

АВТОМАТИКА И РОБОТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ СВЕЖЕЙ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

**AUTOMATION AND ROBOTS FOR PROCESSING, STORAGE
AND TRANSPORTATION OF FRESH FRUITS AND VEGETABLES**

Д. В. Шестаков, студент

Н. Л. Лопаева, кандидат биологических наук, доцент

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Рецензент: О. В. Горелик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Аннотация

В данном обзоре рассматривается текущее состояние робототехники для обработки, хранения и транспортировки свежей плодоовощной продукции и освещаются новые значительные результаты в этой области.

В области робототехники для обработки, хранения и транспортировки свежей плодоовощной продукции было проведено ограниченное количество научно-исследовательских проектов, однако были представлены значительные новые результаты в этих областях. Применение роботов для стандартизации упакованной плодоовощной продукции относительно просто по сравнению с обработкой отдельных хрупких и неоднородных плодоовощных продуктов. Это может объяснить, почему в области упакованной плодоовощной продукции наблюдается относительно больший прогресс.

Ключевые слова: Хранение, перевозка, сохранение, роботы, манипуляторы.

Summary

This review examines the current state of robotics for the processing, storage and transportation of fresh horticultural products and highlights significant new results in this area.

A limited number of research projects have been conducted in the field of robotics for processing, storage and transportation of fresh horticultural products, but significant new results in these areas have been presented. Using robots to standardize packaged horticultural products is relatively easy compared to handling individual fragile and heterogeneous horticultural products. This may explain why there has been relatively more progress in the area of packaged horticultural products.

Keywords: Storage, transportation, preservation, robots, manipulators.

Структура и дефекты, такие как перезрелость и повреждение от ушибов, считаются основными препятствиями для распространения робототехники. Роботы должны справляться с продукцией, доставленной с нарушением ориентации и размещения, а также с проблемами окружающей среды, такими как широкий диапазон влажности и температуры, приводящими к проблемам конденсации на электронных схемах или росе на датчиках всех видов. Это требует разработки механизмов манипуляторов, органов управления и концевых манипуляторов для взаимодействия с окружающей средой, методов зондирования, мобильности и разработки рабочих ячеек. Типичные приложения, в которых процессы визуализации и электросенсинга могут использоваться для управления роботами, включают определение общего качества фруктов, измерение внутренних параметров качества или обнаружение механических или физиологических повреждений для соответствующей сортировки продукции или при-

влечения роботов для автоматической обрезки для устранения дефектов[1]. Другими словами, обработанные изделия отбираются с конвейера и подаются на устройство для резки или обрезки для дальнейшей обработки продукции с целью поддержания постоянства качества готовой продукции.

Этот процесс обработки плодоовощной продукции можно сравнить с обработкой любой другой промышленной продукции, такой как телевизор или микроволновая печь. Основные различия заключаются в: специфике окружающей среды, связанной с тем, что садоводческая продукция еще жива и требует особых условий окружающей среды; хрупкости продукции к механическим повреждениям и ее чувствительности к изменениям условий окружающей среды; и длительности времени использования робота. Особенности условий окружающей среды, в которых обрабатывается и хранится продукция, требуют, чтобы робот мог нормально работать как при температуре окружающей среды, так и при низких температурах (близких к 0°C) и очень высокой относительной влажности (близкой к 100%), а также при опасных для человека составах газов (близких к 1% O₂ и до 20% CO₂), в которых иногда хранится продукция [15]; а также при непрерывном чередовании условий от окружающей среды до любых других условий. С точки зрения хрупкости продукции к механическим повреждениям, легко понять, что садоводческая продукция гораздо более чувствительна, чем любые промышленные изделия из металла, пластика или дерева. С точки зрения периода использования, промышленные роботы обычно используются в течение 12 месяцев/год, что делает их применение в целом экономически интересным. Однако в садоводстве каждый робот применяется в течение любого периода времени - от нескольких дней до целого года, в зависимости от типа работы, выполняемой роботом, обрабатываемой им продукции, периода производства продукции, который зависит от вида продукции и локализации, а также от системы производства (теплица или полевое производство, свежая продукция или хранимая, холодный климат или субтропический, климатическая продукция или неклиматическая и т.д.). Все эти особенности садоводческой продукции должны быть учтены при разработке любого робота, предназначенного для использования в садоводстве.

