

## Заклучение

При анализе рабочего процесса многоместных мобильных платформ для уборки плодов приемлема теория систем массового обслуживания с отказами.

Номограмма для определения рабочих режимов мобильной платформы позволяет определить допустимую рабочую скорость движения плодуборочной платформы в зависимости от полноты уборки плодов, количества сборщиков, плотности распределения плодов на дереве и времени, затрачиваемого сборщиком на уборку одного плода.

## Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник/ Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 364 с.
2. Варламов, Г. П. Машины для уборки фруктов / Г. П. Варламов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
3. 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.
4. Юрин, А. Н. Агрегат самоходный универсальный АСУ-6 для уборки плодов и обрезки деревьев в садах интенсивного типа / А. Н. Юрин, А. А. Лях, В. М. Резвинский, А. Д. Кузнецов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 218–224.

УДК 631.331.022

Поступила в редакцию 06.10.2017  
Received 06.10.2017

**А. Н. Юрин, В. В. Викторovich**

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛНОТЫ СБОРА ПЛОДОВ И ИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКЕ

В статье изложено обоснование рабочей скорости движения плодуборочной платформы, а также представлены зависимости количества поврежденных плодов от скорости их столкновения и времени, затраченного сборщиком на уборку одного плода.

*Ключевые слова:* плодоводство, уборка плодов, механизированные работы, производительность труда сборщиков плодов, рабочий процесс, многоместные мобильные платформы, теория систем массового обслуживания с отказами.

**A. N. Jurin, V. V. Viktorovich**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: anton-jurin@rambler.ru; lab\_plodoyagoda@mail.ru*

## JUSTIFICATION OF WORKING SPEED OF MOVEMENT OF FRUIT-CLEANING UNIT

The article presents the results of the performed studies on the analysis of the working process of multi-seat mobile platforms for fruit harvesting and gives suggestions on the most promising scheme of the unit for harvesting dessert fruits.

*Keywords:* fruit-growing, harvesting of fruits, mechanized work, productivity of fruit pickers, the working process, multi-seat mobile platforms, queuing theory of queuing systems.

## Введение

Уборка плодов – заключительная и решающая операция при возделывании многолетних насаждений, определяющая качественные и количественные показатели производимой продукции, на выполнение которой приходится 20–40 % всех затрат на производство плодов [1].

В большинстве садоводческих хозяйств данная операция выполняется вручную. Однако существуют многоместные плодуборочные агрегаты различных конструкций, позволяющие повысить производительность труда сборщиков плодов в 1,5–2,5 раза, в зависимости от условий работы и урожайности возделываемых культур.

При этом параметры и режимы работы данных платформ требуют обоснования [2, 3].

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований, которые проводились на основе теории систем массового обслуживания с отказами, являлись механизированные средства для уборки плодов. При исследованиях применялись абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы. Исходные данные получали на основе многовариантных технологических карт и материалов статистической отчетности.

### Результаты исследований

В результате теоретических изысканий установлено [4], что скорость движения плодуборочной платформы ограничена таким показателем, как полнота сбора плодов. Очевидно, что чем выше скорость движения, при неизменном значении урожайности, тем меньше времени отводится сборщику на уборку одного плода. В конечном итоге может сложиться ситуация, при которой сборщиком могут допускаться пропуски плодов, предназначенных к уборке, что влечет за собой снижение такого важного агротехнического показателя, как полнота сбора плодов. В соответствии с агротехническими требованиями полнота сбора плодов должна быть не менее 95 %. Следовательно, при определении допустимой скорости движения плодуборочного агрегата будем руководствоваться именно этой цифрой.

Из графиков, изображенных на рисунке 1, видно, что для обеспечения 95 % полноты сбора яблок скорость движения платформы должна быть не более 0,15–0,25 м/с (0,54–0,9 км/ч) при урожайности 17–34 т/га. При уборке слив скорость не должна превышать 0,1–0,2 м/с (0,36–0,72 км/ч), вишни и черешни – не более 0,1 м/с (0,36 км/ч).

Таким образом, очевидно, что для обеспечения полноты сбора плодов семечковых и косточковых культур плодуборочный агрегат должен иметь возможность передвигаться со скоростью 0,1–0,25 м/с (0,36–0,9 км/ч).

Результаты экспериментальных исследований зависимости количества поврежденных плодов от скорости их столкновения

При столкновении плодов между собой и с поверхностями плодуборочной машины из различных материалов возможно возникновение повреждений, которые впоследствии приводят к снижению их качества и порче при хранении. Для повышения качества убранных плодов необходимо снизить вероятность возникновения критических повреждений плодов при транспортировании их рабочими органами агрегата и укладке в тару.

