

УДК 004.896:007.52

КОНЦЕПЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТОВ С ОДНИМ ОПЕРАТОРОМ

Статья поступила в редакцию 15.02.2021, в окончательном варианте – 23.02.2021.

Рыбаков Алексей Владимирович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
кандидат физико-математических наук, директор физико-математического института АГУ,
e-mail: rybakov_alex@mail.ru <http://orcid.org/0000-0003-1192-0913>

Степанович Екатерина Юрьевна, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики, e-mail:
stepekyr1@mail.ru

Михайлов Иван Викторович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студентка, e-mail: 051098anastasiya@gmail.com

Дусалиев Амит Бекторанович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студент, e-mail: amit19@mail.com

Астахов Федор Алексеевич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студент, e-mail: gsx-r600_k2@mail.ru

Авторами разработана концепция ресурсосберегающего роботизированного тепличного комплекса по выращиванию томатов под управлением одного оператора. Отдельное внимание в данной концепции уделяется вопросам использования мобильных транспортных роботов и мобильных роботов с манипуляторами для операций расстановки кассет с рассадой, формирования куста и сбора плодов. В качестве источников энергии для теплицы предлагается использовать альтернативные источники в совокупности с газовыми электрогенераторами и станциями для получения биогаза. Рассмотрены и экономические аспекты полной автоматизации тепличного комплекса.

Ключевые слова: роботизированный манипулятор, компьютерное зрение, агроехатроника, распознавание изображений, сельскохозяйственные роботы, автоматизированный сбор урожая, управление роботами

THE CONCEPT OF A ROBOTIC GREENHOUSE COMPLEX FOR GROWING TOMATOES WITH ONE OPERATOR

The article was received by the editorial board on 15.02.2021, in the final version – 23.02.2021.

Rybakov Aleksey V., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Director of the ASU Physical and Mathematical Institute,
e-mail: rybakov_alex@mail.ru <http://orcid.org/0000-0003-1192-0913>

Stepanovich Ekaterina Yu., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Physics, e-mail: stepekyr1@mail.ru

Mikhailov Ivan V., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: 051098anastasiya@gmail.com

Dusaliev Amit B., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: amit19@mail.com

Astakhov Fedor A., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: gsx-r600_k2@mail.ru

The authors developed the concept of a resource-saving robotic greenhouse complex for growing tomatoes under the control of a single operator. Special attention in this concept is paid to the use of mobile transport robots and mobile robots with manipulators for the operations of placing cassettes with seedlings, forming a bush and collecting fruits. As energy sources for the greenhouse, it is proposed to use alternative sources in conjunction with gas-fired

electric generators and stations for the production of biogas. The economic aspects of full automation of the greenhouse complex are also considered.

Keywords: robotic manipulator, computer vision, agromechanics, image recognition, agricultural robots, automated harvesting, robot control

Graphical annotation (Графическая аннотация)



Введение. В последнее время в связи с распространением эпидемии COVID-19 остро встал вопрос нехватки рабочей силы для выполнения сельскохозяйственных операций. Работодатели заявляют о нехватке кадров в сферах, где обычно трудились мигранты. Причиной обычно называют закрытие границ из-за пандемии. Сегодня на территории России находится на 0,6–1,4 млн (или на 10–20 %) иностранных рабочих меньше, чем было бы в обычное время [1]. Такая ситуация происходит на фоне ограничений на использование труда мигрантов и низкой мотивации трудоспособного населения нашей страны к выполнению тяжелой низкооплачиваемой работы [2]. Наблюдается ряд проблем, связанных с большой текучестью кадров и необходимостью поиска и обучения новых. Связанные с обучением прямо на рабочем месте проблемы приводят к значительным затратам со стороны сельхозпроизводителей и отрицательно влияют на качество продукции [3].

В то же время в тепличных хозяйствах остро стоит вопрос профилактики болезней растений, в том числе ограничение попадания бактерий и спор, переносимых человеком. Необходимо безоговорочное соблюдение фитосанитарных норм в процессе вегетации, снижающее количество вторичной инфекции, передающейся на рабочем инструменте, тележках, руках, одежде [4]. Более того, активно рассматриваются вопросы организации тепличных хозяйств в суровых условиях Крайнего Севера [5]. Все эти причины в совокупности со значительным снижением в последние годы стоимости электронных компонентов, распространенностью бесплатного программного обеспечения и средств разработки, увеличением вычислительных мощностей и созданием легких аккумуляторов большой емкости позволяют рассматривать альтернативой рутинному труду использование сельскохозяйственных роботов.