Основной целью данной статьи является обзор текущего состояния исследований и разработок в области робототехники, применяемой для обработки, хранения и транспортировки свежей плодоовощной продукции до и после ее помещения в контейнер, а также освещение новых значимых результатов в этой области. Однако больше внимания будет уделено обработке отдельных продуктов и особенностям условий окружающей среды, которые делают задачи по обработке, хранению и транспортировке плодоовощной продукции иными и более сложными, чем обработка любого другого стандартного продукта.

Автоматизация и роботы для обработки свежей плодоовощной продукции

Послеуборочные технологии включают в себя задачи сохранения качества свежей продукции с точки зрения внешнего вида, текстуры, вкуса, питательной ценности и т.д., защиты продукции, обеспечения безопасности пищевых продуктов и сокращения средних потерь между сбором урожая и потреблением. Время, в течение которого продукция подвергается воздействию любых неблагоприятных условий, обычно прямо пропорционально снижению качества любой плодоовощной продукции. Следовательно, время переработки является одним из наиболее важных и контролируемых факторов, влияющих на качество продукции. Любая задержка рано или поздно приведет к важным последствиям для конечного качества продукции на этапе маркировки, что может привести к значительной потере товарной стоимости [2].

Другим контролируемым фактором, влияющим на качество продукта, является количество манипуляций с продуктом или его контакт с любым неподвижным или подвижным объектом без защиты. Системы упаковки должны быть разработаны для быстрого и эффективного охлаждения, чтобы предотвратить физическое повреждение продукции и облегчить процессы обработки и хранения. Наконец, следует выбрать и поддерживать условия хранения в холодильной и контролируемой атмосфере, чтобы замедлить порчу скоропортящихся продуктов вследствие: (1) старения, созревания, размягчения и изменения цвета ; (2) нежелательных метаболических изменений и выделения тепла дыхательными путями; (3) потери влаги и последующего увядания; (4) порчи из-за вторжения бактерий, грибов или дрожжей; и (5) нежелательных физиологических процессов, таких как прорастание.

Для поддержания качества плодоовощной продукции путем применения полученных ранее знаний производители предлагают ряд решений, основанных на контроле, автоматизации и робототехнике. Например, чтобы сократить время обработки продукции, подверженной любым неблагоприятным условиям, индустрия обработки предлагает сократить время между сбором урожая и хранением на холоде, используя высокоскоростные системы обработки, такие как дисплейные контейнерные загрузчики для картофеля, лука, моркови и других предварительно упакованных продуктов, которые способны обеспечить скорость обработки до 80 единиц по 2,5 кг в минуту. Автоматические загрузчики обычно доступны для загрузки контейнеров размером 800 x 600 мм. В этом процессе, поскольку все основные движения, включая поворот упаковки, уже выполняются роботом в других отраслях, требуется очень мало традиционных технологий и механических компонентов, что приводит к созданию очень надежной системы. Роботы-загрузчики ящиков также доступны для систем предварительной комплектации и размещения, которые загружают пакеты, клэмшеллы и другие мелкие упаковочные единицы в стандартные ящики 600 x 400 мм. Робот имеет компактную конструкцию, экономящую пространство и затраты, и подается конвейерами для подачи сыпучих или упакованных продуктов. Внешние типы упаковочных единиц, такие как деревянные ящики, картонные коробки, поступают в систему по конвейерам либо с удаленных, либо с низкорасположенных ящикоукладчиков. Удаленный дештабелер, расположенный на антресольном этаже или рядом с роботом-комплектовщиком, отделяет упаковочные единицы от верхней части штабеля и подает их на упаковочные линии. Роботы-укладчики и паллетизаторы обеспечивают гибкое и относительно недорогое решение и высокую пропускную способность с двумя или более местами действия для одной или нескольких производственных линий загрузки паллет. В процессе комплектации и укладки на упаковочном предприятии многозадачные операции позволяют укладывать пакеты, ящики, коробки и даже слоистые листы с помощью одной роботизированной установки. Комплектация и размещение - это когда робот перемещает предметы из одного места в другое, например, с конвейера производственной линии на другой конвейер упаковочной линии. Робот часто управляется системой технического зрения.

