

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
**по выполнению практических работ**  
по дисциплине «Робототехнические системы и мехатроника»

для студентов направления подготовки  
09.03.02 «Информационные системы и технологии»  
Профиль «Прикладное программирование в интеллектуальных  
информационных системах»

Ставрополь, 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

- Практическая работа 1. Фильтрация изображения
- Практическая работа 2. Распознавание цветного изображения
- Практическая работа 3. Сегментация
- Практическая работа 4. Система контроля и распознавания автомобильных номеров
- Практическая работа 5. Интеллектуальная самообучающаяся управляющая система робота на принципах функционирования мозга
- Практическая работа 6. Интеллектуальная многофункциональная робототехническая система «Робот – колесо»
- Практическая работа 7. Проектирование транспортной робототехнической системы
- Практическая работа 8. Устройство, сборка и программирование светофоров
- Практическая работа 9. Устройство, регулировка и настройка робоавтомобиля
- Практическая работа 10. Изучение мехатронной системы «Рентгеновская интеллектуальная 3D микротомография»
- Практическая работа 11. Применение цифрового рентгеновского 3D микротомографа для диагностики объектов
- Практическая работа 12. Роботы в образовании
- Практическая работа 13. Медицинские роботы
- Практическая работа 14. Военные роботы

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ИИ – искусственный интеллект  
ИНИ – искусственный носитель интеллекта  
НС – нервная система  
ПЗС – приборы с зарядовой связью  
ПО – программное обеспечение  
СУУ – самообучающее устройство управления  
УУ – устройство управления  
ЦНС – центральная нервная система  
ЧПУ – числовое программное обеспечение  
ЭДС – электродвижущая сила  
НЭ – нейроподобный элемент  
РТК – робототехнический комплекс  
ДУС – дистанционно-управляемая система  
ЗИП – запасные изделия и приборы  
СУ – система управления  
БПЛА – беспилотный летательный аппарат  
ТС – транспортная система  
ФВ – физические величины  
РМТ – рентгеновский микрофотограф  
РИМ – рентгеновский интеллектуальный микрофотограф  
МО – метрологическое обеспечение  
ЦИПУ – центральный информационный пульт управления  
ПР – подземный робот  
НПР – надводный и подводный робот  
ТНР – транспортный наземный робот  
МР – многофункциональный робот  
КРМРС – когнитивная распределенная многофункциональная робототехническая система



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время стремительно развивается робототехника и, тесно с ней связанная мехатроника. Эти технологии широко применяются в автоматизации промышленного производства, исследовании космоса, в медицине, быту, жилищно-коммунальном хозяйстве, мониторинге экологии, обеспечении безопасности объектов и военном деле. А для этого необходимо готовить высококвалифицированные кадры, разрабатывать и внедрять эти технологии.

Разработка и внедрение робототехнических и мехатронных систем (РМС) обеспечивает конкурентоспособность любого государства, в том числе и России.

Учебное пособие включает 15 лабораторных работ, разделенные на 4 следующих раздела: обработка и анализ изображений системами технического зрения, проектирование робототехнических систем, мехатронная рентгеновская микротомография, применение роботов. Важным является то, что РМС, описанные в лабораторных Практическая работы, являются интеллектуальными. Например, впервые представлена лабораторная работы в виде проектирования распределенной интеллектуальной управляющей системы робота на основе функционирования мозга. Следует отметить, что особый интерес представляют когнитивные роботы, способные адаптироваться, перестраиваться и функционировать в реальной изменяющейся обстановке, а также коллективы когнитивных роботов, эффективно взаимодействующие между собой.

На рис. В1 представлена блок-схема когнитивной распределенной многофункциональной робототехнической системы.

## Практическая работа 1. **ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

### **1.1.1. Введение**

Изображения, сформированные различными оптико-электронными системами и зарегистрированные с помощью разнообразных приёмников, искажаются действием помех различного характера. Искажения изображения вносятся всеми компонентами изображающего прибора: осветительной системой (например, неравномерность освещенности предмета), технологиями передачи информации, методами оцифровывания данных.

Помехи затрудняют визуальный анализ изображения и его автоматическую обработку. В связи с этим остро стоит проблема исключения помех из получаемого изображения. Процесс устранения различных видов шумов называется *фильтрацией*.

### **1.1.2. Общие понятия фильтрации**

в общем случае под фильтрацией изображений понимают операцию, имеющую своим результатом изображение, полученное согласно заданным правилам из исходного изображения и имеющее тот же размер. Общепринято при решении задач фильтрации опираться на использование вероятностных моделей изображения

помехи, а также на применение статистических критериев оптимальности. Причины этого – случайный характер как информационного сигнала, так и помехи, а также стремление получить минимальное *в среднем* отличие результата обработки от истинного сигнала.

Искажения, которые вносит оптическая система, известны еще на этапе её проектирования и называются *абберации* (рис. 1.1.1).

Искажения, которые вносят электронные приёмники излучения, например ПЗС-матрицы, называются *электронный шум* (рис. 1.1.2).

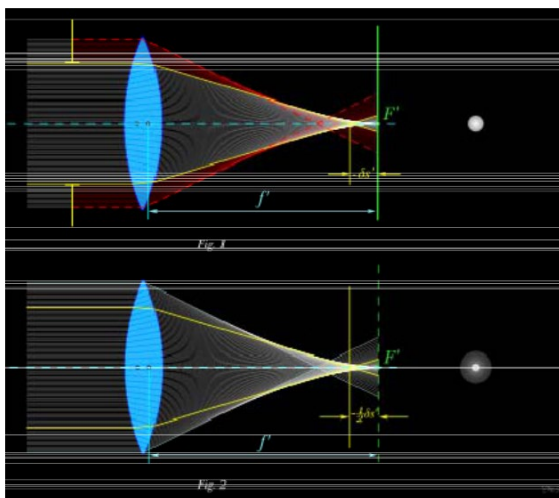


Рис. 1.1.1. Пример аберрации (снизу) и результат её устранения использованием диафрагмы (сверху)

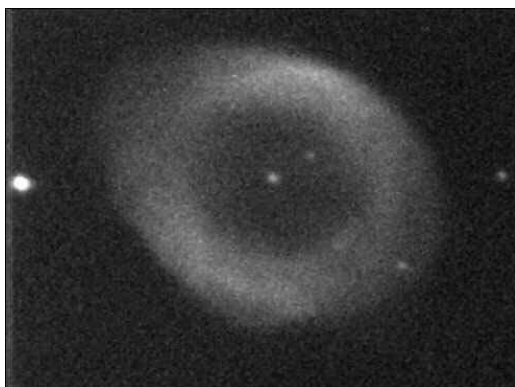


Рис. 1.1.2. Изображение с электронным шумом

Качество фильтрации оценивается по двум основным позициям:

способность фильтра удалять (отфильтровывать) с изображения шум;  
способность фильтра сохранять на изображении мелкоразмерные детали и форму

контуров.

С точки зрения последующего анализа изображения, идеальным был бы такой помеховый фильтр, который мог бы полностью отфильтровывать шум, не искажая при этом формы контуров. Однако, эти требования противоречивы, поэтому в различных методах фильтрации мы имеем дело лишь с различными вариантами компромисса между ними.

Выбор конкретного помехового фильтра для реализации в практической системе машинного зрения определяется тем, какое из требований является более важным в данной конкретной задаче,

также ограничениями, налагаемыми на систему архитектурой и скоростью имеющихся вычислительных средств.

Многообразие методов и алгоритмов фильтрации связано с большим разнообразием математических моделей сигналов и помех, а также различными критериями оптимальности. В основном выделяют пространственную и частотную фильтрацию.

### 1.1.3. Пространственная фильтрация

Пространственные методы улучшения изображений применяются к растровым изображениям, представленным в виде двумерных матриц. Принцип пространственных алгоритмов заключается в применении к исходному изображению специальных операторов: прямоугольных или квадратных матриц, называемых *масками*, *фильтрами*, *ядрами* или *окнами*. Чаще всего маска представляет собой небольшой двумерный массив, а методы улучшения, базирующиеся на таком подходе, часто называют *обработкой по маске* или *фильтрацией по маске*.

При осуществлении пространственной фильтрации яркостные характеристики каждой точки цифрового изображения, заменяются другим значением яркости, которое признается в наименьшей степени искаженным помехой. Данное значение рассчитывается на основе анализа значения яркости самой точки, а также некоторой её окрестности.

Используемая маска должна иметь центральный элемент, т.е. содержать нечетное число строк и столбцов. Наиболее популярна маска  $3 \times 3$ . Значения элементов маски зависят от поставленной задачи и используемого метода фильтрации.

