

Беспилотники и роботы

в сельском хозяйстве



Анашин Д
Хомяков Д

12 +

**Д. Анашин
Д. Хомяков**

Беспилотники и роботы в сельском хозяйстве

<https://litres.ru/74523223>

SelfPub; 2026

Аннотация

Книга "Роботы и беспилотники в сельском хозяйстве" предназначена для студентов и широкой аудитории читателей, интересующихся данной темой. В книге дан обзор роботизированной техники в сельском хозяйстве, устройству и принципам работы контроллера и процессора робота, программному обеспечению, управлению, в том числе режимам ШИМ (широтно-импульсная модуляция) и ПИД-регулированию (ПИД - Пропорционально-Интегрально-Дифференциальное регулирование). Экономические аспекты применения агроботов рассмотрены в издании Хомяков Д. "Финансовая грамотность".

Содержание

Введение	5
Робототехника	8
Информационные технологии.	10
Агророботы	16
Беспилотные летательные аппараты (агродроны)	22
Роботы в животноводстве	25
ИИ в агророботах	30
Робототехника – мехатронная система.	37
Конец ознакомительного фрагмента.	39

Д. Хомяков, Д. Анашин
Беспилотники и роботы
в сельском хозяйстве

Введение

Представленная книга "Беспилотники и роботы в сельском хозяйстве" предназначена для всех, кто интересуется назначением, устройством и принципами работы этой техники. В книге дан обзор роботизированной техники в сельском хозяйстве, устройству и принципам работы контроллера и процессора робота, программному обеспечению, управлению, в том числе режимам ШИМ (широтно-импульсная модуляция) и ПИД-регулированию (ПИД - Пропорционально-Интегрально-Дифференциальное регулирование).

На протяжении всей истории существования человечества, вопрос пропитания был самым насущным. Только в недалеком прошлом, с изобретением двигателей и внедрением техники в процесс выращивания растений, наметился серьезный сдвиг в решении этой проблемы. Сегодня лишь социальные катаклизмы способны вызвать из небытия проблему голода, такую актуальную в прошлом. По мере увеличения количества и ассортимента продуктов, остро встала другая проблема - резкий всплеск заболеваемости населения. Одним из факторов этого является использование в производстве продуктов питания различных химикатов, в том числе - удобрений, пестицидов, ускорителей роста животных и антибиотиков при их выращивании недобросовестными производителями.

Врачи считают, что чистой водой, натуральным питанием и отсутствием (или резким снижением) стрессов, можно не допустить многих заболеваний.

Поэтому сегодня так популярно становится приусадебное растениеводство: разведение культурных растений с целью получения урожая и благоустройства земельного участка в рамках одного частного домашнего хозяйства.

Помимо получения в пищу экологически чистых продуктов питания, нельзя упустить из вида вкусовые предпочтения конкретного человека. По своему желанию, можно выращивать именно те сорта фруктов и овощей, которые больше нравятся. Трудно сравнить вкус покупных помидоров или клубники, с только что сорванными с собственной грядки. Помимо вкуса, растения с грядки, безусловно, более полезны.

Во многих регионах России продолжительность зимы достигает полугода. Кроме холодного климата в северных регионах существенной проблемой является состояние почв. Будучи малоплодородными при интенсивном земледелии они быстро истощаются.

В северных регионах выращивание овощей и фруктов является особенно непростой задачей, требующей повышенного внимания и ухода. И здесь приусадебное растениеводство также является существенным подспорьем в продовольственном обеспечении жителей городов.

Польза приусадебного хозяйства и работа на селе также

проявляет себя в раскрытии творческих способностей. При работе на приусадебном хозяйстве активно вовлекаются в работу оба полушария человеческого мозга - правое, которое отвечает за творчество, и левое, отвечающее за логику и аналитику. Исследования психологов утверждают, что для современного городского жителя работа на собственной земле является оптимальным видом отдыха.