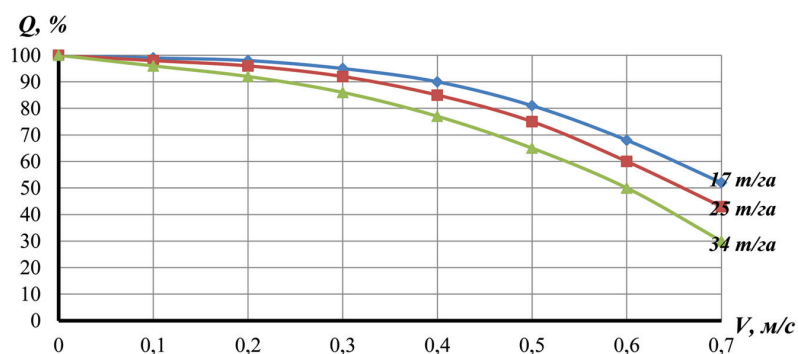
Кинетическая энергия столкновения плодов пропорциональна произведению массы плода на квадрат скорости движения. Очевидно, что в конструкции машины можно регулировать только скорость столкновения плодов, которая будет определять уровень их повреждений.

Из [1] известно, что допустимое количество поврежденных плодов не должно превышать 2 % от всех убранных плодов. При этом 98 % плодов будут неповрежденными и пригодными к хранению.

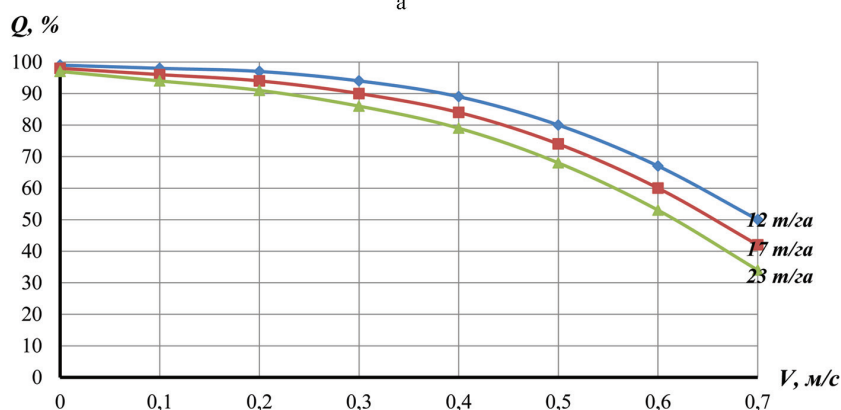
Данный показатель примем за допустимый при определении максимальной скорости столкновения плодов.

При проведении исследований в соответствии с теоретическими выкладками проводили 3 вида столкновения плодов:

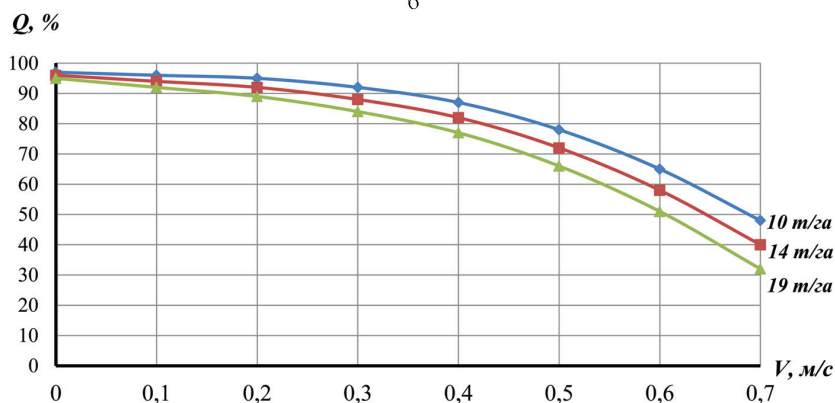
- вертикальное падение плода под действием силы тяжести на деревянную поверхность, имитирующую дно контейнера;
- вертикальное падение плода на поверхность из плодов, имитирующее выгрузку плода в контейнер, частично заполненный плодами;
- столкновение плодов, движущихся друг навстречу другу в горизонтальной плоскости, имитирующее взаимодействие плодов на транспортирующих рабочих органах плодуборочного



а



б



в

а – яблоко; б – слива; в – вишня, черешня

Рисунок 1. – Зависимость полноты сбора плодов от скорости движения плодуборочного агрегата (уборку осуществляют 6 сборщиков)

агрегата. Ситуация соударения двух свободных плодов может возникать, когда плоды сталкиваются друг с другом в воздухе в момент перехода с лотков на горизонтальный конвейер или при свободном их перекачивании по рабочим поверхностям конвейеров.