Принцип пространственной фильтрации по маске отражен на рис. 1.1.3.

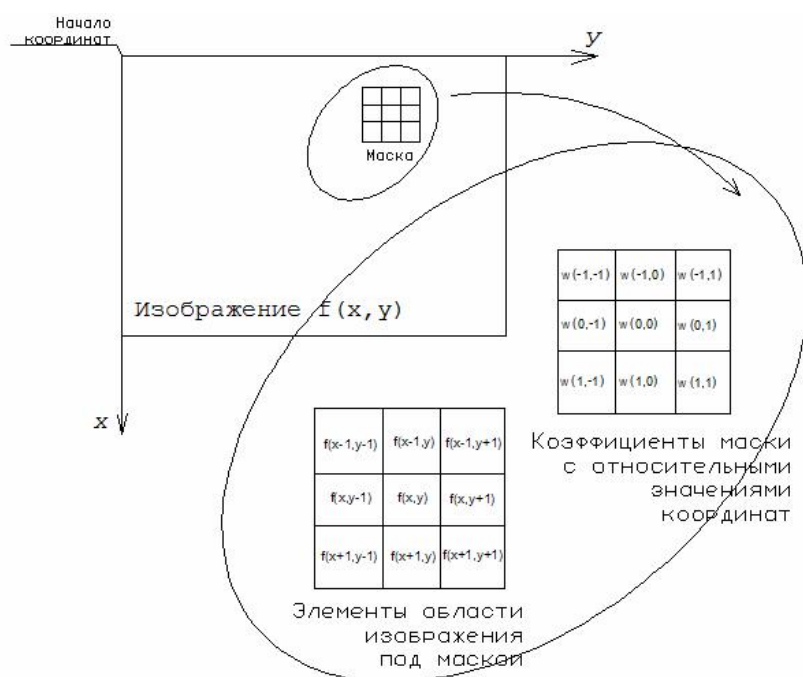


Рис. 1.1.3. Фильтрация по маске

Исходное изображение представлено в виде двумерной функции  $f(x, y)$ , где  $x$  и  $y$  – координаты обрабатываемого элемента. Используемая маска имеет размер  $3 \times 3$  и описана функцией  $W(u, v)$ , где  $u$  и  $v$  – координаты элемента маски относительно её центра  $(0, 0)$ . Данная маска последовательно накладывается своим центральным элементом на каждый элемент исходного изображения  $f(x, y)$ , при этом перекрывая некоторую окрестность (по размеру равную размеру маски) около обрабатываемого элемента, которую также

называют *окном фильтрации*. Следующим этапом происходит расчет нового значения яркости обрабатываемого элемента на основе выбранного алгоритма, использующего значения элементов маски и окна фильтрации.

По типу алгоритмов пространственные фильтры подразделяются:

- линейные;
- основанные на порядковых статистиках (нелинейные).

### **Линейная пространственная фильтрация**

Линейная фильтрация изображений в пространственной области заключается в вычислении линейной комбинации значений яркости элементов в окне фильтрации с коэффициентами матрицы весов фильтра, т.е. с элементами маски. При этом могут использоваться различные маски и формулы расчета.

Основные методы линейной фильтрации:

*Фильтрация на основе «скользящего среднего».* Данный фильтр является простейшим. Он удаляет шум за счет сглаживания локальной вариации яркости на изображении рассчитывая среднее арифметическое произведений элементов окрестности исследуемой точки и элементы накладываемой матрицы. В качестве маски берут матрицу  $3 \times 3$ , все элементы которой равны 1. В общем виде итоговая яркость обрабатываемого элемента  $j(x, y)$  рассчитывается по формуле:

$$j(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{k=x-\frac{(m-1)}{2}}^{x+\frac{(m-1)}{2}} \left( \sum_{l=y-\frac{(n-1)}{2}}^{y+\frac{(n-1)}{2}} (f(k, l) * W(k-x, l-y)) \right),$$

где  $m$  и  $n$  – количество строк и столбцов матрицы-маски. Подобный фильтр используется для задач удаления зернистости изображения вызванной импульсным шумом, но приводит к сильному размытию границ и расфокусировке изображения. Результат использования фильтра «скользящего среднего» приведен на рис. 1.1.4.

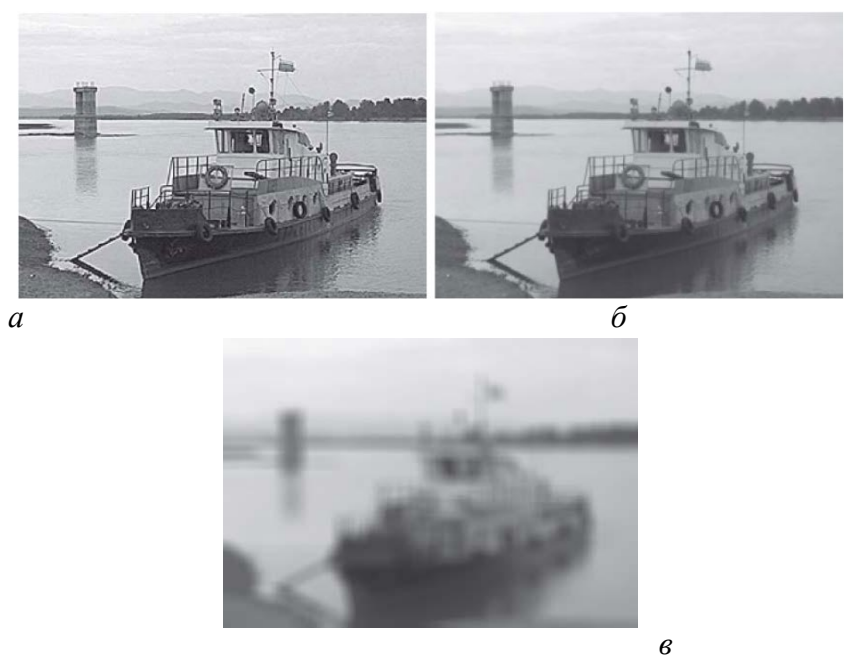


Рис. 1.1.4. Обработка изображения (а) фильтром «скользящего среднего» маской 3×3 (б) и 5×5 (в)

*Фильтрация на основе среднего геометрического.* Принцип схож с фильтром скользящего среднего, однако в данном случае рассчитывается среднее геометрическое произведений элементов окна фильтрации на соответствующие элементы маски. Маска аналогична методу «скользящего среднего». Применение этого фильтра приводит к сглаживанию изображения, но, в отличие от среднеарифметического фильтра, теряется намного меньше деталей. Общий вид формулы расчета методом среднего геометрического:

$$j(x, y) = \left[ \prod_{k=x-\frac{(m-1)}{2}}^{x+\frac{(m-1)}{2}} \left( \prod_{l=y-\frac{(n-1)}{2}}^{y+\frac{(n-1)}{2}} (f(k, l) * W(k-x, l-y)) \right) \right]^{\frac{1}{mn}}.$$

*Фильтрация на основе среднего гармонического.* Данный фильтр базируется на расчете среднего гармонического элементов окна фильтрации и элементов маски. Среднегармонический фильтр хорошо справляется с «белым» шумом (т.е. когда зашумление выражается в появлении белых точек на изображении), а также хорошо применим при работе с Гауссовым шумом. Применяется с маской идентичной маске «метода скользящего среднего».

Его общая запись:

$$j(x, y) = \frac{mn}{\sum_{k=x-\frac{(m-1)}{2}}^{x+\frac{(m-1)}{2}} \left( \sum_{l=y-\frac{(n-1)}{2}}^{y+\frac{(n-1)}{2}} (f(k, l) * W(k-x, l-y)) \right)}$$

*Гауссова фильтрация.* Повысить устойчивость результатов фильтрации на краях областей можно, если придать более близким точкам окрестности большее влияние на окончательный результат, чем дальним. Данный подход реализован в фильтре Гаусса, который отличается использованием маски вида:

$$\frac{1}{16} \times \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

при этом соблюдается условие нормировки – сумма всех элементов маски должна равняться единице.

Результат применения фильтра Гаусса к зашумленному изображению приведен на рис. 1.1.5.

Все линейные фильтры обладают одним важным свойством – они имеют линейную трудоемкость  $O(n)$ , т.е. характеризуются быстрым расчетом на вычислительных машинах. Однако для многих задач требуются более качественные методы устранения шумов.