Структурная схема роботизированной теплицы. В данной работе предлагается концепция роботизированного тепличного комплекса, структурная схема которого показана на рисунке 1.

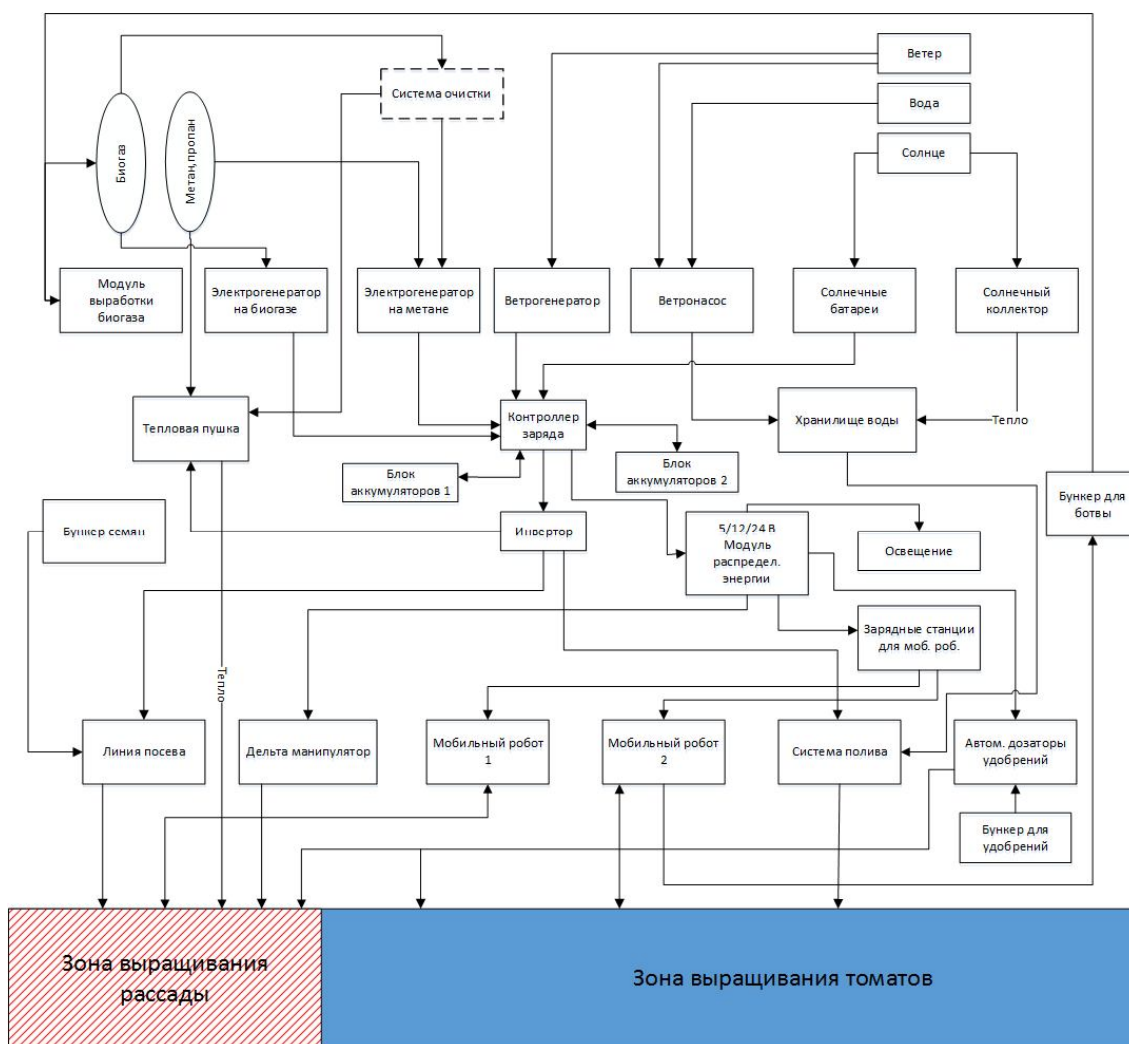


Рисунок 1 – Структурная схема роботизированной теплицы

Данная концепция предполагает разделение тепличного комплекса на зону выращивания рассады и зону выращивания плодов, в рассматриваемом случае – томатов. В зоне выращивания рассады может быть установлена автоматизированная линия посева, дополненная дельта-манипулятором и обслуживаемая мобильным роботом с манипулятором для выполнения операций с рассадой. В зоне выращивания томатов установлена автоматизированная система полива и автоматические дозаторы удобрений. Уборка томатов и ботвы осуществляется мобильными роботами с манипуляторами и транспортными роботами. Теплица обеспечивается электрической энергией и теплом за счет комбинации альтернативных и экологических традиционных источников: ветрогенератора, солнечных батарей, электрогенераторов на биогазе и метане. Вода перекачивается не только за счет электрических насосов, но и благодаря применению ветронасосов. Подогрев воды и обеспечение микроклимата в теплице возможно осуществить при помощи солнечного коллектора и тепловой пушки, работающей на метане. Оставшаяся после сбора урожая ботва вместе с испорченными плодами собирается в бункер и расходуется на выработку биогаза. Электрическая энергия, поступающая от всех источников, распределяется контроллером на зарядку аккумуляторных батарей, от которых питаются потребители постоянного тока низкого напряжения, например станции подзарядки роботов, и потребители переменного тока через инвертор.