Для упрощения систематизации экспериментальных данных плоды в соответствии с сортом выбирались одинакового веса (примем допустимую погрешность в 2–5 %). Взвешивание проводили при помощи весов РП-15ШЗ.

После осуществления эксперимента плоды отправлялись на хранение, где находились в течение 20 суток при оптимальных условиях: в пластиковых ящиках, в темном помещении, температура воздуха поддерживалась в пределах 3–5 °С, влажность – 90–95 %. Уже через 5–8 дней на поврежденных плодах в местах удара начали проявляться темные пятна диаметром 6–12 мм. В течение срока хранения пятна повреждения увеличивались. Плоды с темными пятнами относились при подсчетах к поврежденным.

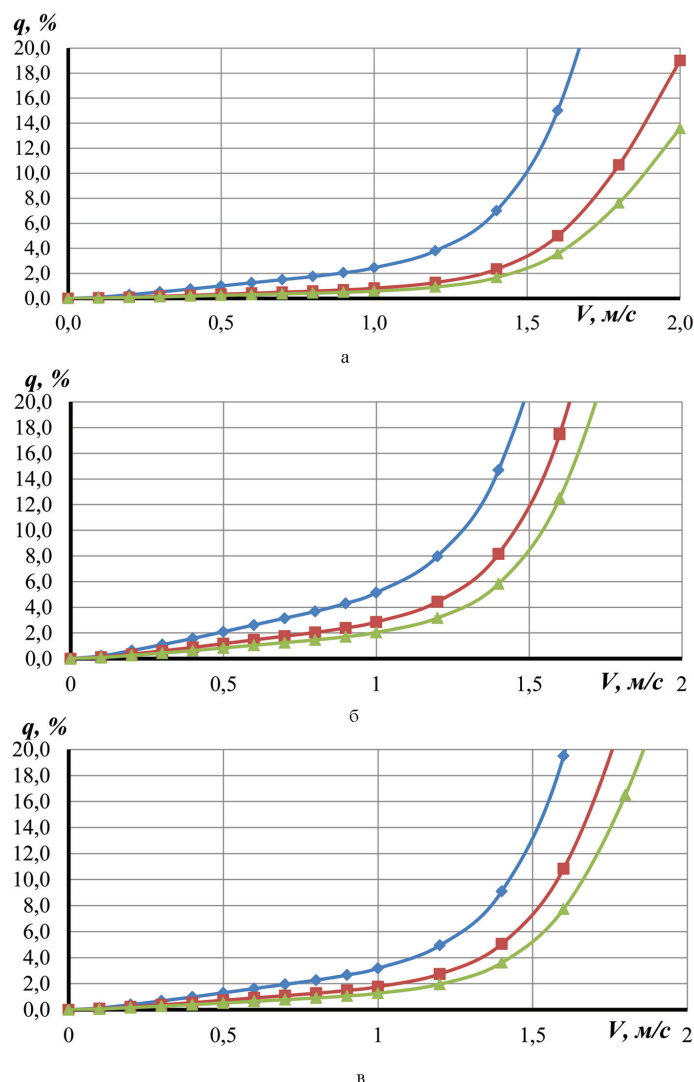
Из графиков, приведенных на рисунке 2, следует, что для яблок допустимая скорость падения на дно контейнера составляет  $0,9 \text{ м/с}$ , что соответствует высоте падения  $5,2 \text{ см}$ , скорость падения на другой плод, лежащий на жесткой поверхности –  $0,5 \text{ м/с}$  (высота падения – не более  $3,5 \text{ см}$ ), скорость столкновения двух свободных плодов – не более  $0,7 \text{ м/с}$  (высота падения – не более  $4,2 \text{ см}$ ).

Для вишни и черешни значения допустимой скорости движения составляют  $1,8$ ;  $1,4$  и  $1,2 \text{ м/с}$  соответственно. Для слив –  $1,7$ ;  $1,3$  и  $1,1 \text{ м/с}$ .

### Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости количества поврежденных плодов от времени, затраченного на уборку одного плода

Обеспечение уборки плодов высокого качества в настоящее время возможно только посредством ручной уборки. В данном случае немаловажным параметром, характеризующим процесс уборки, является скорость, с которой сборщики осуществляют сьем плодов, или время, затрачиваемое на сьем одного плода.

