

## Эффективность производства продукции многолетних насаждений при выборе технологии уборочной кампании

Потанин Д.В.<sup>1✉</sup>, Иванова М.И.<sup>2</sup>, Иванченко В.И.<sup>1</sup>, Маслич Е.А.<sup>3</sup>, Замета О.Г.<sup>1</sup>, Михайлов С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Агротехнологическая академия Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Россия, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное;

<sup>2</sup>Центр агрохимической службы «Крымский», Россия, 295017, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 75/1;

<sup>3</sup>Институт экономики и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Россия, 295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4

✉potanin.07@mail.ru

**Аннотация.** Современное садоводство направлено на интенсификацию процессов производства за счёт увеличения насыщенности техникой и производительности труда. Одним из трудонапряженных технологических процессов в садоводстве является организация уборки выращенного урожая. В этот период в большинстве предприятий приходится привлекать сезонную рабочую силу, что в последние годы становится всё труднее обеспечить. Данная проблема требует поиска новых решений, связанных с оптимизацией технологии сбора, а также внедрения новых методов уборки, позволяющих существенно сократить потребность в привлечённых работниках. В статье рассматриваются основные методы уборки плодов, ягод и винограда с применением ручного сбора, поточного и полностью механизированного. Увеличение интенсификации в уборочной кампании приводит к сокращению затрат рабочего времени, необходимого для сбора урожая с 20,11 чел.ч/га до 0,25 чел.ч/га, при ручной уборке и поточным методом – за счёт увеличения выработки рабочими, а при комбайновой уборке – за счёт исключения труда сборщиков. С увеличением интенсификации производства сокращаются затраты на организацию уборочной кампании. Установлено, что наименьшие затраты как на 1 га, так и на 1 т плодов обеспечиваются при использовании полной механизации уборки. В этом варианте было отмечено снижение затрат в 4,77 раза по сравнению с поточной схемой организации уборки. Ручной труд применяется лишь в обслуживании уборочного комбайна. Установлено, что применение плодуборочного прицепного комбайна ограничивается максимальной площадью 240 га. Полная окупаемость при применении комбайнового сбора урожая плодов яблони в сравнении с ручной уборкой в контейнеры наступает при использовании комбайна на площадях не менее 62,87 га или за 20 рабочих смен.

**Ключевые слова:** плодоводство; виноградарство; технология; адаптивное садоводство; уборочная кампания; алгоритм; продуктивность; эффективность производства.

**Для цитирования:** Потанин Д.В., Иванова М.И., Иванченко В.И., Маслич Е.А., Замета О.Г., Михайлов С.В. Эффективность производства продукции многолетних насаждений при выборе технологии уборочной кампании // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(1):57-64. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.008.

O R I G I N A L   R E S E A R C H

## Production efficiency of perennial plantings when choosing the technology of harvesting campaign

Potanin D.V.<sup>1</sup>, Ivanova M.I.<sup>2</sup>, Ivanchenko V.I.<sup>1</sup>, Maslich E.A.<sup>3</sup>, Zameta O.G.<sup>1</sup>, Mikhailov S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I.Vernadsky Crimean Federal University", Agraroye village, 295492 Simferopol, Republic of Crimea, Russia;

<sup>2</sup>Center of Agrochemical Service "Krymsky", 75/1 Kievskaya str., 295017 Simferopol, Republic of Crimea, Russia;

<sup>3</sup>Institute of Economics and Management of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I.Vernadsky Crimean Federal University", 21/4 Sevastopolskaya str., 295015 Simferopol, Republic of Crimea, Russia

**Abstract.** Modern gardening is aimed at intensifying production processes by increasing the population of machinery and labor productivity. Organization of harvesting the grown crop is one of the difficult technological processes in horticulture. During this period, in most enterprises it is necessary to involve seasonal labor power, which in recent years has become increasingly difficult to provide. This problem requires the search for new solutions related to the optimization of harvesting technology, as well as the introduction of new methods to significantly reduce the need for involved workers. The article discusses basic methods of harvesting fruits, berries and grapes using manual, in-line and fully mechanized harvesting. An increase in the harvesting campaign intensification leads to reducing the cost of working time spent for harvesting from 20.11 people-hour/ha to 0.25 people-hour/ha with manual and in-line harvesting by increasing the production by workers, and with combine harvesting - by eliminating the labor of harvesters. The costs for organizing a harvesting campaign are reducing with an increase in the intensification of production. It is established that the lowest labor inputs for both 1 ha and 1 ton of fruits are provided when using full mechanization of harvesting. In this variant, a 4.77-fold cost reduction was registered compared to the in-line harvesting scheme. Manual labor is used only in the maintenance of combine harvester. It is established that the use of tractor-drawn combined fruit harvester is limited with a maximum land size of 240 ha. Full cost recovery of using the combine harvesting of apple fruits in comparison with manual harvesting into containers is applied on the area not less than 62.87 hectares or 20 working shifts.

**Key words:** fruit growing; viticulture; technology; adaptive gardening; harvesting campaign; algorithm; productivity; production efficiency.