Основными операциями при выращивании томатов являются [6]:

1. Посев семян томатов на рассаду.
2. Уход за рассадой томатов.
 - 2.1. Полив рассады помидоров.
 - 2.2. Подкормка рассады помидоров.
 - 2.3. Пикировка рассады помидоров.

3. Высаживание рассады в грунт.
4. Полив томатов в теплице.
5. Подкормка томатов.
6. Формирование томатов: пасынкование, прищипывание стебля и удаление листьев.
7. Обработка томатов.
8. Обрывание листьев.

Семена томата высевают как свежие, так и с длительностью хранения до 7 лет. Конкретные сроки посева зависят от принятой технологии подготовки рассады. Высев возможен в ящики, кассеты или горшочки с торфосмесью, заправленной удобрениями и нормализованной по кислотности. Сеют семена во влажный теплый субстрат на глубину 1–2 см, кассеты или ящики закрывают пленкой и ставят в темное место с температурой 22–25 °С. Посев проводят сухими семенами или их предварительно проращивают при температуре 22–24 °С до появления корешка [6].

Применение автоматизированных линий и стационарных роботов. Для операции автоматического посева хорошо зарекомендовали себя автоматизированные линии для посадки семян. Например, линии фирмы Urbinati (Италия). Именно их предлагается использовать в данной концепции (рис. 2).

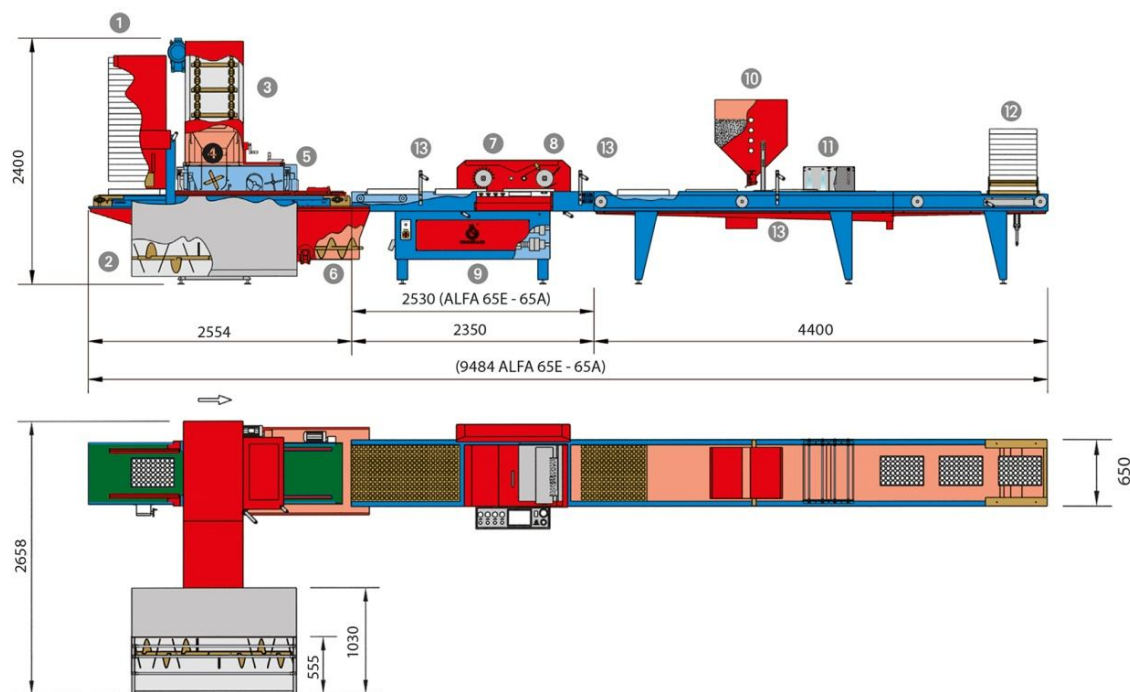


Рисунок 2 – Пример автоматизированной посадочной линии Urbinati (Италия) [7]

