

## Изследване на разделителните възможности на устройство за пасивно сортиране на картофи

Юрий Енакиев, Иван Мортев, Георги Костадинов

**Research of the Dividing Opportunities of a Device for Passive Sorting of Potatoes:** The device is developed for passive sorting of potatoes and is intended for work in farms with a size of up to 10 ha. The impact of the design parameters of the device on its dividing opportunities is investigated.

The optimum values of the adjustable factors are determined: a tilt angle of the sorting grid, the flatness of the grid and the height of the soothing barriers for obtaining the maximum accuracy when sorting.

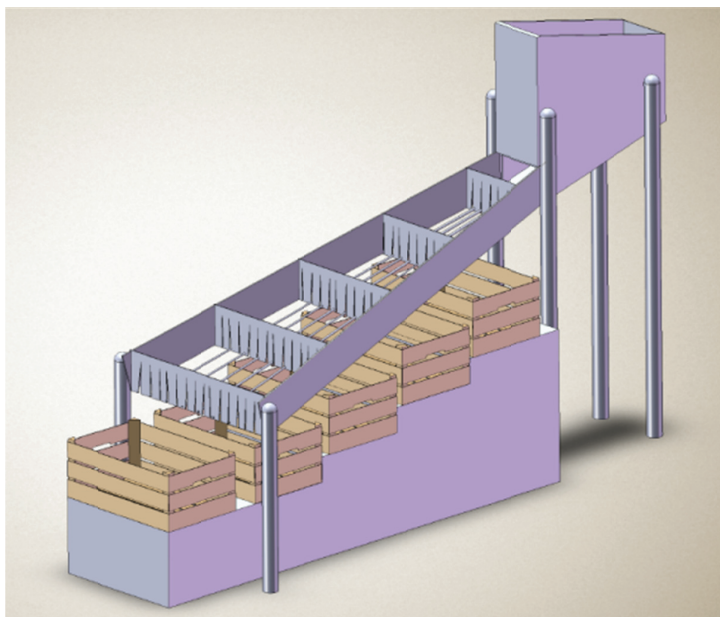
The offered device and method can also be used for sorting other fruits and vegetables having an oval form. The method allows to separate several fractions according to the needs and requirements of the market.

**Key words:** Potatoes, sorting, device, passive separation, dividing opportunity.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Засетите площи от картофи в България, по данни на отдел „Агростатистика“ към МЗХ, за 2012 година са 17 282 ha. При това са произведени над 150 000 тона картофи [1].

Производството на картофи в нашата страна основно е съсредоточено в малки стопанства до 10 ha [3,4,6]. Поради това е икономически неизгодно те да бъдат оборудвани със скъпи високопроизводителни сортировъчни линии [2,7,8], които за да отговорят на изискванията на нормативите за качество на плодове и зеленчуци [5], трябва да са съоръжени с електронен контрол. В този смисъл условията налагат необходимостта от обосноваването и разработването на технология и техническо средство за пасивно сортиране на картофи с възможност за разделяне по фракции.



Фиг. 1. Общ вид на устройството за пасивно сортиране на картофи

В тази връзка е конструиран моделен образец, с който може да се проведат планирани експерименти и да се определят основните параметри, които осигуряват максимална точност на разделяне на клубените през сортиращото устройство.

### ЦЕЛ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта е изследване влиянието на конструктивните параметри върху разделителните възможности на устройство за пасивно сортиране на картофи.

Анализът на априорната информация, натрупаният опит и резултатите от предварителните изследвания дават основание да се възприемат следните управляеми фактори:

- $X_1$  – ъгъл на надлъжния наклон на решетката, °;
- $X_2$  – равнинност на решетката, *mm*;
- $X_3$  – височина на еластичните успокоителни прегради, *mm*.

Факторът  $X_1$  се променя като се повдига горния край на решетката, а долния край е закрепен шарнирно към рамата. Височината на долния край е определена от необходимостта да се постави съд със стандартна височина и осигуряване на по-добри условия за работа на оператора. Факторът  $X_2$  се променя като се повдигат тръбите от тръбната решетка през една. По този начин картофът се търкаля върху една от тръбите, а другата го придържа от едната му страна. Факторът  $X_3$  се променя като се повдигат преградите, които позволяват плодовете по-лесно да преминават под тях.

За оценка качеството на работа на устройството за пасивно сортиране на картофи е използван параметърът  $Y_1$  – точност на разделяне по фракции, %. Неговата стойност се изчислява по формулата:

$$Y_1 = [1 - (N_N/N_O)].100, \quad (1)$$

където  $N_N$  е броят на плодовете, които са попаднали в съответната фракция, но според техните размери не принадлежат към фракцията;

$N_O$  – общият брой плодове.

Оптимизирането на процеса е извършено като е търсена максимална степен на разделяне на клубените по фракции. Опитите са проведени по план  $V_3$  в трикратна повтораемост.