**For citation:** Potanin D.V., Ivanova M.I., Ivanchenko V.I., Maslich E.A., Zameta O.G., Mikhailov S.V. Production efficiency of perennial plantings when choosing the technology of harvesting campaign. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(1):57-64. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.008 (in Russian).

## Введение

Интенсификация садоводства направлена на увеличение объёмов продукции фруктов и ягод с одновременным сокращением трудовых затрат на их производство. В первую очередь это связано с дефицитом трудовых ресурсов в сельской местности, при постоянной тенденции увеличения уровня урбанизации населения [1]. Во-вторую очередь, именно в период сбора плодов и ягод возникают пики потребности в рабочей силе, что приводит к необходимости привлечения неквалифицированного сезонного персонала. Однако такой пик потребности в рабочих не всегда может быть реализован предприятиями поскольку потенциальные работники, как правило, желают получать стабильную работу, что ограничивает возможности в привлечении «свободной армии труда» [1, 2]. Для решения этого вопроса с самого начала развития интенсивного садоводства предпринимались меры по механизации технологических процессов сбора урожая или его отдельных технологических процессов [3–5].

На сегодня наиболее распространёнными считаются три типа организации сбора урожая: ручной сбор, поточная уборка с созданием подвижных звеньев и наиболее интенсивный – механизированный сбор урожая [6–8]. При выборе технологии этого процесса принимается во внимание обеспеченность предприятия внутренними трудовыми ресурсами, соблюдение оптимальной расстановки рабочей силы и производительности труда [9, 10]. При этом, естественно, снижается не только потребность в рабочей силе, но одновременно увеличивается и производительность труда тех работников, которые вовлечены в данный процесс [11, 12]. В целом установлено, что интенсификация производства не оказывает негативного воздействия на работников, а наоборот, улучшает эргономичность за счёт того, что существенно сокращаются усилия на непродуктивные движения, перегрузку отдельных рабочих в переносе тяжестей, а также другие циклические манипуляции, связанные с напряжениями.

Одновременно внедряются и механизмы полного замещения ручного труда на уборке урожая всех без исключения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [13, 14]. При этом в свете развития робототехники и систем управления с применением искусственного интеллекта уже открывается возможность имитировать ручной труд вместо простого стряхивания или выдувания плодов и ягод с деревьев или кустов [15–17].

Современная тенденция механизации уборки урожая предъявляет свои требования к конструкции насаждений [18]. Так, длины гонов рядов должны быть не более того расстояния, за которое при проектной урожайности будет заполняться бункер или загрузочная ёмкость уборочного аппарата. При большей же протяженности сада и виноградников должны создаваться проезды шириной, достаточной для размещения погрузочно-загрузочной техники. При этом сама ширина междурядий и ширина крон деревьев или кустов также должны соответствовать параметрам технических возможностей уборочной техники.

С другой стороны, установлено, что использование более интенсивных методов уборки урожая в сравнении с ручным сбором положительно влияет не только на повышение производительности труда, но и на снижение себестоимости производства вне зависимости от размеров насаждений [19, 20]. Также с применением современных уборочных средств наблюдается снижение травмирования плодов, что в свою очередь улучшает показатели их товарности и сохранности [21–24].

Учитывая это, а также то, что направление интенсификации в нашей стране развивается лишь для отдельных культур, становится актуальным рассмотреть с экономической точки зрения методы организации уборки урожая в виноградарстве, плодоводстве и ягодоводстве и определить критерии влияния такого перехода на экономику данного производственно-технологического процесса.

**Цель исследования:** дать оценку эффективности производства от внедрения механизации технологических процессов при выборе уборочной кампании.

**Задачи исследования:** рассмотреть особенности технологических процессов организации уборочной кампании урожая многолетних насаждений в зависимости от увеличения уровня механизации; провести расчёт затрат труда и материальных ресурсов в зависимости от уровня механизации сбора урожая в интенсивных многолетних насаждениях.

## Материалы и методы исследования

В ходе исследований рассматривались технологии организации уборочной кампании, применяющиеся в промышленном садоводстве: уборка вручную, при минимальном использовании сельскохозяйственной техники; сбор урожая при использовании поточного сбора с использованием подвижной техники с организацией звеньев; уборка с полным механизированным циклом.

Рассмотрены особенности технологических циклов производства с точки зрения трудонапряженности, привлечения рабочих и средств механизации, а также проведён расчёт затрат производства, определена экономия себестоимости уборки плодово-ягодной продукции при различных способах организации уборочной кампании.

Экономический расчёт проводился с использованием запатентованной электронной программы, в которой учтены возможности выбора технологии уборочной кампании (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663040 Российская Федерация. Специализированная программа анализа экономической эффективности подбора технологии выращивания сельскохозяйственных культур: № 2020617787: заявл. 16.07.2020; опубл. 22.10.2020 / М.И. Иванова, Д.В. Потанин. – EDN YPSUTO).