Однако в приусадебном растениеводстве есть существенная проблема: ограниченность пожилых людей в физических способностях к выполнению многих работ, таких, например, как рыхление почвы, удаление сорняков, кошение сорной растительности.

Одним из путей решения данного вопроса может стать создание сельскохозяйственных роботов, восполняющих недостаток рабочих рук во вспомогательных процессах. Сельскохозяйственные роботы – также незаменимые помощники в сезонных работах, таких, например, как уборка земляники. Есть потребность в роботизированной уборке урожая плодовых и ягодных культур.

Беспилотная, в том числе, летательная техника все шире находит себе применение в сельском хозяйстве. В данном пособии раскрываются особенности применения и устройства этого вида техники.

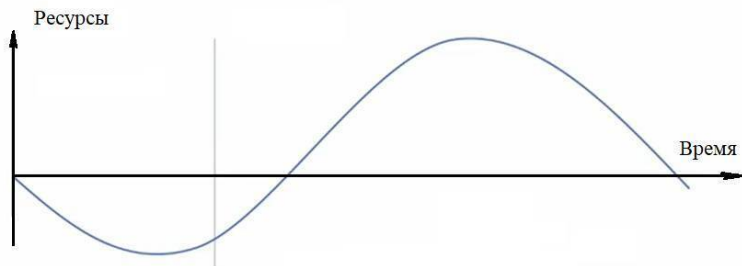
Робототехника

Все большее значение для решения технологических и социальных задач в сельском хозяйстве играет робототехника. Информационные технологии и роботы все глубже и глубже проникают в нашу жизнь. Так, одним из видов роботов, к которому мы все уже привыкли, и который есть уже практически в каждой квартире, можно отнести стиральную машину-автомат. Она выполняет некоторую полезную функцию (стирает белье) без нашего участия по заложенной в нее программе. Никого сегодня уже не удивит и роботом-пылесосом, еще несколько лет назад бывшим диковинкой.

С определением понятия робота и какие функции роботы выполняют, можно подробно ознакомиться в ГОСТР 60.0.0.4-2019. Примерами использования роботов в сельском хозяйстве могут служить роботы-кормораздатчики, роботы-уборщики навоза, роботы-дояры, роботы-сборщики земляники, роботы-сортировщики, роботы-пастухи. Роботы в сельском хозяйстве могут и должны заменить малоквалифицированный тяжелый труд человека. Сегодня мы живем в период искусственных ограничений со стороны зарубежных поставщиков комплектующих для производства робототехники. Поэтому существует потребность в импортозамещении и решении собственными силами стоящих за-

дач.

Жизненный цикл технического изделия можно представить в виде кривой:



В самом начале необходимо определиться с техническими решениями, провести необходимые расчеты, изготовить и испытать опытные образцы. На это уходит определенное время и тратятся некоторые ресурсы. С какого-то момента начинается производство, и проект выходит на уровень прибыли. Это известная S-образная кривая развития. Первичный, затратный этап развития техники можно и нужно снижать на основе компьютерных расчетов с применением математических моделей. Одной из серьезных проблем в робототехнике является проблема ориентации роботов.

Информационные технологии.

Материальный мир в своей основе состоит из трех компонентов – вещественных, энергетических и информационных. Они составляют единую систему, в которой информационные составляющие играют определяющую роль. В них формируются управляющие воздействия на энергетические составляющие согласно заложенному алгоритму и системе обратных связей. Проявление энергетических составляющих реализуется посредством вещественных структур.