За изследването е използван експериментален модел на устройството за пасивно сортиране на сферични плодове и зеленчуци, конструирано в ИПАЗР „Никола Пушкарров“ – София (фиг.1). Той се състои от: бункер за изсипване на картофите и тръбна решетка, която е съставена от тръби, захванати към рамата. Единият край на решетката има възможност да променя положението си по височина. Това позволява да се реализира променлив ъгъл на наклона, по който картофите, подлежащи на сортиране се търкалят под действие на собствената си маса. Над решетката са монтирани успокоителни прегради с цел да се намалява скоростта на търкаляне на картофите. Те също имат възможност за промяна на височината си спрямо тръбната решетка.

Процесът на сортиране протича в следната последователност. Картофите от бункера под действие на гравитационните сили се търкалят върху тръбната решетка, която е с променливо нарастващо разстояние между тръбите. Когато клубенът достигне разстояние, което съответства на неговите размери, той пада под въздействието на собственото си тегло в съдовете, разположени непосредствено под решетката. Възможно е да се формират различен брой фракции с различна големина, като интервала е от 30 до 75 *mm*. Картофите, които са по-големи от 75 *mm*, се събират в отделна фракция.

В настоящото изследване този интервал за сортиране е разделен на четири участъка (фиг. 1). Първи участък от 30 до 41 *mm*. Втори участък от 42 до 52 *mm*.

Трети участък от 53 до 63 mm. Четвърти участък от 64 до 75 mm и следващия, извън решетката над 75 mm.

Вследствие на наклона на решетката е възможно някои от картофите да получат скорост на движение по-голяма от необходимата и да попаднат в следващата фракция, която не съответства на техните размери. Това наложи поставянето на еластични успокоителни прегради, които да намалят тази скорост на движение.

За провеждане на опитите са използвани картофи от сорт *Агрис*. Избрани са над 150 картофа за изпълнение на статистическото условие за голяма по обем извадка. Измерени са диаметъра, височината, ширината и масата на всеки картоф и на него е поставена бележка с номер, съответстващ на отчетените данни за него (фиг. 2).



Фиг.2. Маркирани картофи, подготвени за експериментално сортиране

От фигурата се виждат големи различия между минималния и максималния размер. Диаметърът на измерените картофи варира от 23 до 115 mm, височината от 19 до 62 mm, ширината от 20 до 70 mm и масата от 6 до 186 g.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В резултат на предварителни опити и анализа на изследваните обекти, избрани брой фактори и нивата на тяхното вариране е съставена работна матрица на плана на експеримента, в която са включени натуралните и кодирани стойности на факторите (таблица 1).

Таблица 1.

Матрица на експеримента, съставена от натурални и кодирани стойности на факторите

Характеристика	Натурални стойности			Кодирани стойности		
	$\alpha, ^\circ$	$\delta, mm$	$h, mm$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Лява (долна) граница на изменение	10	0	0	-1,49	-1,00	-1,00
Дясна (горна) граница на изменение	40	50	100	3,44	1,50	4,00
Интервал на изменение на фактора	30	50	100	1,80	1,50	4,00
Долно ниво	13	0	0	-1,00	-1,00	-1,00
Основно ниво	19	20	20	0,00	0,00	0,00
Горно ниво	25	40	40	1,00	1,00	1,00
Интервал на вариране	6	20	20	1,00	1,00	1,00

Проведен е активен трифакторен експеримент. Резултатите за изследвания параметър  $Y_1$  са обработени с програма *STATISTICA-8* за получаването на математичен модел по методите на регресионния анализ.

След проверка на значимостта на коефициентите и изключване на незначимите се получава уравнението:

$$Y_1 = 65,66 - 15,99 X_1 - 9,22 X_2 - 5,25 X_1^2 + 6,58 X_2^2 - 12,84 X_3^2 \quad (2)$$

където  $X_1, X_2, X_3$  са кодираните стойности на управляемите фактори.

Регресионният модел е адекватен. Коефициентът на определеност е  $R^2 = 0,897$ , което показва, че 89,7% от изменението на изследвания параметър е повлияно от управляемите фактори. Получените изчислени стойности за критерия на Фишер са  $F(9,32) = 30,91$ , при вероятност  $p = 0,000 < 0,05$ . Това показва, че моделът описва значителна част от изменението на параметъра.

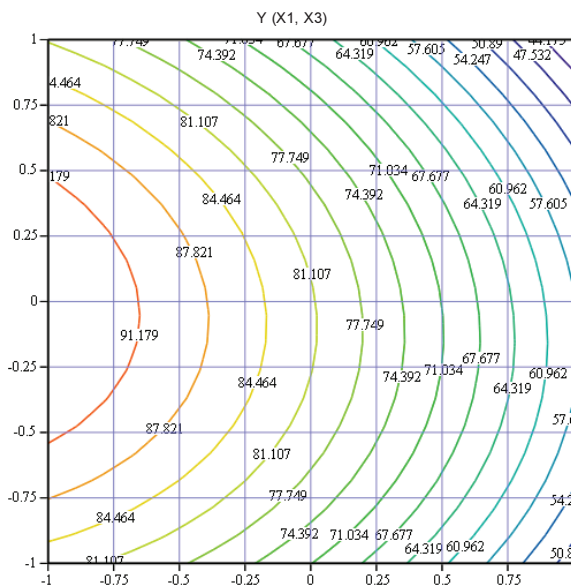
Оптимизацията е извършена с помощта на разработена за целта програма в среда *Mathcad*. Получените оптимални стойности на кодираните и натурални стойности на факторите са представени в таблица 2.