## Результаты и их обсуждение

С упрощённой точки зрения, уборка урожая плодовых и ягодных культур условно делится на ручную, полумеханизированную или поточную уборку и как



наиболее интенсивный метод – на полностью механизированную или комбайновую уборку. Однако в каждом из названных способов существует также свои особенности в зависимости от множества технологических моментов и привлечения различной специализированной техники. При этом, дополнительные нововведения оказывают влияние на потребность в рабочей силе, а также на производительность труда.

Наиболее экстенсивным можно считать организацию сбора урожая в ящики. Это до сих пор применяется для легко травмирующихся плодов – сливы, абрикоса, персика, черешни, ягод малины и смородины, а также столовых сортов винограда. При этом организация уборки урожая требует, несмотря на общее название, подвижной техники – трактора с прицепом, на который будет непосредственно загружаться пустая тара для сбора урожая, а при её заполнении – обратно загружаться в прицеп и вывозиться к месту складирования или закладки на хранение до реализации. Сама уборочная кампания, в таком случае, требует организацию рабочего процесса с привлечением не только тракториста и непосредственно сборщиков урожая, но также и погрузчиков тары. Численность работников на ручных работах должна соответствовать по их производительности тому объёму продукции, вывоз которого может обеспечить трактор. Так, если используется прицеп 2-ПТС-4 с трактором МТЗ-82.1, то при норме на перевозку за смену в 16 т необходимо подобрать количество рабочего персонала, обеспечивающим полную загрузку транспортного средства. То есть, при норме выработки на сбор плодов 210 кг/смену сливы при урожайности 140 ц/га, потребуется бригада сборщиков в 76 чел. (16/0,21 т/смену).

Соответственно, будет требоваться и дополнительная численность грузчиков. Так, при норме выработке на погрузку на транспортное средство в полевых условиях в количестве 3 т/см, потребуется дополнительно 6 чел. (при точном расчёте 5,33 нормосмены).

Относительно низкая норма выработки на сборе плодов вызвана затратами на непродуктивные переходы сборщиков от места съёма урожая к краям рядов, где будет осуществляться непосредственно выгрузка из уборочной тары в ящики урожая. В дальнейшем грузчики будут осуществлять их погрузку в тракторный прицеп.

Один из первых резервов экономии в потребности рабочей силы является замена труда грузчиков на механизированную погрузку. При этом будет несколько видоизменен технологический цикл производства. Для удобства загрузки прицепа необходимо задействовать дополнительно трактор с вильчатым погрузчиком, а сами ящики укомплектовывать пакетами на поддоны. С учётом того, что погрузчик будет постоянно находиться на территории многолетних насаждений, он может логистически обслуживать до 5–6 тракторных прицепов в погрузке и разгрузке поддонов с пакетированными ящиками. Таким образом, будет исключена потребность в выделении ра-

ботников на ручную погрузку плодов.

Однако при использовании механизированной погрузки пакетов ящиков с плодами существует резерв возможности также сокращения непродуктивных затрат рабочего времени самих сборщиков урожая, простым расставлением поддонов с пакетами ящиков в междурядьях, на расстоянии, приблизительно соответствующих возможности их наполнения. В ходе учёта рабочего времени (проводился в 2010 году) при таком решении, было установлено, что производительность труда на уборке урожая плодов яблوك в Учебно-опытном саду Института «Агротехнологическая академия» изменилась с 270 до 420 кг/нормо-смену на одного работника. То, есть, только за счёт сокращения непродуктивных потерь и увеличения выработки, производительность труда сборщика плодов увеличивается на 155 %.

Для плодов более прочных и пригодных для длительного хранения, такие как яблоки и груши, сбор может осуществляться в контейнер различной вместимости – от 210 до 500 кг. При этом уже не будет осуществляться затрат на пакетирование ящиков сборщиками, что существенно сокращает непродуктивное использование рабочего времени и при этом норма выработки может увеличиваться до 450 кг/нормо-смену при отсутствии потребности в выделении рабочих на погрузочно-разгрузочные работы.

Использование контейнеров, а также изменение конструкции самих насаждений с более компактными кронами деревьев, обеспечивающих высокую урожайность, в сравнении с садами разреженных типов посадки, открыло возможность мобильного перемещения ёмкостей следом за сборщиками в специальных контейнерах, на которых размещается от 5 до 7 контейнеров. Этот способ уборки называется полумеханизированным. При таком способе создаются уборочные звенья, которые работают в связке с контейнеровозом. При этом, количество одновременно работающих сборщиков в группе, а также их размещение по рядам подбирается с таким расчётом, чтобы трактор, везущий контейнеровоз двигался практически без остановки на первой пониженной передаче синхронно с передвижением сборщиков, которые обеспечивают массовый сбор плодов. Как правило, при урожайности в саду яблони на уровне 45 т/га и более, в группу входит не менее 8 сборщиков, которые одновременно обслуживают два ряда с двух сторон. При этом наличие грузчиков не предполагается. Контейнеровоз, при заполнении плодами, выезжает из междурядья, к месту выгрузки контейнеров и сгружает их либо при помощи тракторного погрузчика, либо самостоятельно на площадку и уже с помощью погрузчика загружается пустыми контейнерами. При этом, среднее время ожидания сборщиков между циклом разгрузки-загрузки контейнеровоза не превышает 10–15 мин. Это позволяет обеспечить выработку одного сборщика не менее 1100 кг плодов яблук за смену. Таким образом, производительность труда увеличивается на 244 % относительно предыдущей схемы и на 407 % относительно сбора вручную в пакеты с ящиками.