Автоматизированная посадочная линия состоит из следующих частей:

1. Пневматическая машина для выборки тары с двухтактным движением для поддонов из пенополистирола.
2. Ёмкость для почвы 1200 л с мешалкой.
3. Ковшевой погрузчик с двойной цепью.
4. Аппарат для заполнения поддонов с четырехлопастным линейным ротором.
5. Щетка для очистки поддонов с двойным шнеком.
6. Система рециркуляции избытков грунта.
7. Ведомый лункокопатель со щеткой для очистки.
8. Управляемый барабан диаметром 169 мм со вставками, чтобы сделать отверстия с минимальным диаметром 0,15 мм. Воздушные штанги с двойными рядами сопел и колеблющейся пластиной для посева. Молотки с регулируемой скоростью для улучшения размещения семян в центре отверстия.
9. Электрическая панель и сенсорный экран.
10. Крышка барабана для вермикулита с корректировкой скорости и дозировки емкостью 230 л.
11. Поливное устройство с 4 оросительными стержнями.
12. Автоматический балансировочный штабелеукладчик.

13. Самоцентрирующая система для корректировки ширины поддонов с рукоятями.

14. Рама.

Посадочный барабан автоматизированной системы высадки семян является основной ее частью и представляет собой достаточно сложную конструкцию. Однако он хорошо справляется с высокоинтенсивной посадкой семян различной формы и размеров. Семена прикрепляются на барабан с использованием специальных сопел и отверстий, присасывающих их за счет откачивания воздуха (рис. 3).



Рисунок 3 – Способ прикрепления семян на барабан [7]

Для прикрепления семян сложной формы сопла выдвигаются из отверстий (рис. 4).



Рисунок 4 – Способ прикрепления семян сложной формы на барабан [7]

Однако при посадке с использованием таких барабанов может возникнуть ситуация пропуска ячейки в кассете при посеве, особенно легких и сравнительно небольших семян томатов или попадание нескольких семян в одну ячейку (рис. 5).

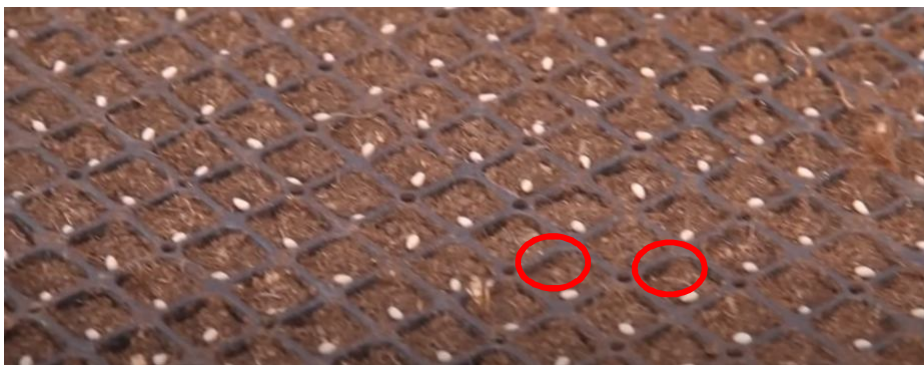


Рисунок 5 – Пропущенные ячейки в кассете [8]

Устранить такую погрешность позволит установка дополнительной секции с высокоскоростным дельта-манипулятором с пневматическим захватным устройством и системой компьютерного зрения для определения пустых или излишне заполненных ячеек. Пример такого устройства – дельта-манипулятор фирмы ABB (рис. 6).



Рисунок 6 – Дельта-робот фирмы ABB [9]

Однако он имеет сравнительно высокую стоимость и может быть заменен на более дешевые аналоги с подобной кинематикой. Модуль с данным манипулятором можно использовать как вместе с посевным барабаном, так и вместо него.

