

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-9-40-47>

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА ПЛОДОВ ЯБЛОНЕВЫХ КУЛЬТУР

Чирков В.В., Пимонов А.Ю.

Ключевые слова: колоновидные яблони, сбор плодов, автоматизированная система, манипуляционный робот.

Аннотация. В статье рассмотрена концепция построения автоматизированной системы сбора плодов яблоневого культур, с использованием манипуляционного робота. Данная система представляет собой тракторную тележку, оснащенную манипуляционным роботом и системой затаривания с контейнером для сбора плодов. Робот оснащен вакуумным захватным устройством и системой технического зрения. На тележке также устанавливаются генератор для обеспечения электроснабжения, вакуумный насос для захватного устройства и система управления оборудованием.

AUTOMATION OF HARVESTING APPLE FRUITS

Chirkov V.V., Pimonov A.Yu.

Keywords: columnar apple trees, harvesting, automated system, manipulation robot.

Abstract. The article discusses the concept of building an automated system for harvesting apple fruits using a manipulation robot. This system is a tractor trolley equipped with a manipulation robot and a packaging system with a container for picking fruit. The robot is equipped with a vacuum gripper and a vision system. A generator is also installed on the trolley to provide power, a vacuum pump for the gripper, and an equipment control system.

В настоящее время в сельском хозяйстве широко применяется автоматизация, активно внедряются новые технические средства и механизмы, в том числе и манипуляционные роботы. Автоматизируется сбор, транспортировка и переработка продукции сельского хозяйства, а также большое количество других технологических задач, отличающихся своей спецификой. Разные задачи имеют свои особенности, и требуют различных подходов автоматизации. Многие задачи уже автоматизированы либо решены посредством механизации, при этом для решения некоторых задач автоматизация только начинает использоваться. Одной из таких задач является сбор фруктов. Автоматизация сбора фруктов сложна вследствие чувствительности плодов к механическим повреждениям. Механические повреждения плодов сокращают срок их хранения, что делает невозможным использования многих методов автоматизации.

Использование манипуляционного робота оснащенного системой технического зрения позволяет автоматизировать сбор фруктов, сохраняя их целостность. В научно-исследовательской лаборатории «Мехатроника и робототехника» Брянского государственного технического университета под руководством к.т.н., доцента Крахмалева О.Н., совместно с д.с.-х.н., профессором Ожерельевым В.Н., представляющим Брянский государственный аграрный университет, проводятся исследования по автоматизации сбора плодов колоновидных яблоневых культур. Колоновидная яблоня – это натуральный клон яблони, у которой не

образуется боковых ветвей [1] (рис. 1). Ствол и вертикальные скелетные ветви колоновидной яблони обрастают короткими плодовыми образованиями. Благодаря этому её можно формировать в виде колонны — одним стволом. Компактная форма яблони позволяет осуществлять сверхплотное размещение растений на площади сада (до 20 тысяч деревьев на 1 га). Сад из колоновидных деревьев даёт высокие урожаи начиная уже со второго-третьего года после посадки и плодоносит до 15 лет. Взрослые деревья обычно не высокого роста 2,5 – 3 метра. С каждого дерева можно собрать от 5 до 15 килограмм яблок, масса плодов от 150 до 250 грамм. Данный вид яблоневого культур хорошо подходит для автоматизации их сбора, так как яблони не большого роста и плоды, располагающиеся вдоль ствола, доступны для манипулятора, при этом не создаётся помех в виде ветвей.



Рис. 1. Колоновидные яблони (фото с сайта m.pp.ru)

Одним из важных вопросов при автоматизации сбора плодов является обеспечение автономности система. Это связано с тем, что система будет работать в саду, и не будет иметь доступа к стационарным источникам энергии. Предлагаемая автоматизированная система (рис. 2) представляет собой платформу на колёсном ходу, на которой установлены манипулятор, система затаривания, система технического зрения, система управления, генератор вакуума, генератор электроэнергии и контейнер. Платформа идет в сцепке с трактором и перемещается по саду между деревьями. С помощью трактора также решается проблема автономного питания электрооборудования путём подключения генератора к валу отбора мощности.

Основой автоматизированной системы является манипуляционный робот. Задачей робота является подвод захватного устройства к плоду и

осуществление движения отрыва яблока от дерева. В данной системе используется манипуляционный робот KUKA KR 30-3. Грузоподъемность робота составляет 30 килограмм, что позволяет выполнять сбор яблок при устанавливаемых на манипуляторе системы технического зрения, захватного устройства и системы затаривания.