Уже на данном этапе осуществляется максимальное разнообразие технологических нюансов и подбора машин, снижающих не только трудозатраты, но и призванных снизить процент повреждения плодов в ходе их сбора. Так, кроме описанной выше технологии, чтобы полностью исключить промежуточное размещение плодов в плодосборную мелкую тару (ведра, мешки и т.д.), применяются, к примеру, аппараты с выдвижными секциями бесконечной силиконовой лентой с захватами или специальные пневматические шланги, обеспечивающие всасывание и мягкую подачу плодов к контейнеру. У самого контейнера плоды мягко распределяются по всей внутренней площади контейнера специальными щётками с контролирующим датчиком наполнения контейнера. При заполнении контейнеров, в зависимости от конструкции аппарата, может, либо подаваться сигнал оператору на замену контейнера, либо эта операция осуществляется автоматически. Такое оборудование в Крыму на сегодня достаточно широко применяется в садоводческих предприятиях с суммарной площадью садов яблони от 200 га. Полное исключение сбора плодов в индивидуальные плодосъёмные ёмкости и отсутствие необходимости контроля заполнения контейнеров, не только снижает травмирование плодов, но также и увеличивает выработку сборщиков до 1,5–2,0 т/смену. Однако количество сборщиков плодов в группах не изменяется и составляет не менее 8 чел.

В виноградарстве, при уборке технического винограда, идущего в последующую переработку, также применяется поточный метод уборки, который заключается в создании мобильных групп вокруг открытой ёмкости вместимостью не менее 3,0 т, находящейся в сцепке с колёсным трактором. Поскольку травмирование урожая винограда, используемого для технических целей, не является принципиальным, то сбор производится навалом. При этом в самой транспортной тележке располагаются два грузчика, которые подхватывают индивидуальные ёмкости от сборщиков и освобождают их, высыпая собранный урожай внутрь. Как правило, в связи с существенно более низкой продуктивностью насаждений винограда в сравнении с интенсивными насаждениями яблони и груши, группа сборщиков за один проход способна обслуживать одновременно от 4 до 6 рядов. По заполнении ёмкости, как правило, если расстояние от виноградника до центра переработки винограда не превышает расстояние три километра, сцепка трактора и прицепа выезжает из виноградника к месту переработки. Данная технология сбора винограда достаточно широко распространена в Крыму ещё с 80-х годов 20-го столетия и позволяет повысить производительность труда не менее чем в 2,5 раза в сравнении со сбором урожая в ёмкости, расположенные на краю рядов.

В последние годы, на фоне жесткого дефицита сезонной рабочей силы, всё чаще применяется организация уборочной кампании полного механизированного цикла. При этом ручной труд практически полностью исключается, что существенно снижает не только потребность в привлечении сезонных ра-

ботников, но, также, и исключает необходимость для крупных предприятий решать проблемы социальной сферы привлечённых работников, в случае их релокации из других регионов. Механизированный сбор фруктов и ягод, в основном направлен на дальнейшее использование продукции для переработки или последующей товарной обработки механически прочных орехов. Сам процесс может осуществляться поточно (при котором съём плодов или ягод и его сбор в ёмкости осуществляется за один проход), или раздельно (вначале проводится съём плодов с деревьев, а в дальнейшем, за второй проход техники – подбор урожая с поверхности почвы). Следует отметить, что механизированная уборка, с точки зрения технологических процессов и экономики производства имеет отличия от всех других выше описанных способов. Расчёт норм на сбор урожая осуществляется не с учётом массы фруктов и ягод, а на площадь нетто под многолетними насаждениями.

При механизированной уборке обязательно учитываются биологические особенности убираемой культуры. Так, плоды и ягоды, имеющие относительно низкую механическую прочность, мелкие, или не дающие сухого отрыва от плодоножки, должны убираться за один проход, минуя осыпание на поверхность почвы. Такими культурами являются практически все ягодные, слива, вишня, черешня, абрикос, персик, виноград и др. Не исключая поточной уборки, раздельно могут собираться плоды яблук и груш, айвы, а также орехоплодные культуры.

Таким образом складывается структура вариантов организации уборочной кампании, приведённая в схеме на рис.

В статье не рассматривается метод организации уборочной кампании с применением роботизированной техники, которая способна, по описанию научной литературы [8, 17], проводить не только полную имитацию ручного сбора при помощи манипуляторов, но также, на основе введённых параметров качества плодов, ягод и гроздей, осуществлять правильную сортировку и укладку в тару в соответствии с требованиями производства. Это связано с тем, что на сегодня только наметились тенденции к внедрению таких технологий, однако пока нет данных по стоимости подобного оборудования и использования его в промышленном садоводстве России.

