

**Закключение.** 1. Линия обеспечивает повышение производительности труда в 2,5–3,2 раз по сравнению с ручным трудом. 2. Годовой приведенный экономический эффект от применения линии составляет 97175,92 руб., а срок окупаемости – 4,59 года.

#### **Список использованной литературы**

1. Измайлов, А.Ю. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Международной научно-технической конференции. – М.: ВИМ, 2015. – С. 10–14.

2. Бычков, В.В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для механизации садоводства [Текст] / В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало, И.А. Успенский // Садоводство и виноградарство. – 2009. – №6. – С. 38–42.

3. Инновационные технические средства для садоводства [Текст] / В.В. Бычков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2010. – № 4. С. 68–72.

УДК 631.331.022

### **ОБОСНОВАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ПЛОДОВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СОРТИРОВКЕ**

**А.Н. Юрин<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией,  
**В.К. Клыбик<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией,  
**А.В. Захаров<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доцент, **А.Н. Юрина<sup>3</sup>**, инженер

<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

<sup>3</sup>РУП «БелГИМ», г. Минск, Республика Беларусь.

*anton-jurin@rambler.ru*

*Аннотация.* В данной статье приведен анализ способов разделения потока плодов при сортировке системой технического зрения.

*Abstract.* This article provides an analysis of the methods for separating the flow of fruits during sorting by a vision system.

*Ключевые слова:* плоды, поток плодов, разделение потока, схема работы, поток плодов, траектория движения.

*Key words:* fruits, fruit flow, flow division, scheme of work, fruit flow, movement trajectory.

**Введение.** Повышение производительности труда при сортировке плодов семечковых культур возможно с помощью оптических сортировочных устройств с системой технического зрения [1-2], технологический процесс которых состоит из формирования потока,

классификации и механического разделения на сорта. При этом параметры делителя потока плодов, определяют производительность труда и точность сортирования плодов. Поэтому обоснование параметров устройства для разделения потока плодов является актуальной задачей.

**Основная часть.** Исходное положение плодов перед разделением их на классы можно записать в виде вектор-столбца математического ожидания координат траекторий центров плодов:

$$M_p = \begin{bmatrix} \bar{m}_x \\ \bar{m}_y \\ \bar{m}_z \end{bmatrix},$$

где  $\bar{m}_x, \bar{m}_y, \bar{m}_z$  – математическое ожидание координат траекторий движения в трех измерениях:  $X, Y, Z$ .

Поскольку плоды имеют вероятностные геометрические характеристики, траектории движения центров плодов будут иметь разброс, характеризуемый ковариационной матрицей:

$$\sum_p = \begin{bmatrix} \sigma_{xx}^2 & \sigma_{xy}^2 & \sigma_{xz}^2 \\ \sigma_{yx}^2 & \sigma_{yy}^2 & \sigma_{yz}^2 \\ \sigma_{zx}^2 & \sigma_{zy}^2 & \sigma_{zz}^2 \end{bmatrix}.$$

В общем случае задача разделения потоков заключается в перемещении пространственных координат классов один относительно другого в физическом пространстве.

Важнейшими критериями качества разделения классов служат вероятность ошибки при выделении каждого класса в трехмерном физическом пространстве, а также средняя ошибка разделения классов, определяемая как взвешенная сумма ошибок выделения каждого класса. При разделении классов используем показатель качества разделения классов яблок – процент правильно выделенных объектов по всем классам, а также для каждого класса в отдельности. Вероятность ошибки может быть вычислена с использованием обучающей выборки:

$$P_{\text{ош}} = 1 - \sum_{i=1}^{A_n} \int \int \int p \left( x, y, \frac{z}{A_i} \right) P(A_i) dx dy dz,$$

где  $p \left( x, y, \frac{z}{A_i} \right)$  – плотность распределения вероятностей вектора  $X, Y, Z$  при условии, что они принадлежат  $A_i$ ;  $P(A_i)$  – априорная вероятность наличия класса  $A_i$  в исходном массиве плодов.

Вероятность ошибки работы исполнительного механизма зависит от разделяемых потоков плодов и типа потока. Для этого про-

цесса необходимы характеристики: координаты в пространстве в момент вхождения в зону действия исполнительного механизма, время вхождения, скорость, траектория, расстояние от соседнего плода, размер и форма плода, ориентация, масса. Их можно разделить на физические и пространственные. Первая группа характеристик задается, вторая – зависит от типа потока.