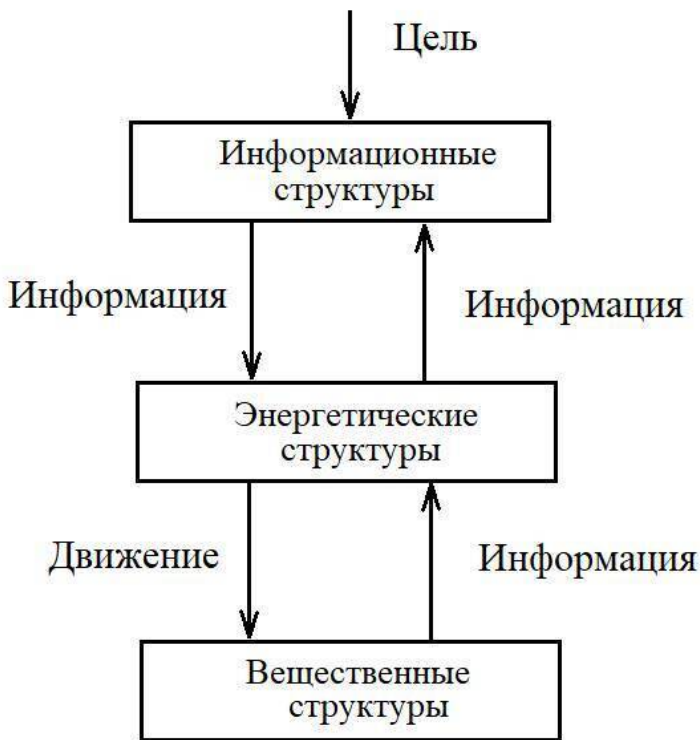


Рис. Принципиальная система управления

Из этой схемы видно, что при одних и тех же материальных и энергетических ресурсах наиболее эффективным может быть хозяйство и техника при использовании оптимальных алгоритмов решения поставленных задач. Грамот-

ное использование информационных технологий позволяет решать самые сложные задачи, что мы видим на примере наиболее экономически развитых стран, например Японии, которая добилась выдающихся результатов, практически не имея своих собственных природных ресурсов.

Информационные технологии возникли из потребностей практики и сейчас являются одним из наиболее разработанных разделов науки. Они изучают процессы управления безотносительно к физическим процессам в системах, в которых происходят эти процессы. Основной задачей информационных технологий является синтез оптимальных алгоритмов управления.

В качестве основных разделов информационных технологий могут быть выделены: теория информации; теория методов управления (программирования) и теория систем управления.

В теории информации рассматриваются способы получения, преобразования и передачи информации. Информация в основном передается при помощи сигналов, у которых некоторые параметры находятся в соответствии с передаваемой информацией. В качестве основного понятия в теории информации выступает мера количества информации, определяемая как изменение степени неопределенности в ожидании некоторого события. Принято снижение неопределенности в два раза называть одним битом информации. В употреблении, как правило, используются такие понятия, как

байт, килобайт, мегабайт, гигабайт. *Байтом* называется объем информации, состоящий из восьми бит. Это понятие пришло из вычислительной техники, когда устройство памяти состояло из восьми ячеек, в каждой из которых могла находиться или логическая единица, либо логический ноль, т. е., один бит информации. Логическая единица – некоторое произошедшее событие. В электронной технике логической единицей является наличие электрического потенциала (напр.: Включили тумблер света, свет загорелся – логическая единица; выключили свет – логический ноль).

Теория методов управления, или программирования, занимается разработкой методов автоматической обработки и использования информации для процессов управления с применением электронно-вычислительных машин. Программирование работы любой системы управления в общем случае включает в себя: определение алгоритма нахождения решений и составление программы в коде, воспринимаемом данной системой. Процесс нахождения решений сводится к обработке входной информации в соответствующую выходную информацию или команды управления для достижения поставленных задач. Обработка информации происходит на основе некоторого алгоритма. Для определения оптимальных решений в информационных технологиях используются различные модели: модели потоков, модели надежности систем, модели игр, модели распознавания образов, модели обучения, графовые модели, логико-алгебраические моде-

ли, модели систем искусственного интеллекта. Используемая в информационных технологиях теория алгоритмов изучает формальные способы описания процессов обработки информации в виде алгоритмов — условных логико-математических схем. В различных случаях критерии оптимальности могут отличаться: в одних случаях может потребоваться минимальный разброс значений некоторого параметра, в других — максимальная скорость переходного процесса, и т. п.