Имея все входные данные по особенностям технологических процессов, становится возможным произвести модельный сравнительный расчёт трудовых и финансовых затрат на организацию уборочной кампании с целью выявления наиболее эффективной, в объективно сложившихся современных условиях.

Для получения более точного сравнения нами выбраны в качестве расчётного примера насаждения яблони интенсивного типа с урожайностью 40 т/га, что для условий южных регионов России является нормальным и стабильным уровнем, достижимым во всех почвенно-климатических зонах в орошаемых условиях. Расчёт проводился при помощи электронной программы, разработанной и запатентованной авторами



**Рис.** Блок-схема способов организации уборочной кампании  
**Fig.** Block schematic diagram of methods to organize a harvesting campaign

в 2020 году. Результаты расчёта показывают (табл. 1), что при увеличении уровня насыщенности техникой, существенно снижаются затраты ручного труда. Максимальное привлечение ручного труда отмечается при использовании сбора урожая в ящики. Затраты труда механизаторов, при ручном сборе, в целом снижаются при переходе с уборки в ящики на контейнерную технологию. При переходе с ручной уборки на комбайновую, затраты труда механизаторов в 2,5 раза превышают потребность их при выполнении ручных работ (обслуживание комбайна в виде замены заполненных контейнеров на пустые и поточная сортировка плодов на транспортной ленте). Также, с уровнем вовлеченности техники наблюдается устойчивая тенденция в сокращении суммарных затрат труда на организацию уборочной кампании.

Затраты на организацию уборочной кампании могут быть более точно рассчитаны лишь с учётом амортизационных затрат на сельскохозяйственную технику, расхода горюче-смазочных материалов, а также оплаты труда работников.

Для расчёта амортизационных затрат на сельскохозяйственную технику нами применён метод расчёта с учётом переноса её стоимости пропорционально стоимости ресурса и его расчётной выработки (объём моточасов работы) при выполнении работ в соответствии с технологической картой (табл. 2). При этом учитываются и наборы сельскохозяйственных машин, вовлечённых в каждую отдельную схему организации кампании. Так, для всех четырёх методов обязательным является организация погрузки и вывоза плодовой продукции, что обеспечивается, по нашим сценариям, при помощи подвижной техники в виде тракторов МТЗ 82.1 и МТЗ 320, агрегатированными

с прицепом и вилчатым погрузчиком. Поскольку при уборке урожая вручную другая техника не применяется, то она в данных сценариях не учитывается. Однако, следует отметить, что, несмотря на одинаковый объём массы плодов, количество моточасов использования отличается. Это связано с тем, что при загрузке плодов в ящики, существенно снижается загрузка как погрузчиков, так и транспортных средств вследствие относительно малой механической нагрузки на тару, которую она может выдержать. Так, пакеты из ящиков, установленные на поддоны состоят не более чем из четырёх ярусов ящиков по пять штук в каждом ярусе. При этом, во время погрузки урожая на транспортное средство такие пакеты нельзя загружать сверху.

Сбор же плодов в контейнеры позволяет загружать транспортное средство в полной мере, комплектуя прицепы в два яруса, что по рядному составу в полной мере использует грузоподъёмность самого прицепа. Соответственно, затраты на погрузку и транспортировку плодов в контейнерах не будут изменяться и при других сценариях организации уборочной кампании с дополнительным привлечением механизации в технологических процессах сбора урожая.

Для расчёта амортизации мы использовали нормативный метод, при котором в качестве показателя, объективно показывающего стоимость одного моточаса, нами были учтены: цена на технику (в ценах на момент написания статьи), а также нормативы моточаса на износ техники в количестве для тракторов – 10 тыс. ч, а для сельхозмашин – 6 тыс. ч.

С учётом видов работ по технологическим картам нами были учтены также оплата труда с начислениями по сдельно-премиальной системе, а также затраты на горюче-смазочные материалы (ГСМ) (табл. 3).



**Таблица 1.** Прогнозный расчёт затрат труда на организацию уборки яблок урожайностью 40 т/га в зависимости от выбранного способа на 1 га и 1 т

**Table 1.** Forecast calculation of labor costs for the organization of harvesting apples with cropping capacity of 40 t/ha, depending on the chosen method per 1 ha and 1 ton

Способ уборки	Затраты труда в чел.ч/га			Затраты труда в чел.ч/т		
	Всего	Трактористов	Ручной труд	Всего	Трактористов	Ручной труд
Вручную в ящики ёмкостью 20 кг	884,44	80	804,44	22,11	2,00	20,11
Вручную в контейнеры	462,22	23,11	439,11	11,56	0,58	10,98
Поточная в контейнеры	371,71	59,47	312,24	9,29	1,49	7,81
Механизировано (поточная уборка)	35,61	25,61	10	0,89	0,64	0,25

**Таблица 2.** Потребность в технике для организации уборки яблок урожайностью 40 т/га в зависимости от способа сбора урожая (моторочасов в расчёте на 1 га)

**Table 2.** The demand for equipment to organize the harvesting of apples with cropping capacity of 40 t/ha, depending on the harvesting method (motor hours per 1 ha)