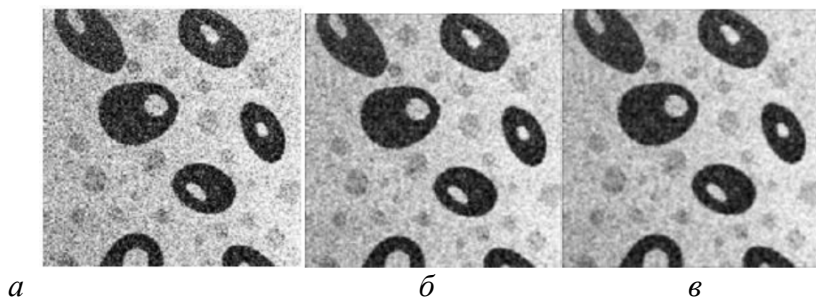


Рис. 1.1.5. Фильтрация методом Гаусса: *а* – исходное изображение;  
– фильтр Гаусса  $3 \times 3$ ; *в* – фильтр Гаусса  $5 \times 5$

### **Фильтры, основанные на порядковых статистиках**

Фильтры данного типа представляют собой пространственные фильтры, вычисление отклика которых требует предварительного упорядочивания (ранжирования) значений пикселей, заключенных внутри обрабатываемой области.

Самые популярные фильтры, основанные на порядковых статистиках:

- медианный фильтр;
- фильтр, основанный на вычислении максимума и минимума;
- фильтр средней точки;
- фильтр усредненного среднего.

Принцип действия фильтров данного класса рассмотрим на примере медианного фильтра, являющегося достаточно популярным в практической деятельности.

Действие медианного фильтра сводится к замене значения в точке изображения на медиану значений яркости в окне фильтрации этой точки при размере окна  $m \times n$ :

$$f(x, y) = \text{median}\{f(x, y) \mid x-0,5(n-1) \leq x \leq x+0,5(n-1), y-0,5(m-1) \leq y \leq y+0,5(m-1)\}$$

Более наглядно данный принцип отражен на рис. 1.1.6.



Рис. 1.1.6. Принцип осуществления медианной фильтрации

На исходный массив значений яркостей элементов накладывается окно фильтрации, в данном случае имеющее размерность  $5 \times 1$ . Попавшие в данное окно элементы ранжируются по возрастанию и выбирается то значение яркости, которое оказалось в центральном элементе окна. Данное значение яркости станет новым значением элемента. Результаты применения медианного фильтра отражены на рис. 1.1.7 и 1.1.8.

Другие фильтры, основанные на порядковых статистиках, работают по схожему принципу, но вместо определения медианы используют другие статистические особенности элементов окна фильтрации.

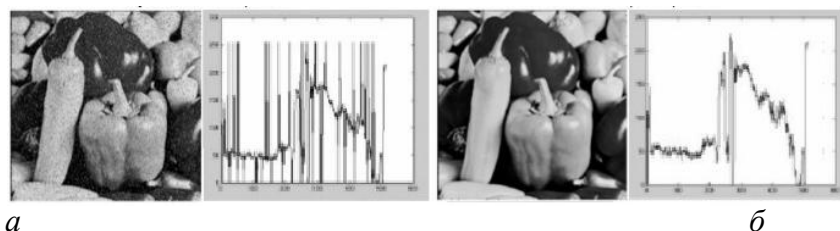


Рис. 1.1.7. Изображение с шумом «соль и перец» (а) и результат применения медианного фильтра (б) с соответствующими гистограммами

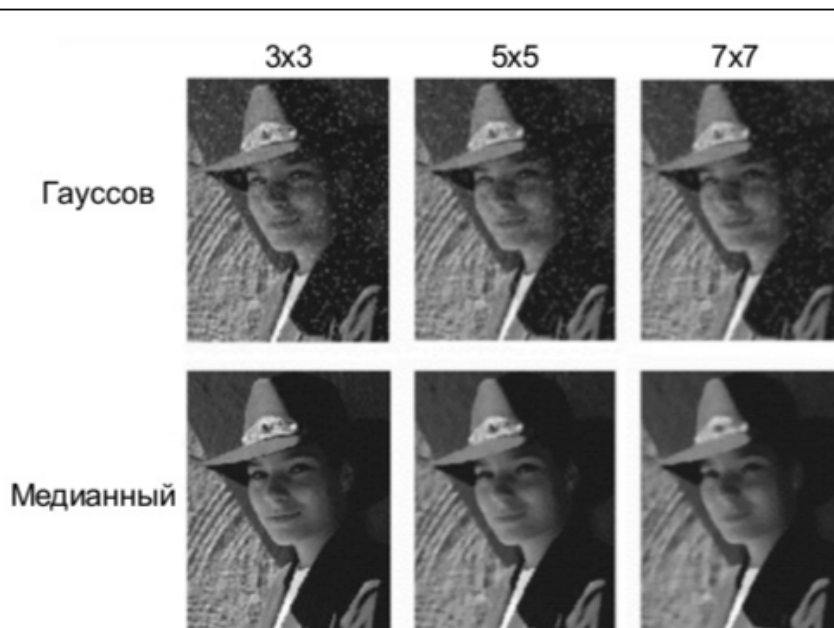


Рис. 1.1.8. Сравнение результатов применения фильтра Гаусса  
медианного фильтра при разных размерах окна фильтрации

примеру, фильтры на основе вычисления максимума (или минимума) определяют максимальное (минимальное) значение яркости элемента окна фильтрации и присваивают это значение центральному элементу, что позволяет избавиться от «черных» (или, соответственно, «белых» для минимума) шумов, имеющих минимальную (максимальную в случае «белых» шумов) яркость.

### ***Сравнение пространственных методов фильтрации***

Наиболее часто используемым фильтром является медианный фильтр. Обусловлено это двумя причинами:

Фильтры, основанные на порядковых статистиках, занимают промежуточное положение по соотношению скорость / качество среди всех прочих алгоритмов. К примеру, простейший фильтр, основанный на вычислении среднего, дает очень смазанное изображение, которое сложно впоследствии обрабатывать, в отличие

от медианного, который, затратив несколько больше времени, даст более качественные результаты.

Получаемые на практике изображения, как правило, не настолько сильно зашумлены, чтобы требовать очень тщательной фильтрации. Учитывая особенности применяемого при сегментации метода, достаточно просто удалить локальные выбросы яркости на изображении. Однако, это в большей степени зависит от предъявляемых к изображению требований.

### Классификация окрестностей

связи с тем, что пространственные методы базируются на применении масок и выделении окрестностей обрабатываемого элемента, необходимо определить подходы формирования данных окрестностей. Это играет большую роль при динамической обработке данных, когда формирование обрабатываемого изображения происходит «на лету» и заполнение элементов изображения может идти разными путями. Выделяют три типа окрестностей:

**Казуальные** характеризуются тем, что обе координаты обрабатываемого элемента окна фильтрации являются наибольшими в данной окрестности (рис. 1.1.9, *а*).

**Полуказуальные** – только одна координата обрабатываемого элемента является наибольшей для данной окрестности (рис. 1.1.9, *б*).

**Неказуальные** – ни одна из координат обрабатываемого элемента не является максимальной для окрестности (рис. 1.1.9, *в*).

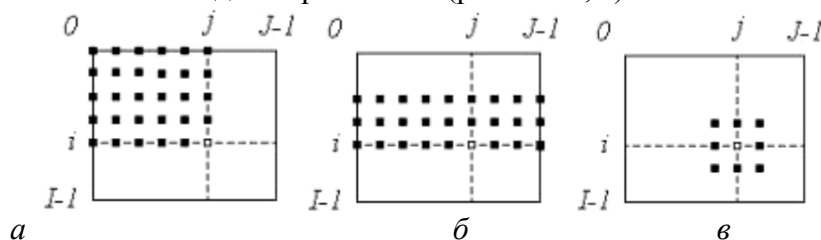


Рис. 1.1.9. Типы окрестностей

#### 1.1.4. Частотная фильтрация

Метод частотной фильтрации основывается на модификации сигнала путем применения к изображению двумерного преобразования Фурье. В случае наличия помех, имеющих периодическую составляющую, частотная фильтрация оказывает более сконцентрированное влияние на исходное изображение, по сравнению с пространственной, минимально искажая полезную информацию. Двумерное преобразование Фурье изображения  $m \times n$  элементов имеет вид:

$$G_{uw} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{mn} e^{j2\pi \left( \frac{m}{M} u + \frac{n}{N} w \right)},$$

где  $x_{mn}$  – элемент исходного изображения с координатами  $[m, n]$ ,  $G_{uw}$  – результат преобразования в координатах  $UW$ .