Теория систем управления занимается изучением принципов их построения и связями систем управления с объектами управления и внешней средой. В этом разделе изучаются системы управления, представленные в виде математических моделей, сохраняющих информационные свойства реальных систем.

Отдельное направление информационных технологий — теория автоматов. Теория автоматов занимается синтезом автоматов по заданным условиям работы и решением проблемы «черного ящика» — определением внутренней структуры автомата на основании изучения его входов и выходов. Информационные технологии выделяют два общих принципа построения систем управления: обратной связи и иерархичности управления. Иерархичность управления обеспечивает устойчивость системы управления.

Таким образом, комплексная автоматизация при применении принципов самонастраивающихся и самообучающихся систем позволяет обеспечить достижение наилучших ре-

жимов управления, приводящих к достижению поставленных производственных и логистических задач в сельском хозяйстве.

Агророботы

Современное сельское хозяйство переживает технологическую революцию, где мобильные роботы становятся ключевыми игроками. Эти автономные помощники уже не фантастика - они трудятся на полях, в садах и животноводческих комплексах, выполняя самые сложные и трудоемкие задачи.

Рынок сельскохозяйственной робототехники демонстрирует впечатляющий рост. По оценкам экспертов, его объем к 2026 году составил около 28 млрд. долларов США, а к 2035 году ожидается взрывной рост до 500 млрд. долларов при среднегодовом темпе роста более 28%.

Лидирующие позиции по внедрению занимает Северная Америка и Китай, самые высокие темпы роста прогнозируются в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Ключевые тенденции и факторы роста рынка:

- Основные стимулы: Дефицит рабочей силы на сезонных работах, рост производительности и снижение себестоимости готовой продукции.
- Главная тенденция: Массовая интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения.
- Драйвер роста: Повышение эффективности использования природных ресурсов.
- Основное препятствие: Высокая первоначальная стоимо-

мость техники и техническая сложность обслуживания.

Классификация агроботов и беспилотников.

Автономные машины в АПК можно разделить на несколько основных типов, каждый из которых решает свой круг задач.

1. Наземные мобильные роботы.

Это самоходные устройства на колесах или гусеницах, которые самостоятельно перемещаются по полю. К ним относятся:

- Роботы для ухода за растениями.

Робот Carbon Robotics, который лазером уничтожает до 5 000 сорняков в минуту, сокращая использование гербицидов. Роботы-опрыскиватели Solinftec на солнечной энергии точно распыляют средства защиты.

- Роботы для сбора урожая.

Узкоспециализированные агрегаты для сбора фруктов и ягод. Например, Agrobot SW6010 для клубники использует компьютерное зрение для определения спелости, а роботы от FFRobotics способны собирать до 10 000 яблок в час.

- Автономные тракторы и техника.

Беспилотные машины без кабины, такие как Monarch Tractor MK-V или отечественный «Уралец-224», выполняют вспашку, посев и другие операции.

- Роботы-селекционеры.

Инновационные разработки, такие как китайский Xiaohai,

полностью автоматизируют процесс выведения новых сортов растений.





Газонокосилка фирмы “Robocut” Робот точного посева
Fendt Xaver





Робот-пастух и пропольщик SwagBot Прополочный робот FarmWise

Беспилотные летательные аппараты (агродроны)

Это самый массовый сегмент, занимающий более 30 % рынка. Дроны применяются для:

- Мониторинга полей.

С помощью мультиспектральных камер и ИИ они выявляют болезни, вредителей (напр. тучу саранчи) и проблемы с питанием растений.

- Точного опрыскивания.

Обработывают посевы, экономя до 95% химикатов по сравнению с традиционными методами.