Контроль времени начала автоматизированного включения дополнительного освещения (досветки), внесения удобрений, полива, пикировки и формирования рассады может осуществляться с использованием системы компьютерного зрения, расположенной над ящиками с рассадой. Система позволит отследить момент раскрытия первых ростков (рис. 7), появления первого настоящего листа (рис. 8), появления больных, слабых, поврежденных и неразвитых растений, позволит контролировать всхожесть и отслеживать затенение растений.



Рисунок 7 – Состояние всхода, регистрируемое СТЗ для включения досветки [10]

Внешний вид взошедшей и развитой рассады и результат работы алгоритма выделения контуров ростков с использованием цветочного фильтра в составе системы технического зрения показаны на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид первых настоящих листков и результат выделения контуров [11]

Разработка моделей мобильных сельскохозяйственных роботов. Размещение посевных ящиков возможно с использованием мобильных транспортных роботов (рис. 9).



Рисунок 9 – 3D-модель транспортного робота для проведения типовых транспортировочных операций [12]

Транспортный робот основывается на платформе на базе трех всенаправленных колес. Каждое колесо имеет независимое вращение от бесколлекторного двигателя постоянного тока (БДПТ) с датчиками холла. Датчики холла необходимы для отслеживания скорости вращения колес. На грузовой платформе робота расположены три всенаправленных колеса для перемещения груза по платформе. Это необходимо в случаях, когда группе роботов необходимо построить конвейерную линию для сортировки грузов. В случае работы в режиме перевозки и складирования для поднятия груза используются три линейных актуатора. Чтобы независимо управлять скоростями всех шести БДПТ с датчиками холла, применяется шесть контроллеров двигателей, которые принимают на вход показания с датчиков холла, затем микроконтроллер производит обработку сигналов и подает на выходы обмоток мотора ШИМ сигнал, тем самым регулируя скорость вращения вала двигателя.

Контроль влажности почвы возможно производить с использованием системы датчиков влажности, размещаемых на манипуляторе мобильного робота. Мобильные роботы с манипуляторами в данной концепции роботизированной теплицы могут производить следующие операции: анализ влажности почвы и температуры в различных частях теплицы, пикирование и пасынкование рассады, прищипывание стебля, удаление листьев, сбор урожая и уборка ботвы. Нами предлагается решение в виде группы взаимодействующих роботов с одним или двумя 5-звенными манипуляторами и сменяемыми концевыми эффекторами (рис. 10).

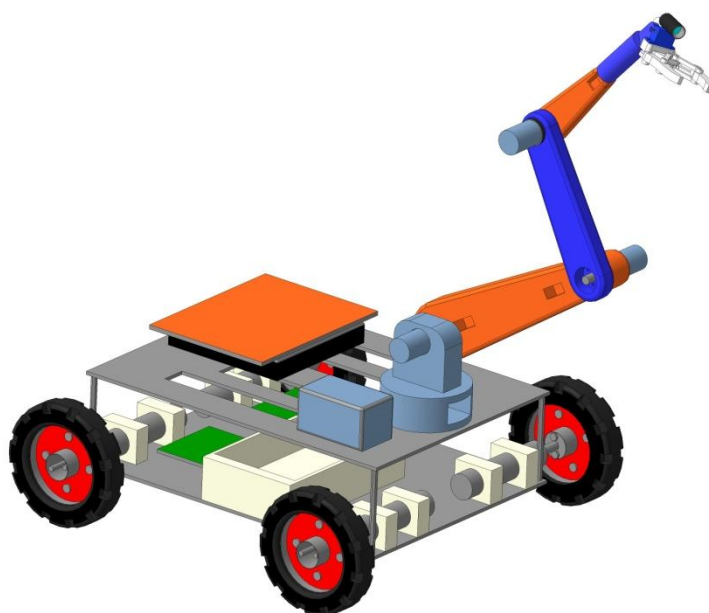


Рисунок 10 – 3D-модель мобильного робота для формирования куста томатов и единичных операций с рассадой

Анализ влажности и температуры подразумевает установку на конце манипулятора модуля с зондовым датчиком влажности почвы и датчиком температуры. Пикирование предусматривает модуль с отщипывающим инструментом, тот же модуль можно унифицировать для операций пасынкования и прищипывания стебля. Для этих задач необходимо использовать плоский захват с загнутыми и заостренными краями, так как требуется не только отделить листья, пасынки, части стебля или корня, но и не оставлять отделенные части возле куста. С помощью захвата предлагаемой формы отделенная часть может быть собрана в специальный ящик и вывезена в биореакторную установку для утилизации.