Как известно, преобразование Фурье служит для разложения сигнала в сумму гармонических колебаний разных частот и амплитуд. Оно позволяет получить спектр исходного изображения, на котором могут быть выделены соответствующие помехам частоты, что позволяет их подавить (рис. 1.1.10).

Основной принцип частотной фильтрации заключается в особенности изображений – фон и крупноразмерные объекты соответствуют *низким* частотам, а мелкие детали и шумы – *высоким*.

Фурье-спектр изображения строится таким образом, что наименьшие частоты сконцентрированы в центре изображений (рис. 1.1.10, б), а по направлению к краям происходит увеличение частоты. Поэтому применяемый фильтр (рис. 1.1.10, в) обеспечивает устранение высокочастотных периодических составляющих (т.н. «сателлитов»), не затрагивая полезную информацию.

Однако в некоторых случаях спектр исходного изображения (рис. 1.1.11, б) оказывается крайне неинформативным (белая точка

в центре). В таком случае используют логарифмический спектр (рис. 1.1.11, в), который получается за счёт применения функции логарифма к каждой точке спектра и последующей нормировки полученных значений (если какая-либо точка спектра имела нулевое значение, то на логарифмическом спектре соответствующая точка будет принимать значение 0).

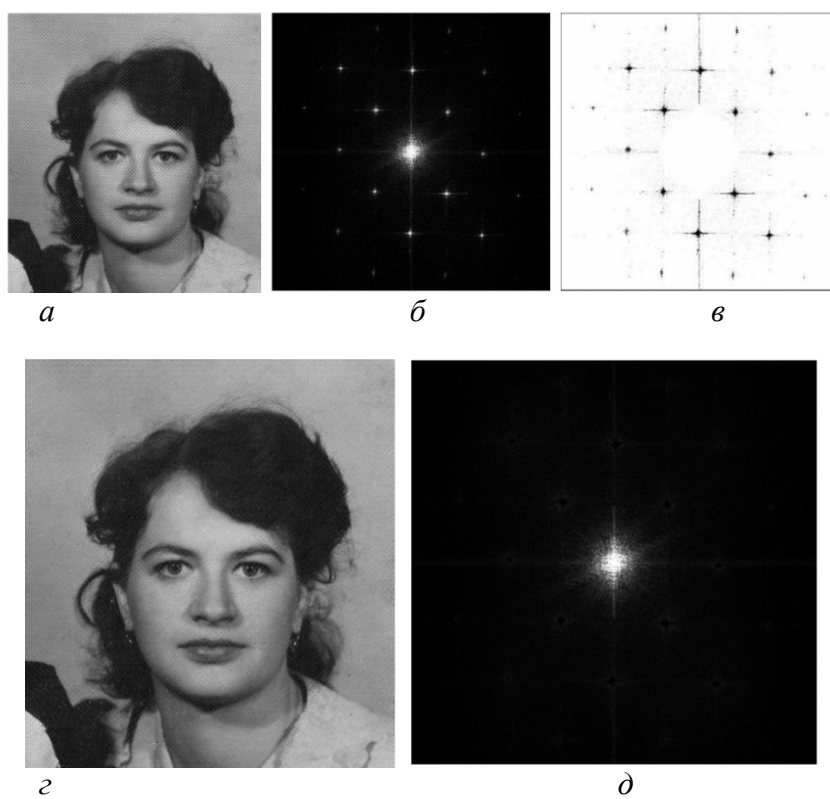
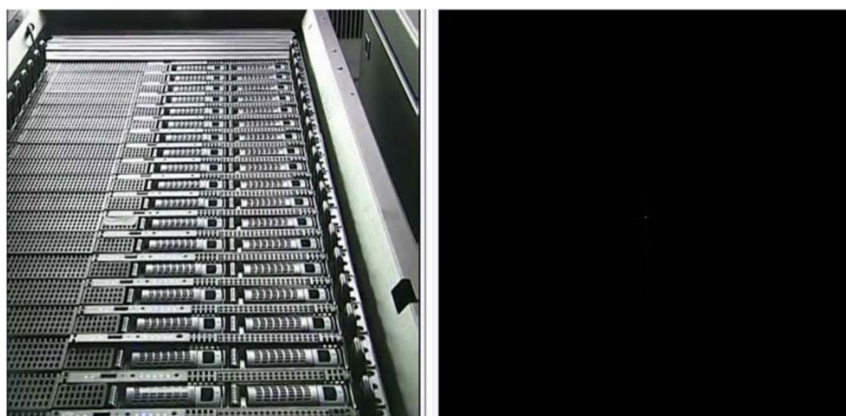
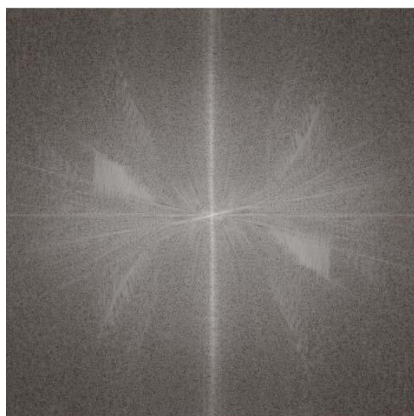


Рис. 1.1.10. Пример частотной фильтрации: изображение с периодической помехой тиснения (а), его спектр Фурье (б), применяемый фильтр (в), результат фильтрации (г) и Фурье-спектр результата (д)



*a*

*б*



*в*

*Рис. 1.1.11.* Преобразование Фурье : исходное изображение ( *a*), спектр исходного изображения ( *б*), логарифмический спектр ( *в*)

Частотные фильтры обладают более высокой трудоемкостью расчетов, по сравнению с пространственными. Однако, благодаря разработке ДПФ (дискретного преобразования Фурье) и БПФ (бы-строе преобразование Фурье) частотная обработка изображений может относительно эффективно реализовываться вычислитель-ными машинами. К примеру, БПФ имеет вычислительную трудо-емкость  $O(n \log(n))$ . Также все пространственные фильтры можно

реализовать при помощи частотного, что делает его достаточно универсальным.

### **1.1.5. План выполнения работы**

#### **(лабораторная Практическая работа № 1.1)**

Изучить пространственные и частотные алгоритмы фильтрации изображений.  
Выполнить контрольное тестирование.  
Ответить на контрольные вопросы.  
Самостоятельно найти в сети Интернет другие методы фильтрации изображений.  
Составить отчёт.

#### **Контрольный тест**

Как называют процесс устранения помех из сигнала?

- ☐ Фильтрация.
- ☐ Сегментация.
- ☐ Анализ.

Назовите основные причины необходимости устранения шумов на изображении.

- ☐ Увеличенный размер файла изображения.
- ☐ Невозможность хранения в памяти и печати изображений с шумами.
- ☐ Затруднение визуального анализа изображения;
- ☐ Нет особой необходимости устранения шумов;
- ☐ Сложность дальнейшей автоматической обработки изображений.

Как называют класс фильтров, использующих в своей реализации маски?

Частотные.  
Пространственные.  
Спектральные.

На каком принципе основан медианный фильтр?

Расчет среднего гармонического элементов окна фильтрации и маски.

- 
- b. Разложение изображения в спектр с выявлением частот, соответствующих шумам.  
с. Определение центрального элемента ранжированного ряда яркостей элементов окна фильтрации.

Наложение маски на центр исходного изображения.

Какие из следующих утверждений верны?

Линейная фильтрация имеет меньшую трудоемкость по сравнению с частотной.

Статистические фильтры, основанные на определении максимума, служат для устранения «белых» шумов.

Результатом применения преобразования Фурье к изображению будет спектр этого изображения.

Наименьшим частотам спектра Фурье соответствуют помехи и мелкие детали, а наибольшим – фон и крупноразмерные объекты.

### ***Контрольные вопросы***

Назовите основные классы фильтров и кратко сформулируйте их основные принципы.

Назовите основное требование, которое выдвигается к используемым в фильтрации маскам.

Перечислите основные классы окрестностей, различие между ними и объясните необходимость введения такой классификации.

Назовите наиболее применимый в практической деятельности пространственный фильтр и объясните почему.

Назовите фильтры, являющиеся наиболее простыми в вычислении. Назовите трудоемкие в вычислении фильтры.

### **Литература**

Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учеб. пособие. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.

Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. М. : Радио и связь, 1986. 400 с.

Задача фильтрации изображения. Wiki – Техническое зрение. URL: [http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Задача\\_фильтрации\\_изображений](http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Задача_фильтрации_изображений) (дата обращения: 6.12.2016).

Чичварин Н.В. Пространственная фильтрация изображений. Национальная библиотека им. Баумана. URL: [http://ru.bmstu.wiki/Пространственная\\_фильтрация\\_изображений](http://ru.bmstu.wiki/Пространственная_фильтрация_изображений) (дата обращения: 5.12.2016).