В [5] установлено, что производительность труда квалифицированных сборщиков при уборке яблок составляет  $65\text{--}105$  плодов в минуту, сборщиков средней квалификации –  $50\text{--}94$  плода в минуту. Таким образом, среднее время на сьем одного плода колеблется в пределах соответ-



а – падение плода на деревянную поверхность; б – падение плода на другой плод, лежащий на жесткой поверхности; в – столкновение плодов, двигающихся в горизонтальной плоскости друг навстречу другу с суммарной скоростью  $V$  (синий – яблоко; зеленый – вишня, черешня; красный – слива)

Рисунок 2. – Зависимость степени повреждения плодов от скорости их столкновения

ственно для квалифицированных сборщиков – 0,5–0,92 с, для сборщиков средней квалификации – 0,63–1,2 с.

В то же время нет точных данных о времени, затрачиваемом на съем косточковых плодов (сливы, вишни и черешни), а также не определено время, необходимое для качественного съема плодов без повреждений при работе сборщиков на плодуборочной платформе.

С целью установления указанной выше зависимости были проведены экспериментальные исследования.

Методика определения количества поврежденных плодов была аналогична указанной в предыдущем разделе.

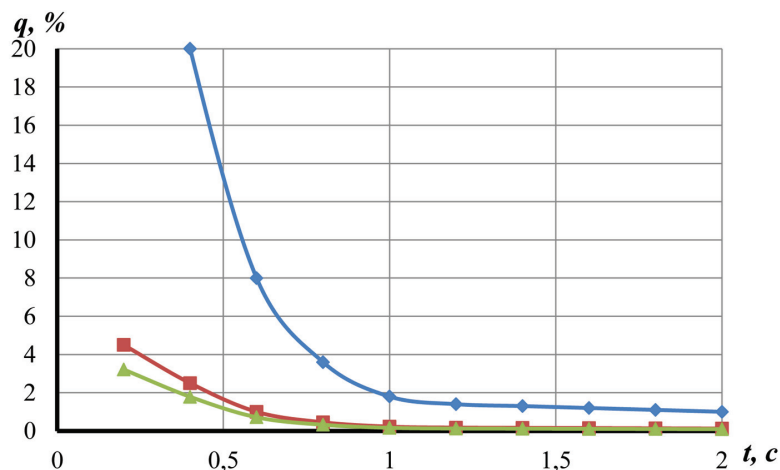


Рисунок 3. – Зависимость степени повреждения плодов от времени, затрачиваемого на съем одного плода (синий – яблоко; зеленый – вишня, черешня; красный – слива)

Из графика, приведенного на рисунке 3, видно, что для обеспечения не более 2 % повреждения плодов для яблок допустимое минимальное время на уборку одного плода составляет 0,85 с, для вишни и черешни – 0,35 с, сливы – 0,42 с.

### Заключение

Для обеспечения 95 % полноты сбора яблок скорость движения платформы должна быть не более 0,15–0,25 м/с (0,54–0,9 км/ч) при урожайности 17–34 т/га. При уборке слив скорость не должна превышать 0,1–0,2 м/с (0,36–0,72 км/ч), вишни и черешни – не более 0,1 м/с (0,36 км/ч).

Для яблок допустимая скорость падения на дно контейнера составляет 0,9 м/с, что соответствует высоте падения 5,2 см, скорость падения на другой плод, лежащий на жесткой поверхности – 0,5 м/с (высота падения – не более 3,5 см), скорость столкновения двух свободных плодов – не более 0,7 м/с (высота падения – не более 4,2 см). Для вишни и черешни значения допустимой скорости движения составляют 1,8; 1,4 и 1,2 м/с соответственно. Для слив – 1,7; 1,3 и 1,1 м/с.

Для обеспечения не более 2 % повреждения плодов для яблок допустимое минимальное время на уборку одного плода составляет 0,85 с, для вишни и черешни – 0,35 с, сливы – 0,42 с.

### Литература

1. Юрин, А. Н. Агрегат самоходный универсальный АСУ-6 для уборки плодов и обрезки деревьев в садах интенсивного типа / А. Н. Юрин, А. А. Лях, В. М. Резвинский, А. Д. Кузнецов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 218–224.
2. Варламов, Г. П. Машины для уборки фруктов / Г. П. Варламов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
3. Самусь, В. А. Система сельскохозяйственных машин и орудий для механизации работ в плодоводстве / В. А. Самусь, А. М. Криворот, В. А. Мычко; РУП «Институт плодоводства». – Минск, 2010. – 40 с.
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. Самощенко, Е. Г. Плодоводство: учебник для нач. проф. образования / Е. Г. Самощенко, И. А. Пашкина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.