Способ уборки	Трактор		Сельхозмашины			
	МТЗ 82.1	МТЗ 320	Прицеп 2-ПТС-4	Погрузчик ТУРС-1000	Контейнеровоз ППК-9	Плодоуборочный комбайн SP-05
Вручную в ящики ёмкостью 20 кг	53,33	26,67	53,33	26,67		
Вручную в контейнеры	21,33	1,78	21,33	1,78		
Поточная в контейнеры	57,7	1,78	21,33	1,78	36,36	
Механизировано (поточная уборка)	23,83	1,78	21,33	1,78		2,5
<b>Для расчёта амортизации</b>						
Моторесурс аппарата на износ, моторочасов	10000	10000	6000	6000	6000	6000
Стоимость аппарата, руб./шт.	2907000	1090000	390000	275000	568100	2330000

Было установлено, что с увеличением уровня интенсификации уборки плодов существенно снижаются и затраты на оплату труда. Причём уже при переходе от сбора в ящики - на контейнеры, по статье затрат «оплата труда» экономия составляет 52,3 %. Также значительно сокращаются затраты и на ГСМ (почти в 15 раз), а также на амортизацию сельскохозяйственной техники (почти в 3 раза).

Однако в дальнейших сценариях, при увеличении уровня использования техники, наблюдается повышение затрат на ГСМ. Максимум достигается при механизированной уборке, и на амортизацию сельскохозяйственных машин, с максимальным значением при поточном методе уборки.

Расчёты показывают, что наименьшие затраты как на 1 га, так и на 1 т плодов будут достигнуты при использовании полной механизации уборки. Снижение затрат в 4,77 раза по сравнению с вариантом поточной уборки, где ручной труд применяется лишь в обслуживании уборочного комбайна.

Относительно небольшая разница в затратах на организацию уборочной кампании вручную в контейнеры и поточной с использованием контейнеровоза. Это связано, в первую очередь со значительным увеличением затрат на амортизацию техники. Однако, вследствие ранее показанного эффекта от экономии потребности в рабочей силе, в условиях её дефицита, этот сценарий всё больше применяется в

интенсивном садоводстве.

Рассматривая затраты на организацию уборочной кампании по различным сценариям, становится вопрос о целесообразности перехода на применение исключительно механизированных методов уборки. Он, как видно из всех представленных данных, является более интенсивным и ресурсосберегающим. Однако, до сегодняшнего дня он не является широко используемым. В первую очередь, это связано с тем, что стоимость самого прицепного плодуборочного комбайна, который был нами включён в расчёт по технологическим картам, в сравнении с другими сельскохозяйственными машинами, значительна. Нужно учитывать и узкую специализацию применения этой техники – она способна стряхивать плоды с деревьев и загружать ими контейнеры, что не позволяет использовать эту технику для других видов работы, а, следовательно, до созревания самих плодов он будет простаивать.

Принимая во внимание, что сельскохозяйственные машины как носитель капитальной стоимости должны в полной мере использовать свой ресурс за определённый период, в нашем случае за 10 лет, при моторесурсе, равном 6000 ч, каждый год плодуборочный комбайн должен использоваться на 600 моторочасов в год. С учётом нормы выработки, равной 3,2 га за смену в 8 ч, можно рассчитать ежегодную максимальную нагрузку на эту технику:  $600/8 \text{ ч} = 75$  рабочих смен, при этом максимальная годовая нагрузка за

**Таблица 3.** Структура затрат на организацию уборки яблок урожайностью 40 т/га, в расчёте на 1 га и 1 т, в зависимости от способа сбора урожая

**Table 3.** The structure of costs for organizing the harvesting of apples with cropping capacity of 40 t/ha, on a per 1 ha and 1 t basis, depending on the harvesting method

Способ уборки	на 1 га, руб.				на 1 т плодов, руб.
	ФОТ*	ГСМ	Амортизация техники	Всего	
Вручную в ящики ёмкостью 20 кг	183811,73	5160,00	23098,89	212070,62	5301,77
Вручную в контейнеры	96579,33	344,00	7862,68	104786,01	2619,65
Поточная в контейнеры	80205,11	584,00	21878,13	102667,24	2566,68
Механизировано (поточная уборка)	7978,28	3944,00	9560,27	21482,55	537,06

*Примечание.* \*ФОТ – фонд оплаты труда

75 дней будет равняться 240 га.

На основе этих простых расчётов видно, что в случае применения плодуборочного комбайна, с учётом полной реализации его рабочего ресурса, площадь садов обслуживания должна быть не менее 240 га, однако при этом срок работы, исходя из нормативов, чтоб выработать свою годовую норму, составляет 75 смен. С учётом того, что, как правило, один сорт семечковых плодовых культур, при массовом сборе по календарным срокам составляет не более 10 дней, становится вопрос о создании на предприятии широко-го конвейера сортов с различными сроками созревания. Возможно также использовать рабочий режим в двух- или даже в трёхсменном режиме, что существенно может интенсифицировать работу комбайна. Это становится возможным, поскольку сам комбайн и его производственный цикл не связан со световым днём, а его выработка не зависит от внешнего освещения. Если принять во внимание, что комбайн на предприятии в период уборки будет работать в двухсменном режиме за календарный день, то площадь обслуживания им сада под одним сортом может быть не больше  $(3,2 \text{ га/смену} \times 10 \text{ дней уборки} \times 2 \text{ смены/день})$  64 га.