Таблица 2

*Кодираны и натуралны оптимизирани стойности на факторите*

Параметър	Кодираны стойности			Натуралны стойности		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\alpha, ^\circ$	$\delta, mm$	$h, mm$
$Y_1 = 94,54$	-1	-1	- 0,032	13	0	19,36

Чрез повърхнините на отклика на *фиг. 3* е показано съвместното влияние на ъгълът на надлъжния наклон на решетката  $X_1$  и височината на еластичните успокоителни прегради  $X_3$  върху точността на разделяне по фракции  $Y_1$  (%).



Фиг. 3. Влияние на ъгълът на надлъжния наклон на решетката  $X_1$  и височината на еластичните успокоителни прегради  $X_3$  върху точността на разделяне по фракции  $Y_1$  (%)

С увеличаване на надлъжния наклон на решетката  $X_1$  точността на разделяне по фракции  $Y_1$  намалява. Това се дължи на факта, че с увеличаване на наклона на решетката, нараства скоростта на движение на картофите по наклонената решетка. В резултат картофите с по-малък размер прескачат фракцията, която отговаря на техните размери и попадат в следваща. Това води до влошаване на точността на разделяне по фракции  $Y_1$ .

С увеличаване на височината на еластичните успокоителни прегради  $X_3$  точността на разделяне по фракции  $Y_1$  се увеличава до основното ниво, а после нама-

лява. Когато височината на успокоителните прегради е на долно ниво, някои от картофите не успяват да преминат и се натрупват пред преградата. Когато височината на преградите е на горно ниво, картофите преминават практически без да се намали скоростта им на движение. Тези два ефекта се избягват когато фактора  $X_3$  е на основно ниво, при което процесът на сортиране протича оптимално.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното изследване дава основание да се направят следните изводи:

1. Поради това, че производството на картофи в нашата страна основно е съсредоточено в малки стопанства до 10 ha се налага необходимостта от обосноваването и разработването на устройство за пасивно сортиране на картофи с възможност за разделяне по фракции.

2. Максималната стойност на оптимизационния параметър  $Y_1$  – точност на разделяне по фракции – 94,54% се получава при долно ниво на факторите  $X_1$  – ъгъл на надлъжния наклон на решетката  $13^\circ$  и  $X_2$  – равна повърхност на сортиращата решетка. Факторът  $X_3$  – височина на еластичните прегради е необходимо да бъде близко до основно ниво 19,36 mm.

3. Разделянето на картофи по фракции с устройството за пасивно сортиране трябва да се прилага съвместно с ръчен контрол тъй като в нормативите за качество на плодове и зеленчуци са предвидени изисквания, свързани със заразеност от болести, неприятели, повреди и други, които не могат да бъдат отделени от предлаганото устройство.

4. Предложеното устройство и метод може да се използва за сортиране и на други плодове и зеленчуци с овална форма. Методът дава възможност да се разделят няколко фракции според нуждите и изискванията на пазара.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аграрен доклад 2013 година на МЗХ, отдел „Агростатистика“.
- [2] Диденко, Н. Ф., В. А. Хвостов, В. П. Медведев. Машины для уборки овощей. Москва. 1973, стр. 267.
- [3] Мортев Ив., Г. Костадинов, К. Стефанов, Л. Матеев, Ел. Димитрова. Методи и средства за сортиране на плодове и зеленчуци. Селскостопанска техника, № 3/2012, 25-34.
- [4] Мортев Ив., Г. Костадинов, К. Стефанов, Л. Матеев, Т. Пеняшки, Ел. Димитрова. Изследване на възможностите на наклонена решетка за сортиране на ябълки. Селскостопанска техника, Година L, №2/2013, 30-33.
- [5] НАРЕДБА № 108 от 12.09.2006 г. за изискванията за качество и контрола за съответствие на пресни плодове и зеленчуци. Приложение №2 към чл.8, Издадена от министъра на земеделието и горите, обн., ДВ, бр. 84 от 17.10.2006 г.
- [6] Стефанов К., Изследване на садачен апарат за рътени картофи. Дисертация, София, 2002.
- [7] Sofu Mehmet Mahir, Kaycan Mehmet Cengiz, Full Automatic Apple Selection Machine Design and Manufacturing. Soil-Water Journal. Number 2(1), Vol 2, 2013.
- [8] Tabatabaekoloor Reza, Hashemi Jafar, Development and evaluation of a Citrus Sorting Machine with Rotary Semi-conical Disc. Journal of Agricultural Machinery Science. № 4, 2008, 371-374.

### За контакти:

гл.ас. д-р инж. Иван Мортев, „Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията“, тел.: 0896864795, e-mail: ivan\_mortev@abv.bg

Докладът е рецензиран.