Общие понятия фильтрации изображений. Университет ИТМО, кафедра Прикладной и компьютерной оптики. URL: [http://aco.ifmo.ru/el\\_books/image\\_processing/7\\_01.html](http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/7_01.html) (дата обращения: 6.12.2016).

Сиднев А.А. Фильтрация изображений. Быстрое преобразование Фурье: Лабораторная Практическая работа. Нижний Новгород : НГУ, 2010. 168 с.

Чочиа П.А. Применение частотной фильтрации изображения для удаления помех, вызванных тиснением фотобумаги // Информационные процессы. 2010. № 4 (т. 10). С. 334–338.

## Практическая работа 1.2. РАСПОЗНАВАНИЕ ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

### 1.2.1. Введение

Одним из основных параметров цифрового изображения является его цветность, согласно которой изображения можно классифицировать:

Бинарные (только два возможных состояния пиксела, рис. 1.2.1, а).

Полутонные (изображение в тонах (оттенках) определенного цвета, рис. 1.2.1, б).

Цветные (многоцветные, рис. 1.2.1, в).

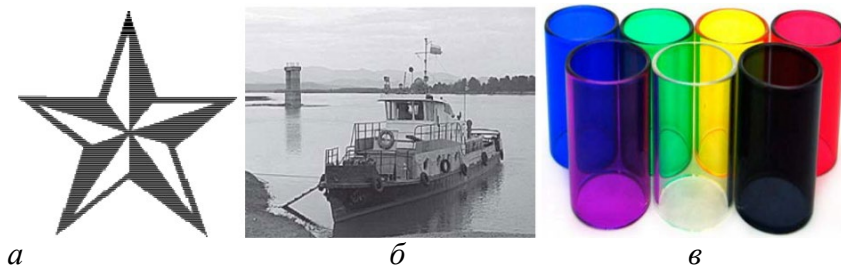


Рис. 1.2.1. Виды изображений по цветности:

– бинарное, б – полутонное, в – цветное

Наиболее полно передают визуальную информацию цветные изображения, в связи с чем встает задача получения таких изображений. Основной принцип, используемый при распознавании цветного изображения, заключается в выделении из исходного изображения волн определенной длины и их дальнейшее детектирование чувствительными элементами.

### 1.2.2. Основные подходы к описанию цветов

Для разложения света на отдельные цветовые составляющие используются волновые свойства светового потока. Как известно, белый свет представляет собой сумму волн с длинами видимого спектра (от красного до фиолетового, рис. 1.2.2), т.е. каждому цвету соответствует волна определенной длины.

Однако было определено, что для описания любого цвета может использоваться линейная комбинация из трех «базисных» цветов. Существует несколько базисов, самый популярный из которых – RGB (Red-Green-Blue: Красный-Зеленый-Синий), изображенный на рис. 1.2.3, а. Данный базис называется *аддитивным*, так как результирующий цвет получается сложением базисных составляющих на черном фоне:

$$C = R + G + B = (R, G, B),$$

Каждая составляющая обычно принимает значения от 0 до 255 (может отличаться у различных систем). При этом, белый цвет будет иметь запись (255; 255; 255), черный (0; 0; 0), красный (255; 0;

и т.д.

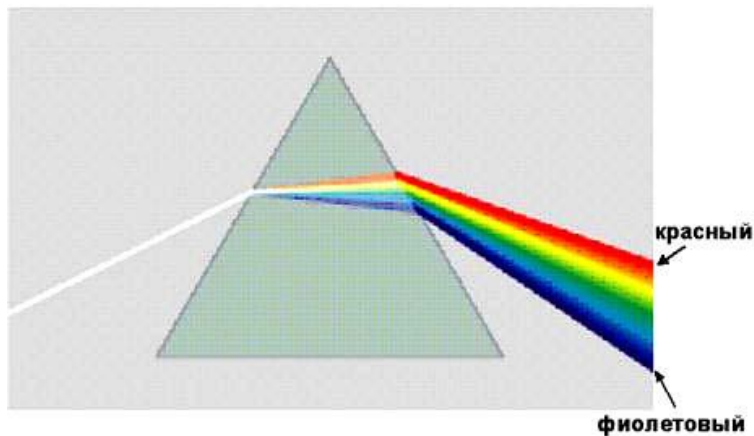


Рис. 1.2.2. Дисперсия света

Другой популярный базис – CMYK (пурпурный, голубой, желтый, ключевой (черный)) – изображен на рис. 1.2.3, б. Данный базис называют *субтрактивным* в связи с тем, что базисные цвета получены вычитанием из белого цвета стандартного RGB базиса.

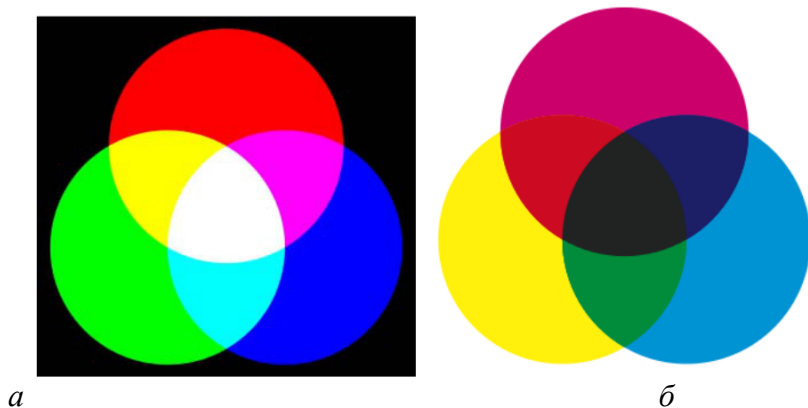


Рис. 1.2.3. Цветовые базисы: *a* – RGB, *б* – CMYK

Регистрация каждой цветовой составляющей может проводиться разными методами, основные среди которых:

- Применение светофильтров, пропускающие только волны определенной длины;
- Применение дихроичных зеркал и призм, отражающих только волны определенной длины и пропускающих прочие волны;
- Использование свойства полупроводников поглощать волны разных длин на разной глубине кристалла.

### 1.2.3. Классические методы распознавания цветов

#### *Последовательная система*

Один из классических методов формирования цветного изображения в телевидении заключался во вращении дискового трех-цветного светофильтра, который последовательно пропускал спектры красного, синего и зеленого исходного изображения (рис. 1.2.4). Данная система цветоопределения называется последовательной.

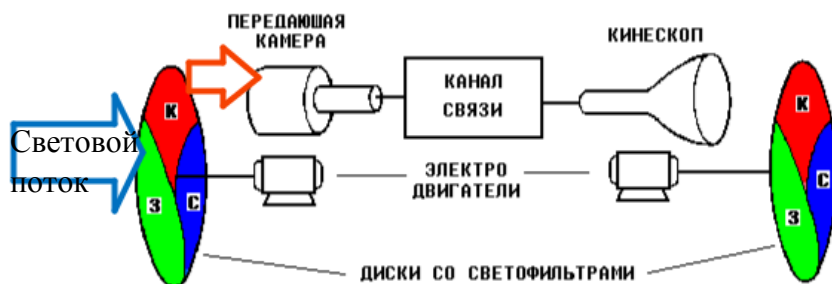


Рис. 1.2.4. Последовательная система цветоопределения

При синфазном вращении дисков зритель видит три цветных изображения и благодаря инерционности восприятия возникает впечатление изображения в натуральных цветах. Для незаметности мельканий необходимо, чтобы смена всех трех цветных изображений прошла за время смены кадра, т. е. требуется в 3 раза повысить частоты развертки и ширину спектра сигнала.

Данный способ относительно прост в реализации, но требует согласованного вращения электродвигателей для совпадения спектральной информации с цветом светофильтра, а также значительного пространства для двигателей, фильтров и кинескопа. К тому же при быстром перемещении объектов на изображении возникает бахрома, так как изображения оказываются не совмещёнными.

### Параллельная система

Данная система заключается в объединении трех одноцветных систем цветоопределения посредством системы дихроичных зеркал (рис. 1.2.5). Свет от объекта попадает на зеркало 1, отражающее синюю составляющую на соответствующее светочувствительное устройство (трубку), остальная часть потока проходит зеркало насквозь и достигает зеркала 2, отражающего красную составляющую и пропускающего зеленую. Таким образом исходное изображение параллельно формируется на всех трех светочувствительных трубках. Системы данного типа называют *параллельными*.