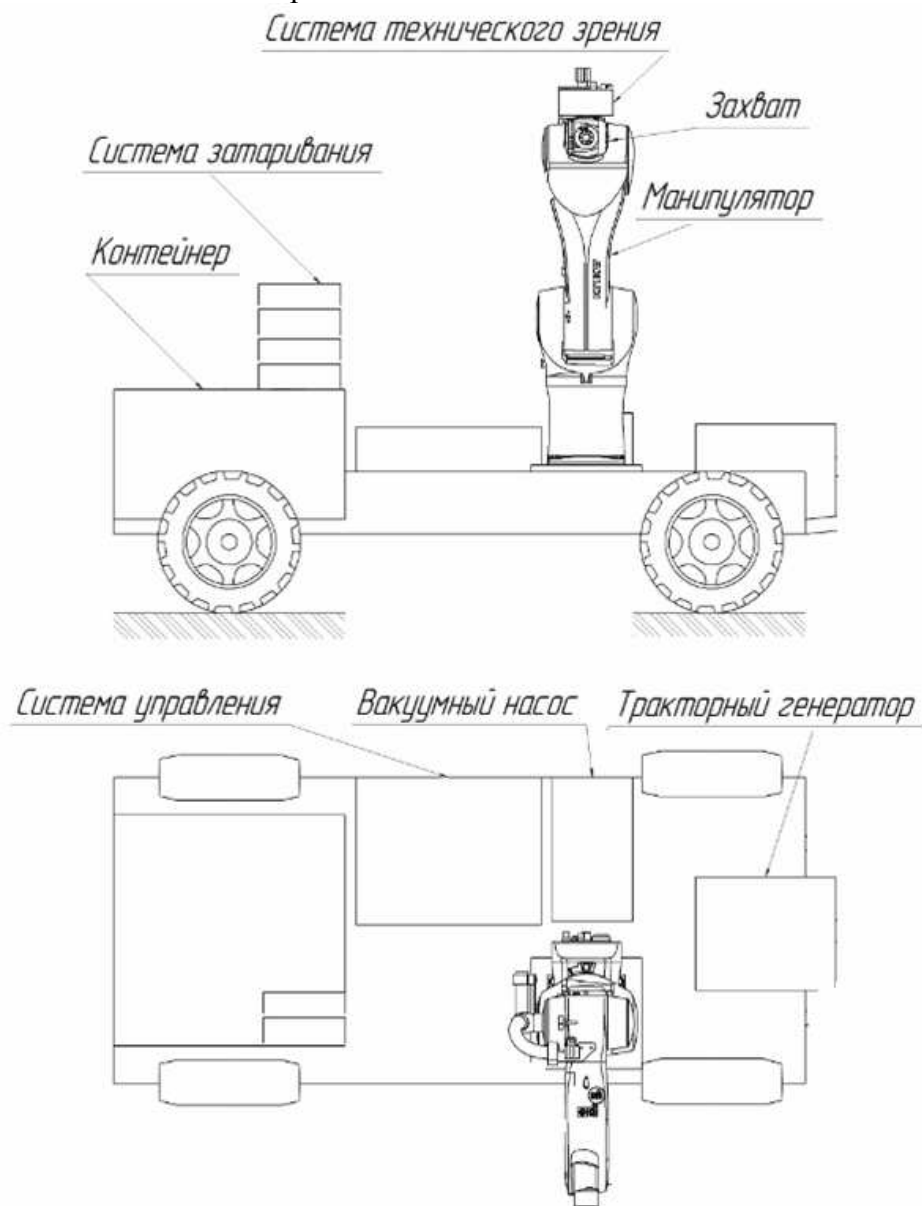


Рис. 2. Автоматизированная система сбора плодов

Важной характеристикой при выборе робота является рабочая зона (рис. 3), она должна обеспечивать роботу возможность «дотянуться» до всех яблок на дереве, до тех которые висят в самом низу и до тех которые находятся на верхушке дерева.