- Аэрофотосъемки и картографирования.

Создают 3D-карты полей для планирования работ.





Дрон-распылитель Беспилотник «Орлан» для мониторин-
га

Роботы в животноводстве

Роботы активно меняют и эту отрасль. Основные применения:

- Роботизированное доение.

Установки доят коров, а также анализируют качество молока и здоровье животного.

- Автоматическое кормление и уборка.

Роботы-кормораздатчики и уборщики поддерживают чистоту и гигиену.

- Роботы-пастухи и мониторинг.

Умные ошейники, такие как Halter, направляют стадо с помощью звуков и вибраций, заменяя физические изгороди.





Робот-кормораздатчик Lely Vector Робот-дойяр DeLaval
Преимущества и проблемы робототехники в с/хозяйстве
Ключевые преимущества:

- Повышение эффективности. Работа 24/7, высокая точность и скорость (например, лазерная прополка 100 000 сорняков в час).
- Экономия ресурсов. Точечное внесение реагентов сокращает расход химикатов на 70-95% и уменьшает экологическую нагрузку.
- Решение кадрового дефицита. Автоматизация заменяет ручной труд в условиях его нехватки.

- Сбор и анализ данных. Круглосуточный мониторинг состояния посевов и животных для принятия точных управленческих решений.

Актуальные проблемы:

- Высокая стоимость. Цена высокоэффективных роботов часто слишком дорога для малых и средних хозяйств.
- Техническая сложность. Работа в неструктурированных полевых условиях требует высокой надежности и адаптивности.
- Необходимость в квалифицированных кадрах. Для обслуживания и управления системами нужны инженеры и IT-специалисты.
- Социальные и этические вопросы. Сокращение рабочих мест и вопрос о гуманности использования роботов в животноводстве.

Перспективы развития робототехники в с/хозяйстве

Будущее агроробототехники связано с несколькими четкими трендами:

1. Кооперация роботов (рои). Развитие подходов, где группы разнофункциональных роботов организованно работают над одной задачей.

Компания SwarmFarm Robotics уже создает рои небольших SwarmBots для совместной работы.

2. Глубокое внедрение ИИ. Алгоритмы станут лучше анализировать данные и принимать самостоятельные решения.

Пример - платформа ClimateAi, прогнозирующая погодные риски.

3. Создание универсальных платформ. Будут разрабатываться многофункциональные автономные шасси, на которые можно устанавливать различное навесное оборудование для разных задач в течение года.

4. Интеграция с цифровыми экосистемами. Роботы станут частью единой системы «умной фермы», объединенной с интернетом вещей (IoT), облачными сервисами и системами анализа больших данных (Big Data).

Внедрение мобильных роботов трансформирует сельское хозяйство, делая его более точным, эффективным и устойчивым. Несмотря на существующие барьеры, технологический прогресс и растущие потребности агросектора обеспечивают уверенное движение к автономному будущему, где тяжелый рутинный труд ляжет на плечи машин, а человек сосредоточится на стратегическом управлении и творческих задачах.

ИИ в агророботах

Принцип работы ИИ в агророботах можно описать как непрерывный цикл «восприятия – анализа – действия», который позволяет машине автономно выполнять задачи.

Вот как этот алгоритм реализуется на практике в современных роботах для сбора урожая, прополки или управления техникой.

Алгоритм работы ИИ в агророботе

1. Восприятие окружающей среды (Ввод данных)

Робот с помощью датчиков собирает информацию:

- Компьютерное зрение: камеры (RGB, мультиспектральные) делают снимки, чтобы распознать плоды, сорняки, рядки или границы поля.
- Другие сенсоры: лидары создают 3D-карты местности для навигации, тактильные датчики оценивают зрелость плода, спектрометры анализируют состояние растений.

