 და Y_2 განთავსებულია ჰორიზონტალურ სიბრტყეში). კოორდინატთა სისტემები $X_2Y_2Z_2$ და XYZ ხისტადაა დაკავშირებული ვიბრაციული მანქანის მუშა სიბრტყესთან. $OABC$ მუშა ზედაპირის მდებარეობა $X_2Y_2Z_2$ ფარდობით კოორდინატთა სისტემის მიმართ განისაზღვრება გრძივი α და განივი γ დახრის კუთხით.



ნახ. 3. ძალების მოქმედების სქემა ნაწილაკზე, რომელიც მოთავსებულია ჰორიზონტის მიმართ α -კუთხით გრძივად და γ -კუთხით განივად დახრილ მუშა ზედაპირზე.

ვიბროამგზნების ამგზნები ძალის ვექტორი განთავსებულია სიბრტყეში, რომელიც პარალელურია XOZ_2 სიბრტყეს, ამასთან მუშა ზედაპირისა და XOZ_2 სიბრტყის გადაკვეთის ხაზთან ქმნის რხევების მიმართულების β კუთხეს. ნაწილაკის ფარდობითი მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებებს ექნება შემდეგი სახე [7, 8]:

$$\begin{cases} m\ddot{X} = F_X + F_{1X} + F_{2X} \\ m\ddot{Y} = F_Y + F_{1Y} + F_{2Y} \\ m\ddot{Z} = F_Z + F_{1Z} + F_{2Z} \end{cases} \quad (1)$$

სადაც, m - ნაწილაკის მასაა, \ddot{X} , \ddot{Y} და \ddot{Z} - ფარდობითი აჩქარებების პროექციები, F_X , F_Y , F_Z - ნაწილაკზე მოქმედი გარე ძალების პროექციები, F_{1X} , F_{1Y} , F_{1Z} - ინერციის გადამტანი ძალის პროექციები და F_{2X} , F_{2Y} , F_{2Z} - ინერციის კორიოლისის ძალის პროექციები შესაბამისად X , Y და Z ღერძებზე.

ნაწილაკზე მოქმედებს შემდეგი გარე ძალები: სიმძიმის ძალა - $P = mg$, N - ნორმალური რეაქცია, ხახუნის ძალა - $F = fN$. აქ g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, ხოლო f - სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი.

ნაწილაკზე მოქმედი ინერციის გადამტანი ძალა ტოლია

$$F_1 = -mA\omega^2 \sin \omega t,$$

სადაც A, ω - შესაბამისად მუშა ორგანოს გადაადგილების ამპლიტუდა და კუთხური სიხშირეა, t - დრო. ინერციის კორიოლისის ძალა $F_2 = 0$, რადგან მუშა სიბრტყე

ასრულებს უკუქცევით-წინსვლით მოძრაობას. გამოსახულება (1)-ში შემავალი სიდიდეების ჩასმით და სათანადო გარდაქმნით მივიღებთ:

$$\begin{cases} m\ddot{X} = mg \tan \alpha \cos \gamma \cos \delta + mA\omega^2 \left\{ \cos \delta \left[\tan \alpha \cos \gamma \sin(\alpha + \beta) + \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \gamma} \right] \right\} \cdot \\ \quad \cdot \sin \omega t - fN \frac{\dot{X}}{\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2}} \\ m\ddot{Y} = mg \sin \gamma - mA\omega^2 \sin(\alpha + \beta) \sin \gamma \sin \omega t - fN \frac{\dot{Y}}{\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2}} \\ m\ddot{Z} = -mg \cos \delta + mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t + N, \end{cases} \quad (2)$$

სადაც: $\delta = \arccos \frac{\cos \alpha \cos \gamma}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha \cos^2 \gamma}}$ - უდიდესი დახრის კუთხეა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაწილაკი განცალკევების გარეშე მოძრაობს ($Z = 0$, $\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2} \neq 0$), ნორმალური წნევა ზედაპირზე იქნება:

$$N(t) = mg \cos \delta - mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t. \quad (3)$$

გამოსახულება (3)-ის გათვალისწინებით, ნაწილაკის ფარდობითი მოძრაობის განტოლებათა სისტემა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\begin{cases} m\ddot{X} = mg \tan \alpha \cos \gamma \cos \delta + mA\omega^2 \left\{ \cos \delta \left[\tan \alpha \cos \gamma \sin(\alpha + \beta) + \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \gamma} \right] \right\} \sin \omega t - \\ \quad - f \left(mg \cos \delta - mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t \right) \frac{\dot{X}}{\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2}} \\ m\ddot{Y} = mg \sin \gamma - mA\omega^2 \sin(\alpha + \beta) \sin \gamma \sin \omega t - f \left(mg \cos \delta - mA\omega^2 \frac{\cos \delta \sin \beta}{\cos \alpha} \sin \omega t \right) \cdot \\ \quad \cdot \frac{\dot{Y}}{\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2}} \end{cases} \quad (4)$$

ნაწილაკი რჩება ზედაპირზე უძრავ მდგომარეობაში ($Z = 0$, $\sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2} = 0$), როდესაც

$$\sqrt{(F_X^0)^2 + (F_Y^0)^2} < f_1 N, \quad (5)$$

სადაც: f_1 - უძრავობის ხახუნის კოეფიციენტი, F_X^0 და F_Y^0 - უძრავი ნაწილაკის მშრალი ხახუნის ძალის პროექციები, რომლებიც შეიძლება მიღებული იქნეს ნაწილაკის ზედაპირზე წონასწორობის პირობიდან:

$$F_X^0 = m \left\{ -g \tan \alpha \cos \gamma \cos \delta + A\omega^2 \left[\cos \delta \left(\tan \alpha \cos \gamma \sin(\alpha + \beta) + \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \gamma} \right) \right] \sin \omega t \right\} \quad (6)$$

$$F_Y^0 = m [g \sin \gamma - A\omega^2 \sin(\alpha + \beta) \sin \gamma \sin \omega t] . \quad (7)$$

ნაწილაკი შეიძლება დარჩეს ზედაპირზე, თუ სრულდება პირობა $N(t) > 0$, ე.ი.

$$\frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} = w_0^* \leq 1; \quad (8)$$

სადაც: w_0^* -არის გადატვირთვის პარამეტრი, ე.ი. ინერციის ძალის განივი მდგენელის ამპლიტუდის დამოკიდებულება სიმძიმის ძალის განივი მდგენელის ამპლიტუდაზე.