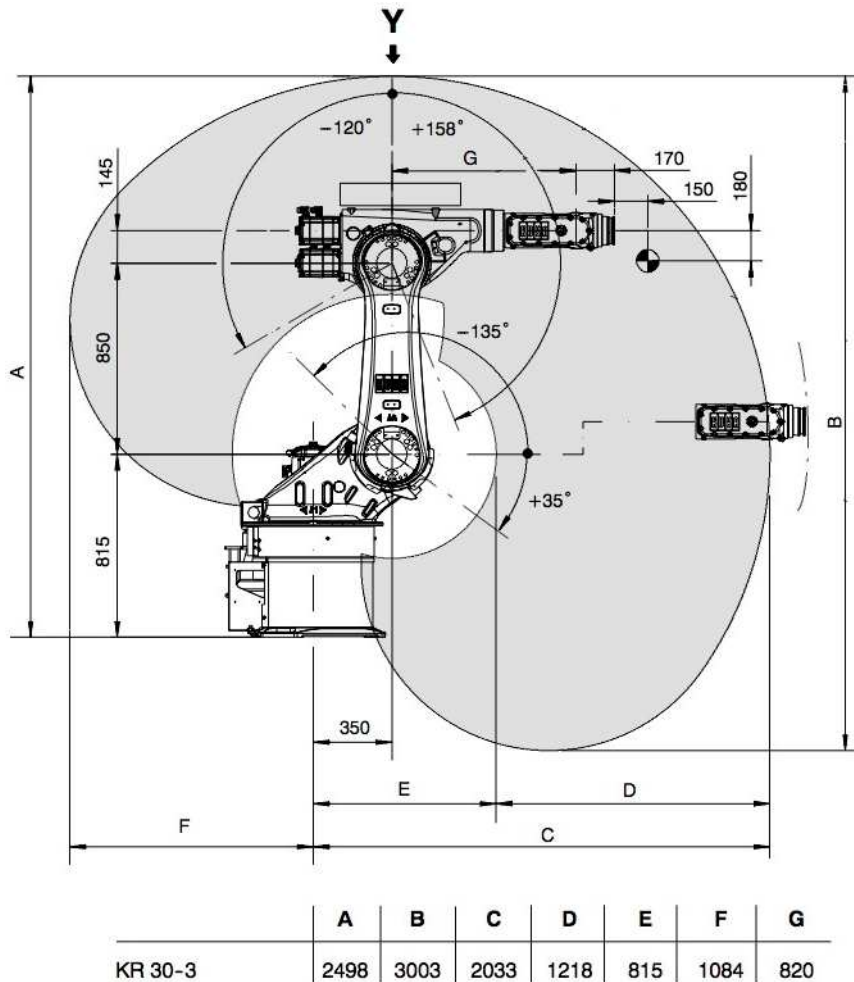


Рис. 3. Рабочее пространство манипулятора

В качестве захватного устройства используется вакуумная присоска.

Данный тип захватного устройства хорошо подходит для работы с яблоками, так как яблоко имеет гладкую воздухонепроницаемую поверхность. Мягкая поверхность вакуумной присоски позволяет не повреждать яблоко, что очень важно для увеличения срока хранения яблочной продукции. Вакуумные захваты обладают высоким быстродействием, что обеспечивает короткое время цикла выполнения операции, и высокой энергоэффективностью, что также не маловажно в полевых условиях. Для питания захватного устройства и механизма улавливания яблок вакуумом используется система генератора вакуума.

Для сокращения цикла съёма яблока и промежуточного хранения яблок используется система затаривания. Система затаривания представляет собой выдвигающиеся кольцо, которое находится в исходном положении во время позиционирования манипулятора относительно яблока, при захвате яблока и его отрыве, и выдвигается после отрыва яблока для улавливания плода. Так

же она имеет рукав, который служит для транспортировки плодов в контейнер, и промежуточного хранения плодов внутри рукава при сборе низко весящих яблок. И контейнер для складирования яблок имеющий габариты 1120×1120×770. Контейнер служит для складирования яблок во время работы автоматизированной системы. После наполнения контейнер может быть снят и заменен новым. В дальнейшем наполненные контейнеры транспортируются на склад либо на переработку.

Информацию о положении яблок и их координатах робот получает от системы технического зрения. При сборе яблок важной задачей является определение местоположения и координат плодов, потому что прежде чем начать цикл сбора яблока система управления должна обладать данной информацией. Данная задача решается при помощи средств технического зрения, которая способна распознать яблоко среди множества разнородных объектов, таких как ветви и листва, так же определить координаты конкретного яблока перед началом цикла сбора.

В разрабатываемой системе управления роботом будут реализованы прикладные научные результаты, полученные в научно-исследовательской лаборатории «Мехатроника и робототехника» и опубликованные ранее [2-21]. Практическая реализация данного проекта позволит сократить количество ручного труда в сельском хозяйстве, в частности в области выращивания и переработки плодов яблоневых культур.