Автоматизация и роботы для хранения свежей плодоовощной продукции

Различные методы хранения свежей плодоовощной продукции используются на коммерческой основе. Наиболее распространенной и часто используемой системой хранения является холодильная камера. Эта система хранения состоит из непрерывного и равномерного контроля температуры и влажности внутри хорошо изолированных помещений или зданий. Условия хранения свежей плодоовощной продукции варьируются по температуре от 0 до 15° С и по относительной влажности от 65 до 98%. Эти условия обычно регулируются механическим охлаждением и электрическим термостатом и увлажнителем, или с помощью электрон-

ной автоматизированной системы, основанной на регулировании энтальпии окружающего воздуха [3].

Хранение в контролируемой атмосфере, часто используемое в послеуборочной технологии фруктов и овощей, состоит из контроля концентрации O_2 , CO_2 и N_2 в идеально герметичном холодильном помещении. Хранение в модифицированной атмосфере или упаковка также используется для плодоовощной продукции. Как правило, она заключается в изменении газового состава внутренней атмосферы упаковочной единицы, которая может быть как маленькой - 200 г (например, для листовых овощей), так и большой транспортабельной единицей, такой как паллета размером от 250 до 1 000 кг (например, для клубники). Концентрация газа, в целом не отличается, за исключением размеров установок, которые чрезвычайно различны и используют совершенно разные системы создания и контроля атмосферы. Этилен (C_2H_4) иногда контролируется путем очистки, например, перманганатом калия или O_3 (озон), или промывкой для лучшего контроля качества продукции, реагирующей на него. Контроль температуры, влажности и состава атмосферы может осуществляться вручную, но для достижения более точных и равномерных условий существуют автоматизированные системы, часто измеряющие состав газа и выполняющие соответствующую настройку системы обработки газа. Для хранения свежих продуктов роботизированная система обработки должна быть способна работать в условиях окружающей среды, обычно встречающихся в складских помещениях. В то же время, роботы должны быть способны работать в условиях, существующих за пределами складского помещения, поскольку им постоянно приходится перемещать продукты в складское помещение и обратно. Кроме того, они должны быть устойчивы к высокой влажности окружающей среды, которая постоянно меняется. Помимо условий влажности, основные принципы, используемые при разработке промышленных роботов для хранения продукции, в основном такие же, как и для садоводческих целей. Робот должен быть способен перемещаться в определенной среде, распознавая неподвижные и движущиеся объекты, состоящие из рядов и колонн продукции, стен, дверей, людей и других роботов, работающих индивидуально или в сотрудничестве с людьми и другими роботами.

Существует два больших преимущества роботов, используемых для хранения плодоовощной продукции. Первое – это способность робота управлять чрезвычайно большим количеством информации, связанной с любым конкретным продуктом. Эти частицы информации могут быть связаны с типом продукции, происхождением, датой сбора урожая, датой переработки, первоначальным качеством, конечным пунктом назначения и т.д. Информация может легко передаваться от роботов и к ним для целей управления и повышения эффективности. Например, поддержание связи между информацией и продукцией необходимо для выбора и реализации любых типов управления, таких как «первым пришел – первым ушел», «предпочтение потребителя», «качество» или «срок годности» [4]. Второе преимущество заключается в том, что в условиях большого удобства робот может рассматриваться как экономический аспект при обработке продукции, например, оптимизация занимаемого пространства, организация движения транспорта и управление порядком комплектации для максимизации эффективности обработки и минимизации времени ожидания продукции в доках или длительности процесса загрузки грузовиков. Еще одно преимущество робота, которое еще не было исследовано в садоводстве, – это способность робота работать в опасных условиях, таких как помещение СА или атмосфера с высокой концентрацией O_3 для контроля C_2H_4 . В случае контроля C_2H_4 необходимо понимать, что оптимальный уровень O_3 для наилучшего контроля C_2H_4 обычно слишком высок для безопасности работников, что значительно ограничивает использование этой интересной техники.