Для выполнения задач по высадке рассады в тепличный грунт могут быть использованы двухпальцевые захваты в комбинации со специальным рассадопосадочным устройством, внешний вид которого представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Концевой механизм рассадопосадочного устройства [13]

Для сбора урожая требуется более сложное захватное устройство – например трехпальцевый камерный захват или захват с камерами, заполненными сыпучим материалом для распределения давления на собираемые плоды с целью исключения их повреждения. Концепцию роботизированного сбора урожая с помощью мобильных роботов, оснащенных манипуляторами, можно пояснить с использованием рисунка 12. Ранее в [14] были представлены особенности управления манипулятором такого робота.

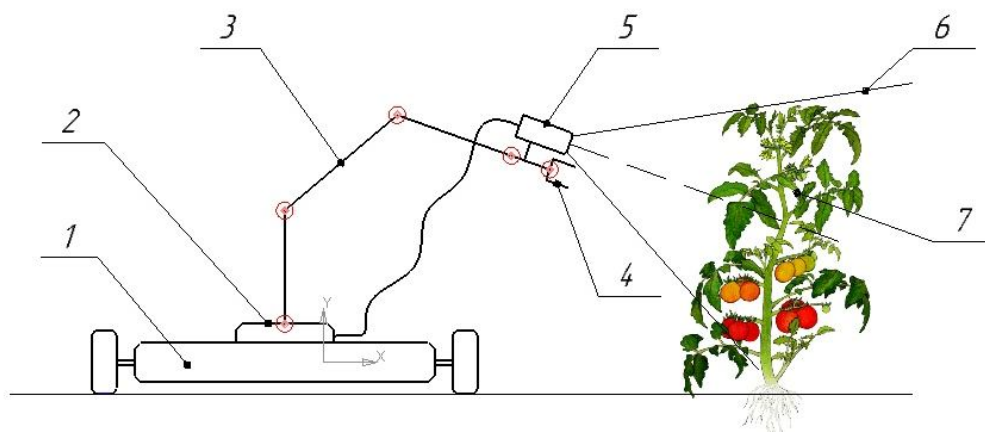


Рисунок 12 – Обобщенная схема мобильного робота для сбора урожая [14]

На рисунке 12 показана мобильная робототехническая платформа «1» с установленным на ней манипулятором «3», оснащенным специализированным схватом «4» и СТЗ «5». Последняя представляет собой видеокамеру и ультразвуковой дальномер, подключенные к блоку управления «2». Видеокамера и дальномер обладают определенным углом обзора «6» и предназначены для обеспечения точного сближения схвата с плодом, расположенным на стебле растения «7». Основными задачами в этом случае являются следующие: точное определение позиций плодов; траекторное управление перемещением схвата манипулятора; осуществление операции отделения плода от стебля.

Реальный прототип робота для сбора урожая томатов может быть построен на основе 3D-модели, показанной на рисунке 13. Четырехколесное шасси робота, выполненное по схеме Акермана, может регулироваться по высоте и ширине в зависимости от параметров теплицы и применяемых сортов томатов. Робот снабжен двумя манипуляторами, системой позиционирования, системой компьютерного зрения, состоящей из видеокамер и ультразвуковых датчиков на манипуляторах и на раме, прожекторами для подсветки, системой управления движением, рулевым электроприводом и ходовыми электродвигателями. Плоды собираются в стандартные ящики и передаются транспортным роботам, показанным ранее на рисунке 9.



Рисунок 13 – 3D-модель робота для сбора урожая

Разрабатываемая концепция подразумевает отказ от статичных конвейерных линий, в силу их трудного обслуживания и гибкости систем в целом, и заменой группами роботов, которые могут собирать конвейерные линии и производить сортировку грузов весом до ста килограммов. Подобная система позволит оборудовать любое помещение с ровной поверхностью под нужды сортировки. Пример конвейерной линии из роботов представлен на рисунке 14.