Список литературы

1. Колоновидная яблоня: посадка и уход. Растениевод [Электронный ресурс]. URL: <https://rastenievod.com/kolonovidnaya-yablonya.html>
2. Крахмалев О.Н. Моделирование движения манипуляционных систем с упругими звеньями / О.Н. Крахмалев, А.П. Болдырев, Л.И. Блейшмидт // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – №3. – С. 31-38.
3. Крахмалев О.Н. Исследование малых отклонений от программных движений манипуляционных систем с упругой податливостью, сосредоточенной в сочленениях звеньев // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – №4. – С. 39-46.
4. Крахмалев О.Н. Моделирование обобщенных сил, действующих на звенья манипуляционных систем / О.Н. Крахмалев, А.П. Болдырев // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – №1. – С. 115-121.
5. Крахмалев О.Н. Математическое моделирование динамики манипуляционных роботов // В мире научных открытий. – 2012. – №8.1 (32). – С. 51-59.
6. Крахмалев О.Н. Методика анализа влияния сил инерции на динамику манипуляционных роботов // Теория механизмов и машин. – 2012. – №2 (20). – Т. 10. – С.41-53.

7. Крахмалев О.Н. Точность управляемого движения промышленных роботов и многокоординатных станков: монография. – Брянск: БГТУ, 2015. – 236 с.
8. Крахмалев О.Н. Математическое обеспечение систем управления промышленными роботами и многокоординатными станками для коррекции влияния на их движение геометрических отклонений / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, О.Н. Федонин // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2016. – №3. – С. 28-35.
9. Крахмалев О.Н. Обеспечение точности многокоординатных станков и промышленных роботов методом коррекции геометрических отклонений / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, О.Н. Федонин // СТИН. – 2016. – №11. – С. 7-11.
10. Крахмалев О.Н. Моделирование отклонений в шарнирах манипуляционных систем промышленных роботов и многокоординатных станков / О.Н. Крахмалев, Г.Н. Крахмалев // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – №4 (14). – С.18-22.
11. Крахмалев О.Н. Методы калибровки центра инструмента промышленных роботов / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, Г.Н. Крахмалев, А.Ю. Пимонов // Робототехника и искусственный интеллект: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Железногорск, 25 ноября 2016 г.). – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – С. 34-40.
12. Крахмалев О.Н. Математическое обеспечение управления манипуляционными роботами: монография. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. –113 с.
13. Крахмалев О.Н. Объектно-ориентированное моделирование динамики манипуляционных систем на основе матриц преобразования однородных координат // Робототехника и техническая кибернетика. – 2017. – №2(15). – С. 32-36.
14. Крахмалев О.Н. Математические модели для калибровки центра инструмента промышленных роботов / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, Г.Н. Крахмалев, А.Ю. Пимонов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – №1 (54). – С. 44-49.
15. Крахмалев О.Н. Математические модели систем управления для калибровки базы промышленных роботов / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, О.Н. Федонин // СТИН. – 2017. – №6. – С.23-29.
16. Крахмалев О.Н. Математические модели систем управления для калибровки ориентации инструмента промышленных роботов / О.Н. Крахмалев, Д.И. Петрешин, Г.Н. Крахмалев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – №10 (18). – С. 664-668.
17. Крахмалев О.Н. Моделирование манипуляционных систем роботов: учебное пособие. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. –165 с.

18. Крахмалев О.Н. Модернизация манипуляционного робота / О.Н. Крахмалев, А.И. Рыжиченко, Н.А. Мехедов, В.В. Чирков // Автоматизация и управление в машиностроении. – 2017. – №2(27). – С. 19-23.
19. Крахмалев О.Н. Методы объектно-ориентированного моделирования манипуляционных систем роботов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – №1(327). – С. 96-105.
20. Крахмалев О.Н. Объектно-ориентированное моделирование манипуляционных систем роботов // Робототехника и техническая кибернетика. – 2018. – №4(21). – С. 41-47.
21. Крахмалев О.Н. Использование структурных мутаций в объектно-ориентированных математических моделях манипуляционных систем роботов // Математическое моделирование. – 2019. – Т. 31. – №6. – С. 129-144.