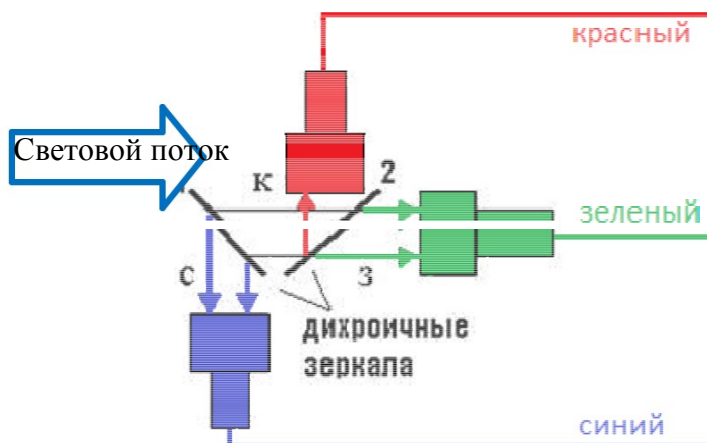


Рис. 1.2.5. Параллельная система цветоопределения

Данный способ распознавания цветов является эффективным, но требует точного оптического и электрического совмещения трех растров трубок, так как нарушение совмещения может привести к потере четкости и появлению цветowych окантовок.

#### 1.2.4. Методы распознавания цветов

##### для интегральных светочувствительных матриц

Развитие интегральных технологий создания светочувствительных элементов (ПЗС, КМОП и др.) привело к необходимости адаптации и развития методов распознавания цветного изображения на их основе.

##### *Одноматричные системы*

Широкое распространение получили одноматричные системы, использующие мозаичные фильтры (рис. 1.2.6, а). Каждый пиксел матрицы снабжен светофильтром таким образом, чтобы их цвета чередовались в строго заданном порядке. Существуют разные подходы к расположению светофильтров, наиболее популярен фильтр Байера (RGGB, рис. 1.2.6, б, в). Увеличенное число зеленых элементов фильтра Байера связано с особенностями человеческого зрения.

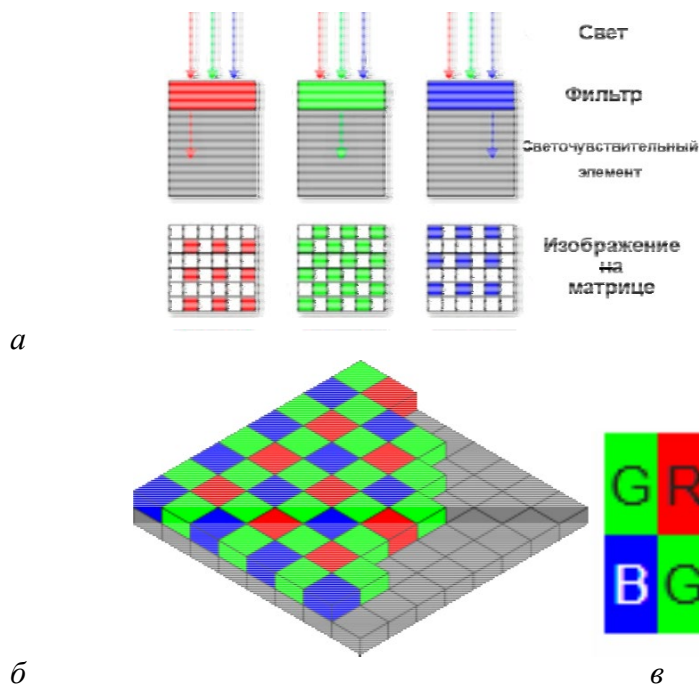
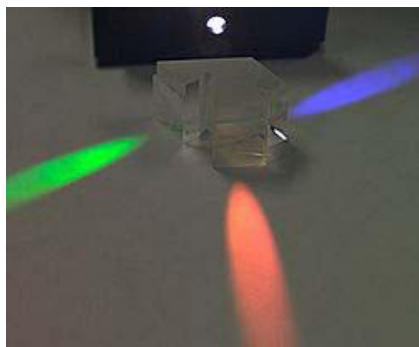


Рис. 1.2.6. Одноматричная система: а – принцип действия, – фильтр Байера, б – группа пикселей RGGB фильтра

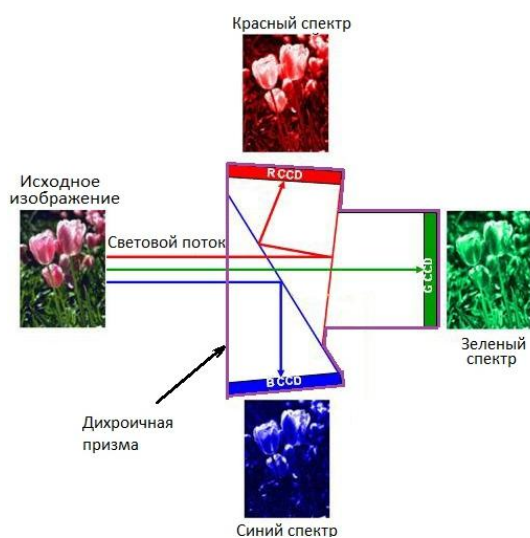
Недостатками данной системы является необходимость использования четырех соседних пикселей для получения усредненного значения четырех пикселей результирующего цветного изображения, что уменьшает разрешающую способность такой матрицы.

### Трехматричные системы

Проблема уменьшения разрешающей способности была решена разработкой *трехматричных систем*. Данные системы основываются на применении дихроичных призм разбивать световой поток на отдельные составляющие и отклонять их в разных направлениях (рис. 1.2.7). Каждая составляющая воспринимается отдельной матрицей, затем посредством суммирования значений соответствующих пикселей трех матриц формируется единое цветное изображение (рис. 1.2.8).



**Рис. 1.2.7.** Дихроичная призма



**Рис. 1.2.8.** Трехматричная система (3CCD)

Данные системы также называют 3CCD (основываются на трех ПЗС-матрицах) или 3CMOS (на трех КМОП-матрицах).

Недостатками данной системы являются необходимость очень точной настройки оптической системы, увеличенные объемы и затраты на производство, в связи с необходимостью использовать не одну, а три матрицы, а также дихроичную призму.

### Foveon X3

Новая технология Foveon X3 основывается на особенности кремния поглощать разные длины волн на разной глубине кристалла в связи с тем, что коэффициент поглощения света в кремнии в оптическом диапазоне монотонно зависит от длины волны, синяя часть спектра поглощается верхним тонким слоем (толщина 0,4 мкм), зеленая – средним (2 мкм), красная – нижним (более 2 мкм) т.е. цветоделение на R-G-B составляющие проводится по-слойно (рис. 1.2.10). «X3» в названии говорит о «трехмерности» структуры.

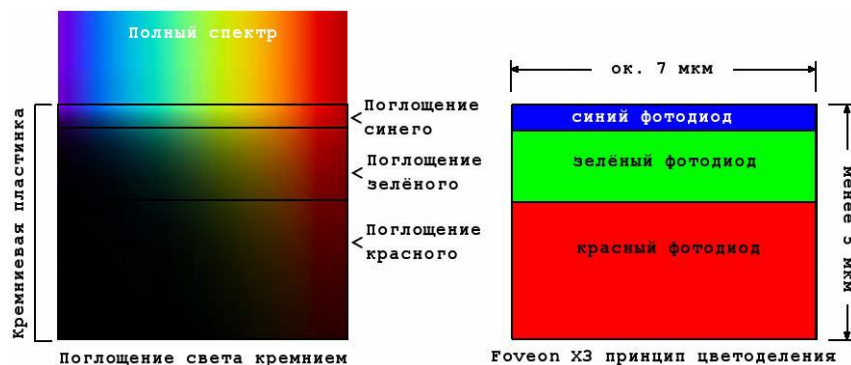


Рис. 1.2.10. Принцип работ Foveon X3

Так как данная технология не использует группу пикселей для определения итогового цвета, то исчезает необходимость в интер-поляции нескольких сигналов для получения результата, а также не используются размывающие фильтры, необходимые одномат-ричным системам для предотвращения муара (нежелательный эф-фект возникновения узора при периодичности элементов изобра-жения).

Главный недостаток данных устройств – высокий уровень циф-рового шума, связанного с тем, что часть фотонов может погло-щаться в «не своей» области. Это приводит к недостаточной на-сыщенности итогового изображения и необходимости её принуди-тельного подъема. Используемые методы подъема насыщенности и являются одним из главных источников шумов на изображении.

---

тому же технология не обладает достаточной цветопередачей и не допускает её радикального улучшения, так как ограничивается свойствами самого кремния.