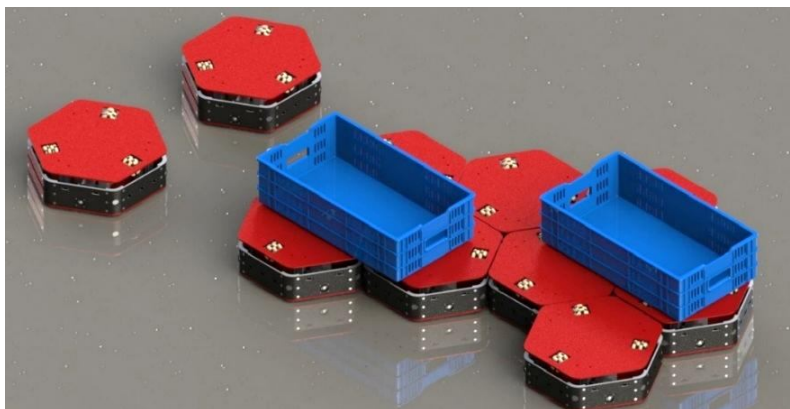


Рисунок 14 – Вариант согласованной работы нескольких транспортных роботов

Для предотвращения столкновений могут быть применены ультразвуковые (УЗ) и инфракрасные (ИК) датчики. Все показания с датчиков обрабатываются системой верхнего уровня, и в случае возникновения преграды система отправляет сигнал нижнему уровню о приостановке работы всех актуаторов. Для локальной системы позиционирования используются QR-метки и высокочастотная камера. За счет считывания информации с метки робот определяет текущую позицию в теплице. Персонал теплицы, ответственный за выполнение стандартных агротехнических операций с рассадой и созревшими плодами, таким образом, может быть заменен робототехническими комплексами и одним оператором. Такой подход востребован при определенных угрозах, с которыми сталкиваются или будут сталкиваться сельхозпроизводители.

Заключение. В работе была рассмотрена концепция роботизированной теплицы, полное управление которой может осуществлять только один оператор, спроектированы модели мобильных роботов, которые могут быть применены в рамках данной концепции. Возможность использования вышеописанных роботов, несомненно, определяется помимо технических еще и экономическими факторами и в рамках данной работы не рассматривается. Однако подробное экономическое обоснование перспектив роботизации тепличных комплексов будет выполнено в дальнейших работах, учитывая возрастающий интерес крупных предприятий к внедрению таких технологий. В дополнение к материалу настоящей работы отдельно будут подробно проанализированы и вопросы навигации мобильных роботов в теплице с использованием системы технического зрения. Представляет интерес и рассмотрение социальных аспектов роботизации сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Жители России не готовы заместить иностранных мигрантов. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2020/11/29/848719-zamestit-gastarbaiterov>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 22.12.2020).
2. Минсельхоз попросил пустить в Россию мигрантов для сезонных работ в поле. Местные жители не хотят собирать урожай даже за повышенную плату. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/10/02/2021/602284149a79477561239575>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.02.2021).
3. Что произошло на рынке труда России с начала 2020 года. – Режим доступа: https://fingazeta.ru/ekonomika/rossiyskaya_ekonomika/467683, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 18.12.2020).
4. Обеззараживание теплиц. – Режим доступа: <http://www.kaicc.ru/otrasli/sredstvazashity/obezzarazhivanie-terpic>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 18.12.2020).
5. «Умные» теплицы и свет по потребностям: как развиваются аграрные технологии в Арктике. – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/5446688>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 18.12.2020).
6. Выращивание томатов. Основные этапы и методы. – Режим доступа: <http://ogorodogo.ru/vyrashhivanie-tomato-osnovnye-etapy/#i-9>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 18.12.2020).
7. Линия для посева семян Alfa. – Режим доступа: <http://urbinati.net/products/alfa-seeding-line/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 21.12.2020).
8. Линия для рассадки посев семян рассадки в кассеты. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Jj1PW4xBaY>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 21.12.2020).
9. IRB 360 FlexPicker. – Режим доступа: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-360>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 21.12.2020).

10. Выращивание рассады томатов в домашних условиях. – Режим доступа: <https://chudoclumba.ru/vyrasivanie-rassady-tomatov-v-domasnih-usloviah/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 22.12.2020).

11. Показываю, какую рассаду томатов мне удалось вырастить. Подробное описание всех процессов от покупки семян до результата. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d82364ce882c300ac2f74b4/pokazyvaiu-kakuiu-rassadu-tomatov-mne-udalos-vyrastit-podrobnoe-opisanie-vseh-processov-ot-pokupki-semian-do-rezultata-5e959c63aa749e6d77b8ec75>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 22.12.2020).

12. Степанович Е. Ю. Особенности применения складских роботов для предприятий агропромышленного комплекса / Е. Ю. Степанович, П. И. Тамков // Каспий XXI века: пути устойчивого развития : материалы Международного научного форума. – 2020. – С. 108–111.

13. Пистолет для посадки рассады Базука. – Режим доступа: <https://www.blagodatmir.ru/product/rassadoposadochnoe-ustroystvo-pld0100>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 22.12.2020).

