

мени обслуживающему персоналу потребуется не более 1–2 регулировок высоты расположения площадок в сезон. Таким образом, регулировку можно выполнить механической и дискретной с равным шагом.

### Заключение

1. Ширина плодуборочного агрегата должна быть переменной и составлять от 2,3 до 3,4 м.
2. Сборщики плодов на агрегате должны быть размещены на трех ярусах.
3. Высота первого яруса должна составлять 0,6–1,9 м, второго – 1,9–3,2 м; третьего – 3,2–4,5 м.
4. Диапазон изменения высоты положения площадки второго яруса должен составлять 0,9 м, третьего – 1,4 м.

### Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Мн., 2013. – 364 с.
2. Юрин, А. Н. Перспективы развития садоводства в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / А. Н. Юрин // Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/perspektivu-razvitiya-sadovodstva-v-respublike-belarus/>. – Дата доступа: 30.04.2018.
3. Юрин, А. Механизация трудоемких процессов в садоводстве [Электронный ресурс] / А. Юрин, Д. Жданко // Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/mehanizatsiya-trudoemkih-protsesov-v-sadovodstve/>. – Дата доступа: 30.04.2018.
4. Юрин, А. Н. Агрегат для уборки плодов и обрезки деревьев в садах / А. Н. Юрин, А. А. Лях // Сельскохозяйственная научно-техническая и рыночная информация. – 2013. – № 8. – С. 39–43.
5. Юрин, А. Н. Агрегат самоходный универсальный АСУ-6 для уборки плодов и обрезки деревьев в садах интенсивного типа / А. Н. Юрин [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: в 2 т. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 218–224.

УДК 631.362:634.10

Поступила в редакцию 24.10.2022

Received 24.10.2022

**А. Н. Юрин**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ТРЕКИНГА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЛОДОВ ДЛЯ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ И СОРТИРОВКИ

*Аннотация.* В данной статье описан процесс создания алгоритма трекинга изображения яблок для их отслеживания при оптической сортировке посредством системы технического зрения.

*Ключевые слова:* алгоритм, трекинг, яблоки, цвет, достоверность, классификация, сортировка.

**A. N. Yurin**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

### DEVELOPMENT OF A FRUIT IMAGE TRACKING ALGORITHM FOR THEIR CLASSIFICATION AND SORTING

*Abstract.* This article describes the process of creating an algorithm for tracking the image of apples for tracking them during optical sorting using a vision system.

*Keywords:* algorithm, tracking, apples, color, reliability, classification, sorting.

## Введение

Завершающим этапом предреализационной подготовки плодов является их сортировка [1–8]. Особенно важно это для яблок. Сортировка осуществляется в соответствии с СТБ 2288-2012 «Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия» по размеру и наличию дефектов от механических повреждений, болезней и вредителей.

В настоящее время существуют системы, предназначенные для съема оптической информации с поверхности плодов для их последующей классификации и сортировки. Они получили название системы технического зрения (далее – СТЗ). Такие СТЗ позволяют значительно повысить производительность труда при сортировке и повысить качество осуществления операции.

Таким образом, обоснование параметров СТЗ и алгоритма ее работы является важной агроинженерной работой.

## Основная часть

В 2019 году РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана технологическая линия сортировки и фасовки яблок ЛСП-4, предназначенная для сортировки яблок посредством СТЗ.

При работе СТЗ линии ЛСП-4 плод, транспортируемый по конвейеру, на определенное время оказывается в поле зрения оптического датчика, который многократно считывает его изображения и передает их в блок управления, который, в свою очередь, сравнивая их с эталонными, заложенными в «память», выдает решение о качестве плода и принадлежности его к тому или иному сорту. При этом каждому плоду присваивается свой уникальный номер, в соответствии с которым происходит сортировка. В таком случае важным является наиболее полный осмотр плода с целью обеспечения приемлемого уровня вероятности обнаружения дефектов плодов.

Так как точно определить состояние яблока только по одной его проекции невозможно, то для окончательного принятия решения о его качестве необходимо получить анализ всех его проекций. Получение этих проекций обеспечивается благодаря принудительному вращению плода, проходящего через камеру СТЗ.

В результате, пока яблоко находится в рабочей зоне СТЗ, оно успевает попасть на несколько кадров. Однако для предотвращения сбоев в работе системы требуется сопоставлять информацию, полученную по отдельным кадрам, для отслеживания повернувшегося плода.

Для достижения этой цели этого в систему встроен алгоритм трекинга движущихся объектов (рис. 1).