### **1.2.5. План выполнения работы**

#### **(лабораторная Практическая работа № 1.2)**

Изучить методы получения цветных изображений.

Выполнить контрольное тестирование.

Ответить на контрольные вопросы.

Самостоятельно найти в сети Интернет дополнительную информацию по методам цветоделения интегральных светочувствительных матриц (ПЗС, КМОП, 3ПЗС, Foveon), а также по цветовой системе HSI .

Составить отчёт.

#### ***Контрольный тест***

Как называют изображения, представленные в различных тонах одного цвета?

Полутоновые.

Тональные.

Цветные.

Назовите цвета аддитивного цветового базиса

Пурпурный, голубой, желтый, черный.

Красный, зеленый, желтый.

Белый, черный.

Желтый, синий, серый.

Красный, зеленый, синий.

Чье имя носит самый популярный мозаичный фильтр?

Фурье.

Байер.

Фраунгофер.

На каком принципе основана 3CCD система?

На свойстве кремния поглощать разные длины волн на разной глубине кристалла.

На применении мозаичных светофильтров.

На применении дихроичных зеркал и призм.

На применении вращающегося дискового светофильтра.

Какие из следующих утверждений верны?

Изображения, полученные при помощи одноматричных мозаичных систем, имеют более низкое разрешение.

Трехматричные системы не нуждаются в точной оптической настройке и согласовании.

Foveon X3 дает зашумленное изображение из-за необходимости увеличения его насыщенности.

Сложение красного, синего и зеленого цветов дает черный цвет.

### **Контрольные вопросы**

Назовите два основных цветовых базиса и различие между ними.

Сформулируйте отличие параллельного метода цветоделения от последовательного.

Назовите основные преимущества и недостатки одно- и трехматричных систем.

Кратко опишите технологию Foveon X3.

### **Литература**

Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.

Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход / пер. с англ. А.В. Назаренко, И.Ю. Дорошенко. М. : Вильямс, 2004. 928 с.

Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение / пер. с англ. А.А. Богуславского. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.

Способы получения цветного изображения. Студопедия. URL: [http://studopedia.ru/1\\_89541\\_sposobi-polucheniya-tsvetnogo-izobrazhe-niya.html](http://studopedia.ru/1_89541_sposobi-polucheniya-tsvetnogo-izobrazhe-niya.html) (дата обращения: 5.12.2016).

Сенсоры цифровых камер. Cambridge Colour. URL: <http://www.cambridgecolour.com/ru/tutorials-ru/camera-sensors.htm> (дата обращения: 6.12.2016).

Foveon X3. Архитектура матрицы и принцип действия. Индустрия кино и видео. URL: [http://industriya-kino-i-video.vipsekret.ru/a\\_industriya-kino-i-video&foveon-x3&0.htm](http://industriya-kino-i-video.vipsekret.ru/a_industriya-kino-i-video&foveon-x3&0.htm) (дата обращения: 6.12.2016).

---

Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототех-нике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные тех-нические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

## ***Раздел 1. Обработка и анализ изображений***

### **Практическая работа 1.3. СЕГМЕНТАЦИЯ**

#### **1.3.1. Введение**

настоящее время благодаря развитию информационных техно-логий Практическая работа с изображениями прочно вошла во все сферы челове-ской жизни, начиная с типичного получения и обработки изображе-ния фотоаппаратом и заканчивая высокоточной системой техниче-ского зрения для роботизированных манипуляторов, применяемых на производстве. В основе систем обработки изображения лежат стан-дартные процедуры обработки, содержащие в себе ряд методов и процедур, необходимые для достижения желаемого результата.

Основной задачей любой системы технического зрения являет-ся задача получения полезной информации с получае-мого изобра-жения путем распознавания отдельных элементов изображения. Процесс получения полезной информации можно разделить на ряд процедур обработки изображения: снятие информации, предвари-тельная обработка информации, сегментация, описание, распозна-вание, интерпретация.

#### **1.3.2. Определение сегментации.**

##### **Классификация методов сегментации**

Процедуры снятия и предварительной обработки информации представляют собой процессы непосредственного получения изо-бражения с датчика оптической информации, которым, например, может являться видеокамера, и улучшения качества изображения путем применения различных фильтров (фильтрации) для удале-ния шумов, повышения четкости изображения и достижения дру-гих эффектов. Сегментация представляет собой процесс разделе-ния изображения на составляющие объекты. При процедуре опи-сания выделяют характерные параметры объекта (например, раз-мер или форма). Распознавание является процессом иденти-фикации объектов, а интерпретация выявляет принадлежность к группе распознаваемых объектов.

Любой объект изображения или же область можно рассматри-вать как совокупность точек, схожих по свойствам. Точка может представлять собой как отдельный пиксель изображения, так и их

совокупность, свойствами которых может являться значение яркости, расположение, размеры и пр.

Беря во внимание все вышесказанное, можно перейти к определению понятия сегментации. Сегментация – процесс разбиения изображения сцены на составляющие части: объекты, их фрагменты и характерные особенности.

Сегментация является важным процессом при операции обработки изображения, так как именно на этом этапе выделяются объекты и области, которые применяются в дальнейших процедурах идентификации и интерпретации. Наиболее часто сегментацию проводят по яркости для одноцветного изображения и цветовым координатам для цветного изображения. Конечной целью сегментации изображений является разбиение поля зрения  $D$  на области объектов  $D_1, D_2, \dots, D_n$  и область фона  $D_{n+1}$ .

Сегментация широко применяется в различных задачах обработки изображения. Примеры некоторых применений:

Медицинская диагностика органов (рис. 1.3.1), обнаружение патологий, опухолей.

Обработка аэроснимков (рис. 1.3.2).

Системы технического зрения.

Распознавание отпечатков пальцев, лиц и др.

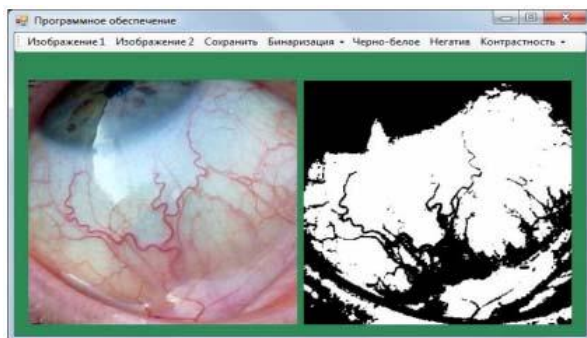


Рис. 1.3.1. Сегментация изображения глаза методом Бернсена

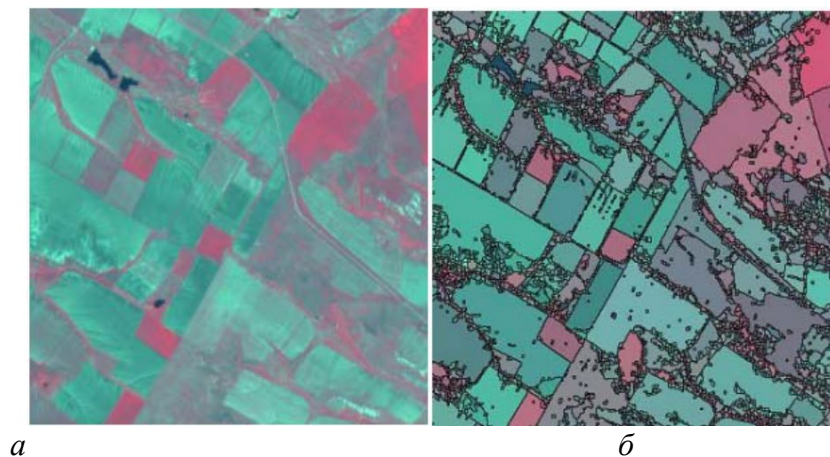


Рис. 1.3.2. Сегментацированное изображение (б) аэрофотоснимка (а) методом водораздела

настоящее время известны многие методы сегментации, что обусловлено необходимостью подбора конкретного метода к конкретной задаче. Иными словами, можно сказать, что не существует универсального алгоритма сегментирования изображения, так как выбранный алгоритм может с приемлемой точностью решать задачу по распознаванию объекта в одном случае, но иметь совершенно противоположные результаты в другом. Во многом выбор алгоритма сегментации зависит от априорной информации об объекте интереса (число объектов интереса, форма объекта, характер распределения яркости объекта или областей и др.). Поэтому проблема выбора алгоритма сегментации является одной из главных задач процесса сегментирования.

Если говорить о классификации методов сегментирования, то в первую очередь следует выделить классификацию по двум признакам:

- ☐ Автоматические методы, то есть такие методы, которые не требуют взаимодействия с пользователем.
- ☐ Интерактивные или ручные методы, использующие пользовательские данные во время работы.