Кроме ресурса эксплуатации техники, важным является и её окупаемость при внедрении в производство. Окупаемость можно рассчитать исходя из экономического эффекта, который достигается при внедрении нового метода уборки и самого комбайна. При прочих равных условиях, в качестве сравнительного контроля можно взять метод уборки вручную в контейнеры, поскольку при нём затраты на погрузку и транспортировку урожая не изменяются в сравнении с другими способами уборки в подобную по ёмкости тару.

Расчётной точкой окупаемости можно взять минимальную площадь обслуживания, необходимую для достижения экономии средств, сопоставимой со стоимостью комбайна с привлечением дополнительно одного трактора МТЗ 82.1 (2,33 млн. руб. + 2,907 млн. руб. = 5,237 млн. руб.).

На 1 га экономический эффект (экономия затрат) при комбайновой уборке в сравнении с ручной уборкой в контейнеры составит 83303,46 руб./га (104786,01 - 21482,55 руб.).

В таком случае, окупаемость комбайна с трактором будет начинаться с площади насаждений 62,87 га (5237000 руб. / 83303 руб./га).

С учётом нормы выработки техники, равной 3,2 га за смену, плодуборочный агрегат только за счёт экономии средств будет окупаться за

$$\frac{62,87 \text{ га окупаемости}}{3,2 \text{ га норма выработки}} = 19,65 \approx 20 \text{ смен}$$

#### Выводы

Увеличение интенсификации уборочной кампании приводит к сокращению затрат рабочего времени, затрачиваемого для сбора урожая с 20,11 чел.ч/га до 0,25 чел.ч/га. При этом, при ручной уборке поточным методом, за счёт увеличения выработки рабочими, а при механизированной – за счёт исключения труда сборщиков.

С увеличением интенсификации производства, при использовании полной механизации уборки, сокращаются затраты как на 1 га, так и на 1 т плодов. Затраты снижаются в 4,77 раза по сравнению с поточным методом уборки, где ручной труд применяется лишь в обслуживании уборочного комбайна.

Установлено, что эффективное применение плодуборочного прицепного комбайна ограничивается максимальной годовой нагрузкой 240 га.

Полная окупаемость применения механизированной уборки урожая плодов яблони в сравнении с ручной уборкой в контейнеры наступает при использовании этой техники на площади от 62,87 га или времени работы не менее 20 рабочих смен.

#### Источник финансирования

Не указан.

#### Financing source

Not specified.

#### Конфликт интересов

Не заявлен.

#### Conflict of interests

Not declared.

#### Список литературы / References

- Weiler A.M. Seeing the workers for the trees: exalted and devalued manual labour in the Pacific Northwest craft cider industry. Agric Human Values. 2022;39(1):65-78. DOI 10.1007/s10460-021-10226-w.