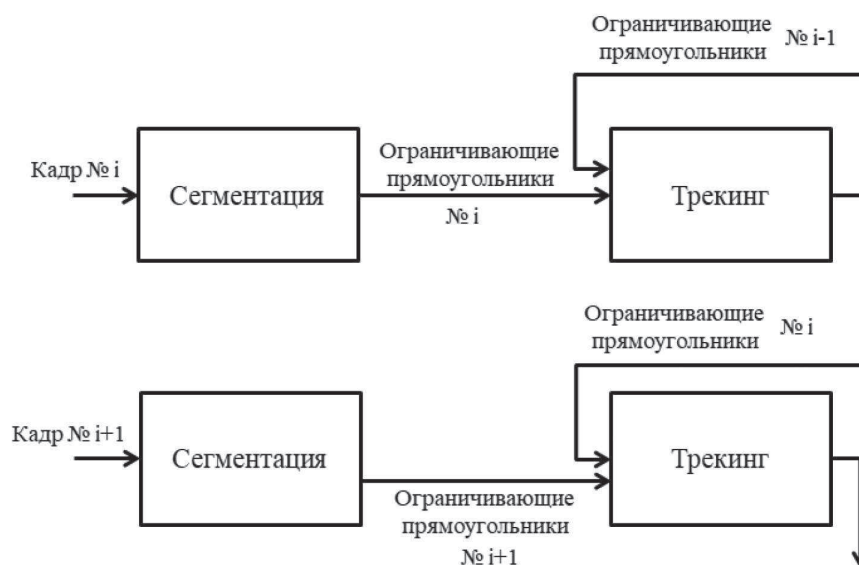


Рис. 1. Взаимодействие алгоритмов сегментации и трекинга

На вход алгоритма трекинга поступает набор координат прямоугольников, ограничивающих яблоки. Алгоритм трекинга учитывает информацию, сгенерированную им для предыдущего кадра видеопоследовательности (если он не первый), и выдаёт каждому ограничивающему прямоугольнику текущего кадра уникальный номер (назначает индивидуальный номер – ИД).

Тем самым алгоритм сопоставляет яблоки на двух кадрах и позволяет идентифицировать одно и то же яблоко на разных кадрах как одно яблоко, а не как несколько разных.

На рис. 2 приведена блок-схема работы предложенного алгоритма трекинга. Здесь BBList обозначает список координат ограничивающих прямоугольников  $(x_1, y_1, x_2, y_2)$ , поступающих на вход алгоритма; ObjList – список объектов (ИД и координат ограничивающих прямоугольников  $(x_1, y_1, x_2, y_2)$ ), сгенерированный алгоритмом трекинга для предыдущего кадра; мин (ObjList) (макс (ObjList)) обозначает, что из списка координат ограничивающих прямоугольников объектов выбирается наименьшая координата левого нижнего угла прямоугольника (наибольшая координата правого нижнего угла). Регистрация объекта обозначает присвоение ему нового ИД и включение его в список объектов, где регистрация – удаление объекта из списка объектов, соотнесение объектов означает присвоение объектам текущего кадра ИД, который выбирается из списка ИД объектов предыдущего кадра. Результат работы алгоритма трекинга объектов приведён на рис. 3.