2. Обработка и анализ данных (Мышление ИИ)

Полученные данные обрабатываются нейросетями:

- Обнаружение и классификация: модели компьютерного зрения (например, YOLO) выделяют на изображении целевые объекты — отличают спелый помидор от листа или куль-

турное растение от сорняка.

- Принятие решений: на основе заложенных алгоритмов ИИ решает, что делать, например, рассчитать траекторию для захвата ягоды или определить, нужно ли полить данный участок.

3. Физическое действие (Выполнение задачи)

Система управления приводит в действие механизмы робота:

- Исполнительные устройства: роботу аккуратно срывает плод, манипулятор выдергивает сорняк, или система рулевого управления ведет трактор по оптимальному маршруту.

4. Обучение и адаптация (Улучшение с опытом)

Это ключевая особенность ИИ: система может обучаться. Обработав тысячи изображений и сценариев, нейросеть становится точнее, например, учится находить плоды, скрытые листьями. Кроме того, современные системы (Cognitive Feedback от Cognitive Pilot) умеют оценивать надежность своей работы в реальном времени и сообщать оператору, когда необходимо перейти на ручное управление.

Ключевые технологии, лежащие в основе алгоритма:

- Глубокое обучение и нейронные сети: это основа «интеллекта». Нейросети обучаются на огромных наборах раз-

меченных изображений (например, тысячи фотографий спелой и неспелой клубники), после чего могут распознавать паттерны в новых данных.

- Компьютерное зрение: наиболее критичная технология для агроботов. Она позволяет не просто «видеть», а интерпретировать визуальную информацию: оценивать здоровье растений по цвету листьев, определять геометрию рядков для навигации или подсчитывать урожай.

- Прецизионная навигация (GPS/ГЛОНАСС, RTK): обеспечивает точное позиционирование робота на поле с погрешностью до 3–5 см, что необходимо для аккуратного движения между рядами.

Прополка растений и уборка ягод

Использование искусственного интеллекта в роботах для прополки и сбора ягод позволяет им автономно ориентироваться в сложной полевой обстановке. Хотя алгоритмы для этих двух задач имеют общую основу

(восприятие, анализ, действие), их логика и конечные цели существенно различаются.

Для удобства сравнения, вот краткое описание двух принципов работы:

Принцип действия агроботов

Робот-пропольщик: «Обнаружить и уничтожить»

- Цель: точечное уничтожение сорняков в рядах культурных растений.

- Ключевые технологии: машинное обучение, компьютерное зрение, прецизионная навигация (RTK-GPS).
- Ключевые алгоритмы: распознавание объектов (различение культурное растение/сорняк), принятие решений (уничтожить/проигнорировать).

Робот-ягодосборщик: «Найти, оценить и аккуратно взять»

- Цель: автономный поиск, идентификация и бережный сбор спелых плодов.
- Ключевые технологии: компьютерное зрение, тактильные датчики, скоординированная работа группы роботов.
- Ключевые алгоритмы: обнаружение и классификация (спелость), принятие решений в условиях неопределённости, управление манипулятором.

Рассмотрим подробнее эти процессы.

Алгоритм операции прополка: Основан на классификации «свой-чужой». Его главная задача — найти и ликвидировать растение-нарушитель, не задев культуру.

1. Восприятие (Сбор данных)

- Камеры высокого разрешения (часто RGB и спектральные) сканируют пространство между рядами и под листвой культурных растений.
- Системы глобального позиционирования (RTK-GPS) с высокой точностью определяют местоположение робота на поле и выстраивают маршрут.

2. Анализ и принятие решения (Работа ИИ)

- Классификация: нейросеть, обученная на тысячах изображений, анализирует форму, цвет, текстуру и пространственное положение объекта. Она отвечает на ключевой вопрос: «Это культурное растение или сорняк?»

- Локализация: если объект классифицирован как сорняк, алгоритм определяет его точные координаты и, что критически важно, находит меристему — точку роста растения.