2. Dewan S., Ernst E., El Achkar Hilal S., Horne R., Soares S., Kühn S. World employment and social outlook. Trends 2022. Geneva: ILO. 2022:1-124. DOI 10.54394/dspl5113.
3. Erkan M.M., Doğan A. Harvesting of Horticultural Commodities. Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities. 2019:129-159. DOI 10.1016/B978-0-12-813276-0.00005-5.
4. Shaheen F.A., Ali M. Potential of mechanization on output efficiency and cost minimization of farm operations in temperate fruit crops of Jammu & Kashmir, India. Agro Economist – An International Journal. 2020;7(2):79-88. DOI 10.30954/2394-8159.02.2020.2.
5. Ludwig-Ohm S., Dirksmeyer W., Klockgether K. Approaches to reduce food losses in German fruit and vegetable production. Sustainability. 2019;11(23):6576. DOI 10.3390/su11236576.
6. Brotons-Martínez J., Martín-Gorrioz B., Torregrosa A., Porras I. Economic evaluation of mechanical harvesting of lemons. Outlook on Agriculture. 2018;47:44-50. DOI 10.1177/0030727018762657.
7. Lu R., Zhang Zh., Pothula A.K. Innovative technology for apple harvest and in-field sorting. Fruit Quaterly. 2017;25(2):11-14.
8. Hu D., Ampatzidis Y., Liu G., Zhang Zh., Betitame K. Technology evolvement in mechanical harvest of fresh market apples. Smart Agriculture. 2022;1:1-21. DOI 10.1007/978-981-16-5316-2\_1.
9. Hamilton S.F., Richards T.J., Shafran A., Vasilaky K.N. Farm labor productivity and the effect of mechanization. SSRN Electronic Journal. 2020. DOI 10.2139/ssrn.3743620.
10. Rutledge Z., Mérel P. Farm labor supply and fruit and vegetable production. American Journal of Agricultural Economics. 2022:1-30. DOI 10.1111/ajae.12332.
11. Zhang Z., Wang Y.J., Zhang Zh.H., Li D.P., Wu Z.Z., Bai R., Meng G. Ergonomic and efficiency analysis of conventional apple harvest process. Int J Agric & Biol Eng. 2019;12(2):210-217. DOI 10.25165/j.ijabe.20191202.4567.
12. Ajay A., Mohan S. Mechanization for harvesting of fruit crops. Krishi Science. 2021;2(12):6-8.
13. Plasquy E., Florido M.C., Sánchez A.H. Effects of a manual harvesting device on the quality of the fermented green olives (cv. Manzanilla). Research of Agricultural Engineering. 2021;67(4):164-170. DOI 10.17221/7/2021-RAE.
14. Khandetod Y.P. Mechanization in horticulture crops: present status and future scope. Advanced Agricultural Research & Technology Journal. 2019;3(1):92-103.
15. He L., Schupp J. Sensing and automation in pruning of apple trees: a review. Agronomy. 2018;8(10):211. DOI 10.3390/agronomy8100211.
16. Navas E., Fernández R., Sepúlveda D., Armada M., Gonzalez-de-Santos P. Soft grippers for automatic crop harvesting: a review. Sensors. 2021;21(8):2689. DOI 10.3390/s21082689.
17. Shamshiri R.R., Weltzien C., Hameed I.A., Yule I.J., Grift T.E., Balasundram S.K., Pitonakova L., Ahmad D., Chowdhary G. Research and development in agricultural robotics: a perspective of digital farming. Int J Agric & Biol Eng. 2018;11(4):1-14. DOI 10.25165/j.ijabe.20181104.4278.
18. Mika A., Buler Z., Rabcewicz J., Białkowski P., Konopacka D. The orchard architecture dedicated for mechanical harvesting of dessert plums and prunes. Journal of Horticultural Research. 2019;27:1-10. DOI 10.2478/johr-2019-0001.
19. Karl A. Knickerbocker Wh., Peck G. Mechanically harvesting hard cider apples is more economically favorable than hand harvesting, regardless of farm scale. Hort Technology. 2022;32(4):359-368. DOI 10.21273/HORTTECH04988-21.
20. Zhang Zh., Zhang Zh., Wang W., Liu H., Sun Z. The role of a new harvest platform in alleviation of apple workers' occupational injuries during harvest. Journal of Agricultural Safety and Health. 2019;25(1):11-24. DOI 10.13031/jash.13103.
21. Hou J., Hu W., Wang W., Zhu H., Rende Z. Fruit vibration harvesting technology and its damage - a review. INMATECH - Agricultural Engineering. 2021;63(1):155-168. DOI 10.35633/INMATEH-63-16.
22. Zhang Zh., Lu R., Igathinathane C. A time and motion study for evaluation of apple harvest processes with different harvest methods. Transactions of the ASABE. 2020;63(6):1957-1967. DOI 10.13031/trans.14144.
23. He L., Fu H., Zia H., Manoj K., Zhang Q., Whiting M. Evaluation of a localized shake-and-catch harvesting system for fresh market apples. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal. 2018;19:36-44.
24. Kuta L., Li Z., Stopa R., Komarnicki P., Słupska M. The influence of manual harvesting on the quality of picked apples and the picker's muscle load. Comput. Electron. Agric. 2020;175:105511. DOI 10.1016/j.compag.2020.105511.

### Информация об авторах

**Дмитрий Валериевич Потанин**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: potanin.07@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>;

**Маргарита Игоревна Иванова**, канд. с.-х. наук, начальник отдела организации учета применения средств химизации и разработки проектно-сметной документации; e-мэйл: imi\_2712@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>;

**Вячеслав Иосифович Иванченко**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: magarach.iv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>;

**Евгений Александрович Маслич**, канд. экон. наук, доцент кафедры финансов и кредита; e-mail: maslich.76@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6516-5231>;

**Олег Григорьевич Замета**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: zameta\_oleg@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7449-2840>;

**Сергей Васильевич Михайлов**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: et-miha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0859-1699>.

### Information about authors

**Dmitry V. Potanin**, Cand. Agric. Sci., Associate Professor, Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: potanin.07@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>;

**Margarita I. Ivanova**, Cand. Agric. Sci., Head of the Department for Organization of Accounting for the Use of Chemicals and Development of Design and Estimate Documentation; e-mail: imi\_2712@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>;

**Vyacheslav I. Ivanchenko**, Dr. Agric. Sci., Professor, Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: magarach.iv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>;

**Evgeny A. Maslich**, Cand. Economic Sci., Associate Professor, Department of Finances and Credit; e-mail: maslich.76@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6516-5231>;

**Oleg G. Zameta**, Cand. Agric. Sci., Associate Professor, Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: zameta\_oleg@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7449-2840>;

**Sergey V. Mikhailov**, Cand. Agric. Sci., Associate Professor, Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: et-miha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0859-1699>.

Статья поступила в редакцию 04.10.2022, одобрена после рецензии 29.11.2022, принята к публикации 21.02.2023.