Автоматизация и роботы для транспортировки свежей плодоовощной продукции

Наземные перевозки свежей плодоовощной продукции обычно осуществляются грузовиками и иногда по железной дороге. Транспортировка за границу осуществляется на кораблях или самолетах. Ограниченное количество высокоценной продукции иногда перевозится по суше по воздуху. Основные требования к условиям во время транспортировки аналогичны тем, которые необходимы для хранения, включая надлежащий контроль температуры и влажности, а также достаточную вентиляцию. В дополнение к требованиям к условиям окружающей среды, продукция должна быть обездвижена с помощью надлежащей упаковки, штабелирования и методов крепления, чтобы избежать чрезмерного движения или вибрации, не нанося вреда циркуляции воздуха для поддержания равномерного распределения температуры внутри груза. Погрузку грузовиков с продуктами могут выполнять роботы, оснащенные системой технического зрения и встроенными датчиками, способными обнаруживать объекты или людей, преграждающих им путь, находить и следовать по определенному маршруту. Для выполнения этой задачи, связанной с транспортировкой, роботы должны быть достаточно компактными, чтобы выполнять ее в ограниченном рабочем пространстве, прочными, но способными выполнять тонкие и очень точные операции, поскольку размещение груза в грузовике сильно влияет на циркуляцию воздуха. Для выполнения этих задач транспортные роботы в сочетании с вилами и лифтом могут перевозить упакованные промышленные товары, а также плодоовощную продукцию [5].

Выводы и будущие направления

Упаковка и охлаждение предотвращают физические повреждения и уменьшают физиологические и патологические повреждения продукции. Автоматизация и роботы способны ускорить послеуборочные процессы, сократить период, в течение которого скоропортящаяся продукция подвергается воздействию нежелательных условий, а также повысить удобство и уровень безопасности человеческих операций по обработке свежей плодоовощной продукции. Роботы-укладчики могут обеспечивать более одного блюда одновременно и работать в рамках многолинейного производства. Роботы-комплектовщики, адаптированные к промышленному использованию для работы с предварительно упакованными пакетами, лотками или коробками, содержащими свежие фрукты или овощи, становятся все более доступными и способными выполнять сложные задачи, но они должны быть перепроектированы в соответствии со специфическими требованиями и условиями окружающей среды в садоводстве.

Библиографический список

1. *Аишурбекова Ф. А., Гамзатова Б. А., Кагерманов Б. К.* Производство плодоовощной продукции в Дагестане [Электронный ресурс] // Вестник АГАУ. 2015. № 9 (131). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-plodoovoschnoy-produktsii-v-dagestane> (дата обращения: 24.11.2022).
2. *Журабоев К. А., Маликов О. Б.* Совершенствование доставки скоропортящихся грузов [Электронный ресурс] // СПТКР. 2012. № 2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-dostavki-skoroportyaschihsya-gruzov> (дата обращения: 24.11.2022).
3. *Бакиев А. Р., Бакиева И. А., Умурзоков Ж. Ш.* Перспективы развития производства и экспорта плодоовощной продукции в Узбекистане [Электронный ресурс] // Экономика и финансы (Узбекистан). 2017. № 2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-proizvodstva-i-eksporta-plodoovoschnoy-produktsii-v-uzbekistane> (дата обращения: 24.11.2022).

4. *Успенский И. А., Юхин И. А., Шафоростов В. А., Креков С. А.* Возможности повышения эффективности уборочно-транспортного процесса плодоовощной продукции [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 110. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-povysheniya-effektivnosti-uborochno-transportnogo-protssesa-plodoovoschnoy-p-roduksii> (дата обращения: 24.11.2022).

5. *Удалова З. В., Мухаметзянов Р. Р.* Динамика развития современного плодоовощного рынка России // Вестник Российской таможенной академии. 2015. № 3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-razvitiya-sovremennogo-plodoovoschnogo-rynka-rossii> (дата обращения: 24.11.2022).