- Выбор тактики: на основе заложенных инструкций система решает, как уничтожить сорняк: механическим лезвием, лазерным лучом, электрическим разрядом или микро-дозой гербицида.

3. Действие (Физическое воздействие)

- Исполнительный механизм (манипулятор, лазерная установка) с высокой точностью наводится на цель и производит уничтожение.

Алгоритм операции сбора ягод сложнее. Он должен не только найти объект, но и оценить его состояние и совершить деликатное физическое воздействие.

1. Восприятие (Сбор данных)

- Стереокамеры или системы 3D-зрения создают карту глубины, чтобы определить точное положение ягоды в пространстве.

- Некоторые роботы (например, разрабатываемые в ПНИПУ) используют концепцию роя, где легкие роботы-«разведчики» сканируют поле и передают координаты спелых ягод более тяжелым «сборщикам» и «транспортировщикам».

2. Анализ и принятие решения (Работа ИИ)

- Оценка спелости: нейросеть анализирует не только цвет и размер, но также текстуру и блики на поверхности ягоды чтобы определить степень её зрелости.

- Принятие решений в условиях неопределенности: сбор зависит от множества переменных: погоды, скорости созревания, состояния робота. Алгоритмы на основе нечёткой логики (fuzzy logic) помогают выбрать

оптимальный вариант действий, взвешивая эти «нечёткие» параметры.

- Планирование захвата: система рассчитывает траекторию движения манипулятора, чтобы аккуратно подойти к ягоде, не задев листья и соседние плоды.

- Планирование захвата: система рассчитывает траекторию движения манипулятора, чтобы аккуратно подойти к ягоде, не задев листья и соседние плоды.

3. Действие (Аккуратный сбор)

- Мягкий захват (присоска, силиконовые «пальцы») или режущий механизм бережно отделяет ягоду от плодоножки.

- В современных системах используются тактильные датчики, которые имитируют осязание и позволяют регулировать усилие сжатия в реальном времени, предотвращая повреждение.

Будущее и сложности

Оба направления развиваются в сторону большей автоно-

мии и интеграции. Например, появляются солнечные роботы-пропольщики, работающие целый день без подзарядки, а для уборки ягод совершенствуется подход с использованием групп (роев) кооперирующихся роботов.

Основные технологические барьеры, которые преодолевают инженеры — это работа в условиях неконтролируемого освещения, дождя, ветра, а также высокая стоимость решений, которая пока сдерживает массовое внедрение.

Итог: ИИ в агророботах действует не по жесткой программе, а по гибкому алгоритму, основанному на анализе данных в реальном времени. Это превращает робота из простого исполнителя в адаптивного автономного помощника, способного ориентироваться в сложной и изменчивой сельской среде.

Робототехника – мехатронная система.

Робототехнику можно рассматривать как мехатронную систему- совокупность механической составляющей («железки»), электронной составляющей (в т.ч. датчики и контроллер) и программной составляющей.

Здесь под понятием Система подразумевается некоторая общность элементов, объединенных некоторой идеей. Например, автомобиль – это система, объединенная из кузова, колес, двигателя и еще многих деталей. Все же эти детали, не объединенные вместе, например, в магазине запчастей, не являются системой. Примером, как раз системы, объединяющей три указанных выше основ - информационную, энергетическую и материальную, является **робот**: он имеет корпус и *подвижные элементы, электрическое питание и программное обеспечение.*

В общем случае, систему можно представить как «черный ящик». В самом начале будем считать, что внутреннее строение этого ящика нам неизвестно. Есть некоторые входы в систему и некоторые выходы. Входы- возможные воздействия на объект, выходы- физические величины, которые можно измерить. От того, насколько более подробно известно о входах и выходах системы и о совокупности технологических

режимов, зависит успех решения поставленной задачи. Под технологическим режимом здесь понимается совокупность ограничений на выходные значения объектов. При изменении входных величин, состояние объекта изменяется и изменяются его выходные величины.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.