14. Рыбаков А. В. Проектирование робототехнических манипуляторов с системой компьютерного зрения для сбора томатов / А. В. Рыбаков, А. М. Лихтер, А. Б. Погожева, А. В. Михайлова, А. Б. Дусалиев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2020. – № 3 (51). – С. 135–147.

References

1. *Zhiteli Rossii ne gotovy zamestit inostrannykh migrantov* [Russian residents are not ready to replace foreign migrants]. Available at: <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2020/11/29/848719-zamestit-gastarbaiterov> (accessed 22.12.2020).

2. *Minselkhoz poprosil pustit v Rossiyu migrantov dlya sezonnykh rabot v pole. Mestnye zhiteli ne hotyat sobirat urozhay dazhe za povyshennuyu platu* [The Ministry of Agriculture asked to let migrants to Russia for seasonal work in the field. Local residents do not want to harvest even for an increased fee]. Available at: <https://www.rbc.ru/business/10/02/2021/602284149a79477561239575> (accessed 10.02.2021).

3. *Chto proizoshlo na rynke truda Rossii s nachala 2020 goda* [What has happened in the Russian labor market since the beginning of 2020]. Available at: https://fingazeta.ru/ekonomika/rossiyskaya_ekonomika/467683 (accessed 18.12.2020).

4. *Obezzarazhivanie teplits* [Disinfection of greenhouses]. Available: <http://www.kaicc.ru/otrasli/sredstva-zashity/obezzarazhivanie-teplic> (accessed 18.12.2020).

5. *“Umnye” teplitsy i svet po potrebnostyam: kak razvivayutsya agrarnye tekhnologii v Arktike* [“Smart” greenhouses and light according to your needs: how agricultural technologies are developing in the Arctic]. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/5446688> (accessed 18.12.2020).

6. *Vyrashchivanie tomatov. Osnovnye etapy i metody* [Growing tomatoes. Main stages and methods]. Available at: <http://ogorodogo.ru/vyrashchivanie-tomatov-osnovnye-etapy/#i-9> (accessed 18.12.2020).

7. *Liniya dlya poseva semyan Alfa* [Alfa seed sowing line]. Available at: <http://urbinati.net/products/alfa-seeding-line/> (accessed 21.12.2020).

8. *Liniya dlya rassady posev semyan rassady v kassety* [The line for the planting of seedlings seeds, seedlings magazine]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Jij1PW4xBaY> (accessed 21.12.2020).

9. *IRB 360 FlexPicker*. Available at: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-360> (accessed 21.12.2020).

10. *Vyrashchivanie rassady tomatov v domashnikh usloviyakh* [The cultivation of seedlings of tomatoes in the home]. Available at: <https://chudoclumba.ru/vyrasivanie-rassady-tomatov-v-domasnih-usloviah/> (accessed 22.12.2020).

11. *Pokazyvaiu, kakuyu rassadu tomatov mne udalos vyrastit. Podrobnoe opisanie vseh protsessov ot pokupki semyan do rezultata* [I show you what kind of tomato seedlings I managed to grow. A detailed description of all the processes from the purchase of seeds to the result]. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d82364ce882c300ac2f74b4/pokazyvaiu-kakuiu-rassadu-tomatov-mne-udalos-vyrastit-podrobnoe-opisanie-vseh-processov-ot-pokupki-semian-do-rezultata-5e959c63aa749e6d77b8ec75> (accessed 22.12.2020).

12. Stepanovich E. Yu., Tamkov P. I. Osobennosti primeneniya skladskikh robotov dlya predpriyatij agropromyshlennogo kompleksa [Features of the use of warehouse robots for enterprises of the agro-industrial complex]. *Kaspiy XXI veka: puti ustoychivogo razvitiya : materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma* [The Caspian Sea of the XXI century: ways of sustainable development : Materials of International Forum], 2020, pp. 108–111.

13. *Pistolet dlya posadki rassady Bazuka* [Bazooka seedling Planting Gun]. Available at: <https://www.blagodatmir.ru/product/rassadoposadochnoe-ustroystvo-pld0100> (accessed 22.12.2020).

14. Rybakov A. V., Likhter A. M., Pogozeva A. B., Mikhaylova A. V., Dusaliev A. B. Proektirovanie robototekhnicheskikh manipulyatorov s sistemoy kompyuternogo zreniya dlya sbora tomatov [Design of robotic manipulators with a computer vision system for picking tomatoes]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2020, no. 3 (51), pp. 135–147.