При сортировке яблок в соответствии с требованиями СТБ 2288 [3] необходимо разделение плодов на четыре сорта (высший, первый, второй, бес сортовой). Поэтому рациональным является применение нескольких устройств, осуществляющие сброс плодов соответствующих сортов на выводные транспортеры. Схема работы устройств приведена в таблице 1. Так 0 соответствует отсутствию управляющего сигнала на механизм; 1 – управляющий сигнал на механизм подан.

Из таблицы видно, что до момента достижения транспортера с плодами четвертого исполнительного механизма плоды высшего, первого и второго сортов будут уже отделены от общего потока и все оставшиеся плоды будут соответствовать бес сортовым яблокам, в связи с чем отпадает необходимость в использовании четвертого исполнительного механизма.

Таблица 1. Схема работы исполнительного механизма

Номер исполнительного механизма	Сорт плода			
	высший	первый	второй	без сортовой (Б/С)
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Экспериментальным путем установлена зависимость времени начала и конца подачи управляющего сигнала на соленоид сбрасывателя яблок в зависимости от скорости движения конвейера:

$$\begin{cases} N_i^{\text{вкл}} = P_j + \frac{K_1 L - V(t_{\text{обр}} + t_{\text{ср}})}{K_2}; \\ N_i^{\text{выкл}} = N_i^{\text{вкл}} + \frac{V t_{\text{откл}}}{K_2}. \end{cases}$$

где  $i$  – номер яблока;  $P_j$  – расстояние в импульсах до  $j$ -го сбрасывателя;  $K_1, K_2$  – коэффициенты;  $L$  – расстояние от центра яблока до края кадра;  $V$  – скорость конвейера;  $t_{\text{обр}}$  – время обработки кадра  $i$ -го

яблока;  $t_{ср}$  – время срабатывания механизма сброса;  $t_{откл}$  – время удерживания механизма сброса.

Испытания линии показали, что она данная зависимость позволяет осуществлять сброс яблок с вероятностью 99,8 %.

**Заключение.** 1. Обоснована схема работы устройства для разделения потока плодов при автоматизированной сортировке на четыре сорта. 2. Установлена зависимость времени начала и конца подачи управляющего сигнала на соленоиды разделения потока, обеспечивающая точность срабатывания 99,8 %.

#### **Список использованных источников**

1. Гурьянов, Д. В. Распознавание качества плодов / Д.В. Гурьянов // Робототехника в с.-х. технологиях : сб. ст. / Мичур. гос. аграр. ун-т. – Мичуринск, 2014. – С. 177–182.
2. Личман, Г.И. Применение систем технического зрения в машинных технологиях в садоводстве / Г.И. Личман [и др.] // Техника и оборудование для села. 2017. – № 6. – С. 10–17.
3. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия: СТБ 2288-2012. – Введ. 08.11.12. – Минск : Госстандарт Белорус. гос. ин-т стандартизации.

УДК 631.531.011.3:53

### **ПРОИЗВОДСТВО ЭЛИТНЫХ СЕМЯН В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА**

**Е.А. Городецкая<sup>1</sup>, Ю.К. Городецкий, Е.Т. Титова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

<sup>2</sup>Национальная академия наук Республики Беларусь,

г. Минск, Республика Беларусь

helgorod2003@mail.ru

*Аннотация:* предложено применение диэлектрической сепарации как метода получения семян высшей категории, т.к. их очистка на механических ситах становится все более неэффективной. Одновременно этот способ позволяет снизить импорт семян и нагрузку на высевающие агрегаты.

*Abstract:* the use of dielectric separation as a method for obtaining seeds of the highest category was proposed, because cleaning seeds on mechanical sieves is becoming more and more inefficient. At the same time, this method allows to reduce the import seeds and load on the sowing units.

*Ключевые слова:* качество семян, чистота, всхожесть, энергия прорастания, нативные семена, диэлектрическая сепарация, Республика Беларусь, экологизация растениеводства, снижение нагрузки на высевающие аппараты, продовольственная независимость.