თუ (8) გამოსახულების პირობა არ სრულდება, მაშინ დროის გარკვეულ მომენტში (3)-ით განსაზღვრული ნორმალური რეაქცია გაუტოლდება ნოლს და ნაწილაკი მოსწყდება ვიბრირებად ზედაპირს. ნაწილაკის ფრენის აღმწერი გამოსახულება მიიღება (2)-ში $F_X = F_Y = N = 0$ მნიშვნელობის ჩასმით. ნაწილაკის სიჩქარის რხევად ზედაპირზე და მის მართობზე პროექციებს შორის კავშირი ნაწილაკის ზედაპირზე დარტყმამდე და მის შემდეგ განისაზღვრება (2) - (4) ფორმულებით.

მარცვლეული კულტურების სათესი მასალის გამწმენდ-დამხარისხებელი მანქანის ვიბროამგზნების ელექტრული ნაწილის ანგარიში და სისშირის რეგულირების საკითხი შესრულებულია ჩვენს შრომებში [1, 2].

ლიტერატურა.

1. ა. დიდებულიძე, რ. ქსოვრელი, გ. ჯავახიშვილი, კ. მაჭავარიანი. ფხვიერი მასალების ტრანსპორტირება ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მკვებავის გამოყენებით. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ. 1, საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი, 1997. - გვ. 173–190.
2. რ. ქსოვრელი, გ. ჯავახიშვილი, ე. მიდელაშვილი, ნ. ქსოვრელი. ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნები. საქართველოს პატენტი № 3108, გამოქვეყნების ბიულეტენი № 20, 27.10.2002.
3. ა. დიდებულიძე, რ. ქსოვრელი, გ. ჯავახიშვილი, კ. მაჭავარიანი. ფხვიერი საკვების დოზირება ერთფაზიანი ელექტრომაგნიტური ვიბროამძრავის გამოყენებით. კრებული: “სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი საქართველოს აგროსამრეწველო სექტორის საინჟინრო სფეროში”, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, თბილისი, 1999. - გვ. 171-175.
4. ა. დიდებულიძე, რ. ქსოვრელი, გ. ჯავახიშვილი, კ. მაჭავარიანი. ორტაქტა ელექტრომაგნიტური ვიბრატორი. საქართველოს რესპუბლიკის საპატენტო სიგელი №114, გამოქვეყნების ბიულეტენი №2, 26.12.1994.
5. Г. Джавахишвили. Вибрационная очистка корнеплодов. Аграрная наука. Ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал, #12, Москва, 2005. - стр. 26.
6. Г. Джавахишвили. Электромагнитные виброустановки в виноделии. Международный сельскохозяйственный журнал, # 1, Москва, 2006. - стр. 50-51.
7. П. М. Заика, Вибрационные семяочистительные машины и устройства. Москва: МИИСП, 1981. – 141 с.
8. O. Lanets and others. Synthesis of Structure and Research of Operation of Resonance two-mass Vibrating Table with Electromagnetic Drive. Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Material Science, Vol. 1, No. 1, 2015. – pages 10 – 33.

GRAIN SEED SORTER WITH RECIPROCAL ELECTROMAGNETIC VIBRATING DRIVE

Gela Javakhishvili¹, Alexandre Didebulidze²

¹Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia;

²Georgian Academy of Agricultural Sciences, Tbilisi, Georgia.

Summary

Significant problem in ensuring food security is expanding grain production, the main direction of which is considered to be yield increase, where success cannot be achieved without using high quality seeds and for that it is necessary to remove hardened weed seeds and such impurities the size of which by morphological features approximates to grain seed size and here main load comes on grain sorting machines. Since the post-harvest processing period is especially tense it leads to necessity to create more productive and quality grain sorters.

One of the prospective technologies to prepare seeds is vibrating sorting which has the following advantages:

1. Vibration increases blending strength between particles in separation material and material becomes as liquid (“Vibrating boiling”);
2. Sorting indicators are improved;
3. Reliability of machinery is increased due to simplicity of design;

4. Dynamic loads transmitted by vibrating working parts on building is decreased due to their damping in an elastic hanger;
5. A complex spatial movement of grate with variable amplitude and frequency is ensured.

The latter advantage can be ensured by use of frequency controlled reciprocal electromagnetic vibration exciter through which it is possible to achieve a rational kinetic mode of vibration for each technological process and separation of a particular grain culture. The vibrosorter should meet the following requirements: fire and explosion safety, high reliability, high performance, ease of operation and maintenance.

Based on the results achieved and the existing tasks it is important to create a highly productive, small-scale and energy-saving electromagnetic vibrating grain sorter. With all these in mind it was designed a grain electromagnetic vibrating sorter for which as a drive is used a resonance electromagnetic vibration exciter patented by us. Adjustment of vibration amplitude and wide range of frequencies of working parts is provided by frequency converter.