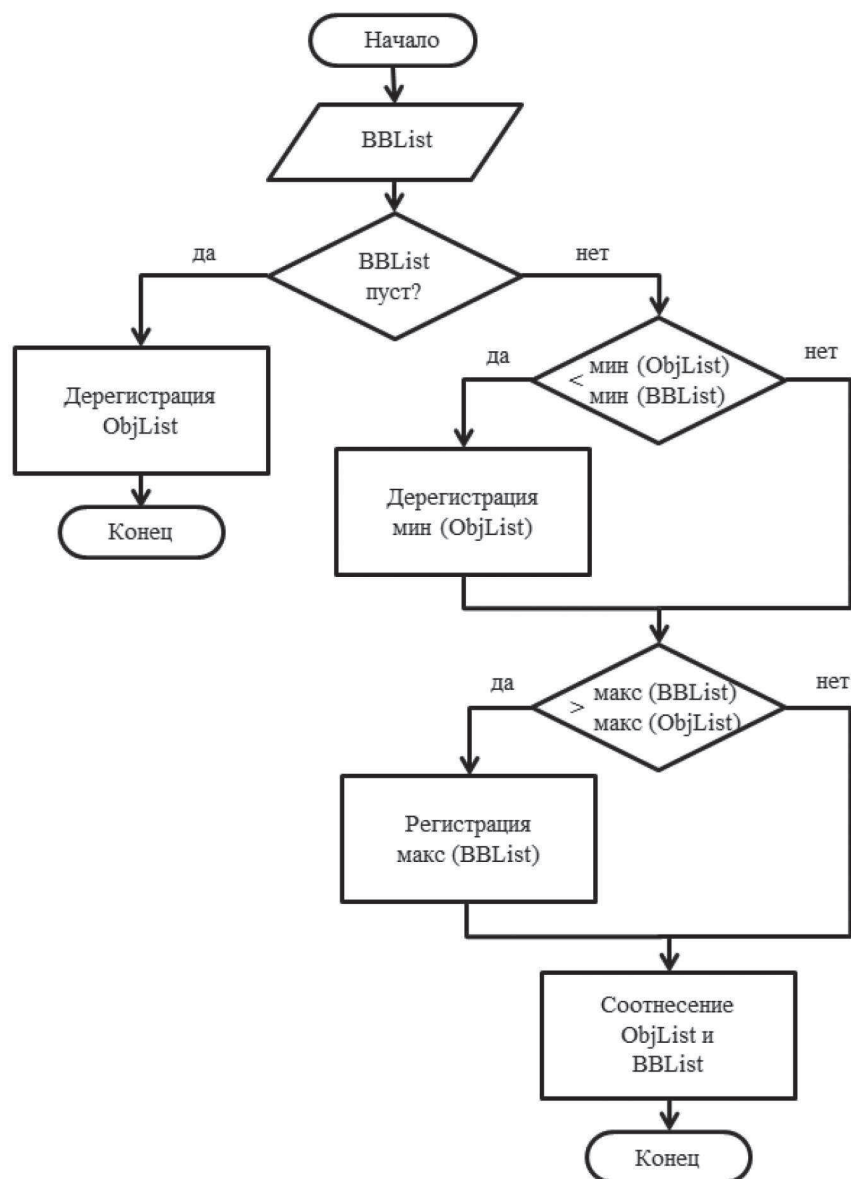


Рис. 2. Блок-схема предложенного алгоритма трекинга объектов

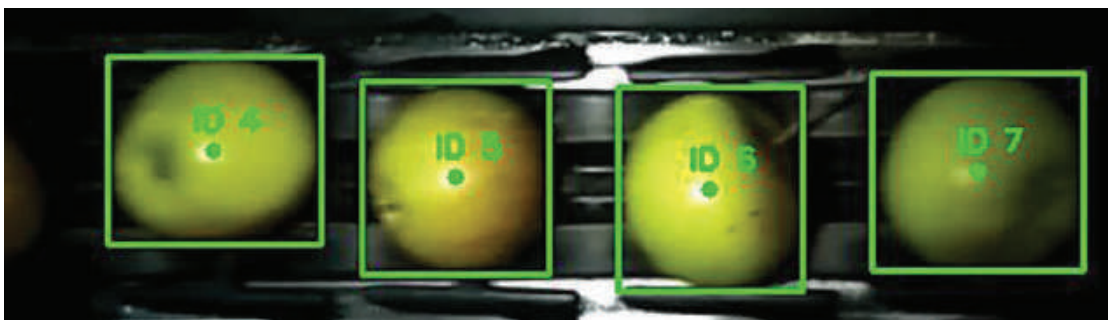


Рис. 3. Результат работы алгоритма трекинга объектов

После выхода плода с присвоенным ИД система начинает отсчет пройденного им расстояния посредством энкодера. Моментом начала отсчета является последний кадр, на котором имеется полное, не усеченное, изображение яблока.

Сортировка плодов системой осуществляется путем разделения потока на четыре потока клапанами под управлением быстродействующих соленоидов. При этом в «память» системы заложены расстояния до каждого из исполнительных механизмов сбрасывателей (рис. 4).