References

1. Column-shaped apple tree: planting and care. Plant Grower [Electronic resource]. URL: <https://rastenievod.com/kolonovidnaya-yablonya.html>.
2. Krakhmalev O.N. Modeling the movement of manipulation systems with elastic links / O.N. Krakhmalev, A.P. Boldyrev, L.I. Bleyschmidt // Bulletin of the Bryansk State Technical University, 2010, no 3, pp. 31-38.
3. Krakhmalev O.N. The study of small deviations from the programmed movements of manipulation systems with elastic compliance concentrated in the joints of links // Bulletin of the Bryansk State Technical University, 2011, no 4, pp. 39-46.
4. Krakhmalev O.N. Modeling of generalized forces acting on the links of manipulation systems / O.N. Krakhmalev, A.P. Boldyrev // Bulletin of the Bryansk State Technical University, 2011, no 1, pp. 115-121.
5. Krakhmalev O.N. Mathematical modeling of the dynamics of manipulation robots / O.N. Krakhmalev // In the world of scientific discoveries, 2012, no 8.1(32), pp. 51-59.
6. Krakhmalev O.N. Methodology for the analysis of the influence of inertia forces on the dynamics of manipulation robots // Theory of mechanisms and machines, 2012, vol. 10, no 2(20), pp. 41-53.
7. Krakhmalev O.N. The accuracy of the controlled movement of industrial robots and multi-axis machines: monograph // Bryansk: BSTU, 2015, 236 p.
8. Krakhmalev O.N. Mathematical support of industrial robots and multi-axis machine control systems to correct the influence of geometric deviations on their movement / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, O.N. Fedonin // Problems of mechanical engineering and automation , 2016, no 3, pp. 28-35.
9. Krakhmalev O.N. Ensuring the accuracy of multi-axis machines and industrial robots by the method of correcting geometric deviations / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, O.N. Fedonin // STIN, 2016, no 11, pp. 7-11.
10. Krakhmalev O.N. Modeling deviations in the hinges of handling systems of industrial robots and multi-axis machines / O.N. Krakhmalev, G.N.

- Krakhmalev // Automated technologies and production, 2016, no 4(14), pp. 18-22.
11. Krakhmalev O.N. Calibration methods for tool center of industrial robots / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, G.N. Krakhmalev, A.Yu. Pimonov // Robotics and Artificial Intelligence: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation (Zheleznogorsk, Nov 25, 2016), Krasnoyarsk: Sib. Feder. Univ., 2016, pp. 34-40.
 12. Krakhmalev O.N. Mathematical support of manipulation robots control: monograph. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016, 113 p.
 13. Krakhmalev O.N. Object-oriented modeling of the dynamics of manipulation systems based on transformation matrices of homogeneous coordinates // Robotics and technical cybernetics, 2017, no 2 (15), pp. 32-36.
 14. Krakhmalev O.N. Mathematical models for calibrating the tool center of industrial robots / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, G.N. Krakhmalev, A.Yu. Pimonov // Bulletin of the Bryansk State Technical University, 2017, no 1(54), pp. 44-49.
 15. Krakhmalev O.N. Mathematical models of control systems for calibrating the base of industrial robots / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, O.N. Fedonin // STIN, 2017, no 6, pp. 23-29.
 16. Krakhmalev O.N. Mathematical models of control systems for calibrating tool orientation of industrial robots / O.N. Krakhmalev, D.I. Petreshin, G.N. Krakhmalev // Mechatronics, automation, control, 2017, no 10(18), pp. 664-668.
 17. Krakhmalev O.N. Modeling of manipulation systems of robots: a training manual / O.N. Krakhmalev. Saratov: IPR Media, 2018, 165 p.
 18. Krakhmalev O.N. Modernization of the manipulation robot / O.N. Krakhmalev, A.I. Ryzhichenko, N.A. Mehedov, V.V. Chirkov // Automation and control in mechanical engineering, 2017, no 2(27), pp. 19-23.
 19. Krakhmalev O.N. Methods of object-oriented modeling of manipulation systems of robots // Fundamental and applied problems of engineering and technology, 2018, no 1(327), pp. 96-105.
 20. Krakhmalev O.N. Object-oriented modeling of manipulation systems of robots // Robotics and technical cybernetics, 2018, no 4(21), pp. 41-47.
 21. Krakhmalev O.N. The use of structural mutations in object-oriented mathematical models of manipulation systems of robots // Mathematical modeling, 2019, vol. 31, no 6, pp. 129-144.

Чирков Вадим Владимирович – студент, vadimc75@gmail.com	Chirkov Vadim Vladimirovich – student, vadimc75@gmail.com
Пимонов Андрей Юрьевич – аспирант, stservis12@mail.ru	Pimonov Andrey Yuryevich – graduate student, stservis12@mail.ru
Брянский государственный технический университет, Брянск, Российская федерация	Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation

Received 10.03.2020