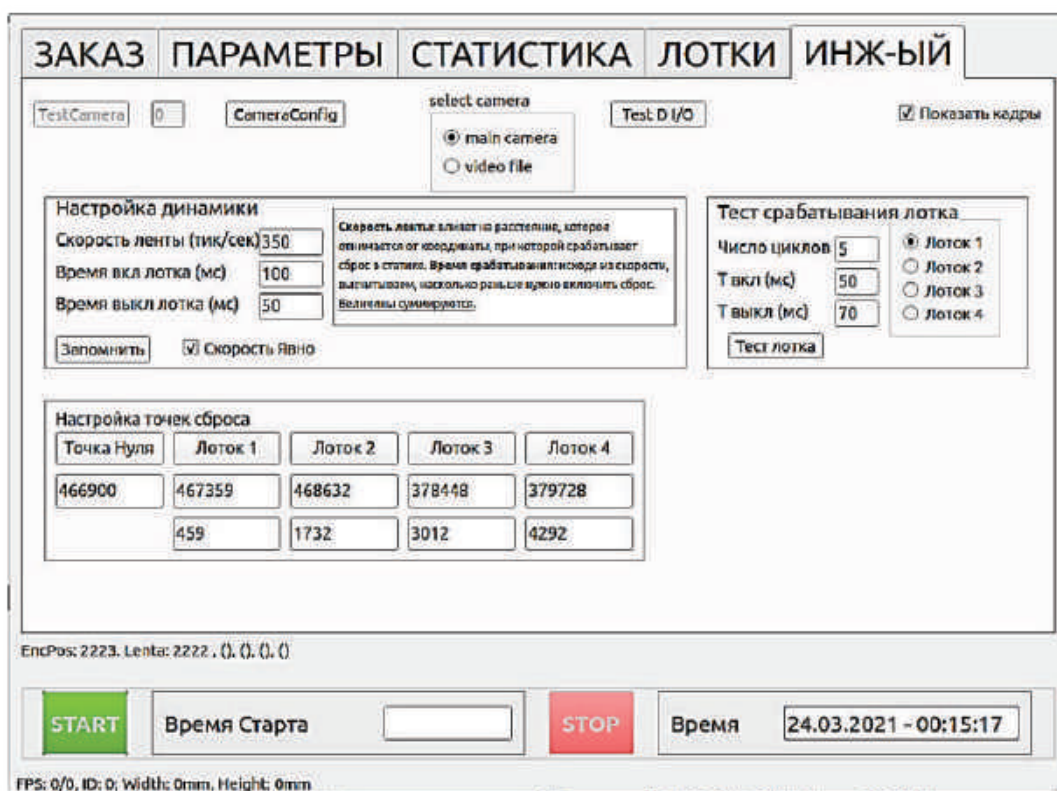


Рис. 4. Установка точек сброса плодов во вкладке «ИНЖЕНЕРНЫЙ» графического приложения СТЗ

Испытания линии показали [9], что алгоритм трекинга позволяет идентифицировать и отслеживать яблоки на конвейере, а также осуществлять разделение плодов по сортам с вероятностью 98 %.

### Заключение

Разработан алгоритм трекинга изображения вращающихся плодов на конвейере, позволяющий качественно осуществлять отслеживание изображения сортируемых плодов и разделение потока плодов с вероятностью 98 %.

## Список использованных источников

1. Бобров, В. П. Применение систем технического зрения / В. П. Бобров // Механизация и автоматизация пр-ва. – 1989. – № 9. – С. 23–25.
2. Бусаров, Н. А. Сбор и товарная обработка плодов и ягод / Н. А. Бусаров. – М. : Колос, 1970. – 247 с.
3. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия: СТБ 2288-2012. – Введ. 08.11.12. – Минск : Госстандарт, 2012. – 11 с.
4. Гурьянов, Д. В. Повышение эффективности сортирования яблок на основе цветных телевизионных датчиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д. В. Гурьянов ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Зерноград, 2004. – 19 с.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2019. – 235 с.
6. Гордеев, А.С. Автоматизация товарной обработки плодов / А. С. Гордеев, В. И. Горшенин // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – №2. – С.48–51.
7. Гордеев, А. С. Автоматизированная обработка яблок : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.07 / А. С. Гордеев ; Моск. гос. агроинж. ун-т. – М., 1996. – 42 с.
8. Старовойтов, В. И. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов / В. И. Старовойтов, А. М. Башилов, А. Л. Андержанов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 197 с.
9. Протокол приемочных испытаний линии технологической сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 от 25 февр. 2022 г. № 004-1/3-2022 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2022. – 99 с.

УДК 631.353.2

Поступила в редакцию 04.10.2022

Received 04.10.2022

**В. В. Микульский, Э. В. Дыба, Л. И. Трофимович, П. В. Яровенко**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: mikulskyvadim@yandex.by*

### **ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГРАБЛЕЙ-ВАЛКОВАТЕЛЕЙ ГРЕБЁНЧАТОГО ТИПА**

*Аннотация.* В статье представлены лучшие промышленно освоенные образцы конструкций гребённых граблей-валкователей, а также указаны их достоинства и недостатки, которые были учтены РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» при разработке отечественного аналога гребённых граблей-валкователей ГВГ-9,5 на базе ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш».

*Ключевые слова:* корма, травы, сгребание, валок, засорение, гребённые грабли-валкователи, конструкции, обзор, анализ.

**V. V. Mikulski, E. V. Dyba, L. I. Trofimovich, P. V. Yarovenko**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: mikulskyvadim@yandex.by*

### **REVIEW AND ANALYSIS OF STRUCTURES OF RAKE-SWATHERS COMB TYPE**

*Abstract.* The article presents the best industrially developed designs of comb swath collector rakes and indicates their advantages and disadvantages, which were taken into account by RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization» when constructing the domestic analogue of comb swath collector rakes CSCR-9,5 on the basis of PS «Management Company of the Holding «Lidselmash».

*Keywords:* feed, grass, raking, swath, clogging, comb swath collector rakes, constructions, review, analysis.

## **Введение**

В Республике Беларусь технологическая операция сгребания высушенной или провяленной массы выполняется с помощью граблей-валкователей ротационного или колесно-пальцевого типа,