Также методы сегментирования делятся на:

Методы пороговой сегментации – основанные на выделении объекта по соответствию среднему значению яркости. Выделяют методы, основанные на применении глобального порога и локального. Примеры: метод Отса, метод Бернсена.

Методы наращивания областей – в основе применения лежит понятие связности соседних сегментов изображения. Происходит группировка этих сегментов по уровням яркости и их объединение

однородные области. Примерами являются методы водораздела, центроидного связывания, слияния – расщепления.

Граничные методы – основаны на поиске границ объектов изображения. Граница определяется по резкому линейному убыванию (возрастанию) яркости точки. Примеры алгоритмов: алгоритмы Робертса, Собеля, Превитта, Канни.

Методы на основе кластеризации – в основе лежит разделение изображения на  $K$ -кластеры, путем случайного выбора центральных кластеров (точек изображения) и поэтапной смене этих кластеров, пока они не перестанут изменяться. Примером является алгоритм  $k$ -средних.

Известно, что цветное изображение компьютер хранит как двумерный массив точек, то есть матрицу, каждый элемент которой есть набор трех значений цветов:  $R$  (красный),  $G$  (зеленый) и  $B$  (синий). Формально изображение можно записать как некоторую функцию:

$$(1.3.1) \quad f[x, y, p(x, y)],$$

где  $(x, y)$  – координаты пикселя изображения;  $p(x, y)$  – значение яркости пикселя в точке с координатами  $(x, y)$ .

Значение яркости можно определить по следующей формуле:

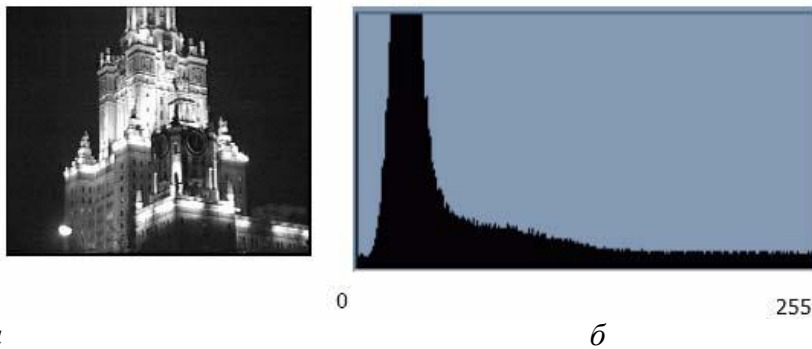
$$(1.3.2) \quad I(x, y) = 0,3 \cdot R(x, y) + 0,59 \cdot G(x, y) + 0,11 \cdot B(x, y),$$

где  $R(x, y)$ ,  $G(x, y)$ ,  $B(x, y)$  – значения составляющих  $R$ ,  $G$ ,  $B$  в точке с координатами  $(x, y)$ .

Также следует рассмотреть понятие гистограммы. Гистограмма – функция, показывающая зависимость количества пикселей от их яркости. Яркость вычисляется в диапазоне  $[0, 255]$  по формуле

(1.3.2) или отдельно для каждого из составляющих цвета  $R$ ,  $G$ ,  $B$ .

Пример гистограммы изображения приведен ниже.



*a*

*б*

Рис. 1.3.3. Изображение (*a*) и его гистограмма (*б*)

Во многих задачах точки объекта изображения характеризуются приблизительно равными значениями яркости, что позволяет выделить текущий объект на фоне других объектов или заднего плана. Примером такого изображения может являться композиция предметов белого цвета на черном фоне (рисунок 4). Для обработки такого изображения может быть использован метод пороговой бинаризации, который также носит название одноуровневой пороговой сегментации.

Бинаризация – процесс преобразования цветного изображения в черно-белое. Такое преобразование позволяет сэкономить вычислительные ресурсы при обработке и хранении изображения. При этом матрица изображения будет состоять только из двух значений: 0 – соответствует низкому значению яркости (черный цвет) и

– соответствует высокому значению яркости (белый цвет).

Для понимания основных принципов сегментации в дальнейшем будет рассматриваться метод пороговой сегментации, который является наиболее простым, но достаточно эффективным для решения ряда задач обработки изображения.

### 1.3.3. Методы пороговой сегментации

Вернемся к задаче распознавания предметов на столе. Все точки, принадлежащие объектам интереса, будут иметь значение 1,

фон – значение 0. Выходная функция  $f_1(x, y)$  обрабатываемого изображения в общем случае будет выглядеть следующим образом:

$$(1.3.3) \quad f_1(x, y) = \begin{cases} z_0, & \text{если } f_0(x, y) \leq T, \\ z_1, & \text{если } f_0(x, y) > T. \end{cases}$$

где  $f_0(x, y)$  – входное изображение (значение яркости пикселя);

$f_1(x, y)$  – выходное изображение (значение яркости пикселя);  $T$  – порог (параметр обработки);

$z_0, z_1$  – значения яркости пикселей.

случае, если применение бинаризации не является желательным, то используется многоуровневая пороговая сегментация. Такая обработка применяется к цветным изображениям и позволяет выделить области различной яркости. Получаемое при этом выходное изображение имеет вид:

$$(1.3.4) \quad f_1(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } f_0(x, y) \in D_1, \\ 2, & \text{если } f_0(x, y) \in D_2, \\ \dots & \dots \\ n, & \text{если } f_0(x, y) \in D_n, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

где  $f_0(x, y)$  – входное изображение (значение яркости пикселя);

$f_1(x, y)$  – выходное изображение (значение яркости пикселя);  $T$  – порог (параметр обработки);

$z_0, z_1, \dots, z_n$  – значения яркости пикселей;  $D_1, D_2, \dots, D_n$  – области изображения.

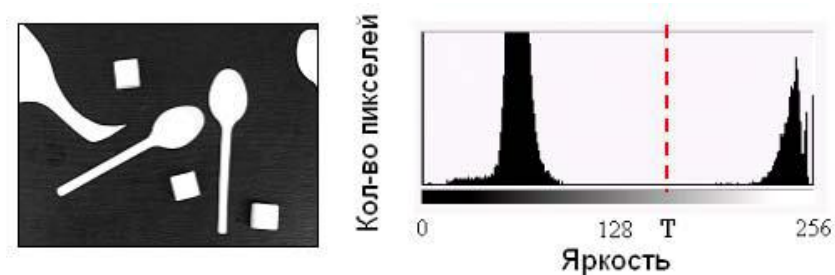
Параметр обработки  $T$  имеет важное значение при пороговой

обработке изображения, так как именно он является ключевым фактором при оценке принадлежности точки сегменту изображения. Существует два типа порога: глобальный и локальный, а использующие этот параметр методы называют соответственно глобальной пороговой обработкой и локальной пороговой обработкой.

#### **1.3.4. Глобальная пороговая обработка**

Глобальную пороговую обработку используют для разделения гистограммы на два уровня (рис. 1.3.3) в случае, если на гистограмме четко выражены две области распределения пикселей по яркости – яркие и темные.

Например, необходимо сегментировать изображение (рис. 1.3.4). Построим и проанализируем его гистограмму. По гистограмме видно, что можно выделить порог сегментации  $T$ . Построим выходное изображение, используя формулу (1.3.3) (рис. 1.3.5).



*Рис. 1.3.4. Исходные данные*



*Рис. 1.3.5. Сегментированное изображение*

---

данном случае мы выбрали порог эвристическим путем (ви-зуально оценили плотность распределения яркости пикселей). Также существует аналитический способ нахождения порога, ко-торый заключается в выполнении следующих пунктов:

1. Выбрать порог  $T$  равным середине диапазона яркостей.
2. Вычислить среднюю яркость  $m_1$  всех пикселей с яркостью меньше порогового значения  $T$ , аналогично среднюю яркость  $m_2$  для пикселей с яркостью больше порога.
3. Пересчитать порог по формуле:  
(1.3.5) 
$$T = (m_1 + m_2) / 2.$$

Повторять шаги 2, 3 порог не перестанет изменяться.

### 1.3.5. Локальная пороговая обработка

Локальная пороговая обработка применяется в случае невоз-можности разделения гистограммы с помощью глобального поро-га. Данный метод сложнее, но эффективней, чем глобальная поро-говая обработка, и заключается в обработке как значения яркости пикселя , так и его пространственного положения. Одним из алго-ритмов, используемых локальный порог, является метод Бернсена

заключается в следующем:

Выбирается маска (квадрат) размерностью  $m \times m$ , где  $m$  – не-четное число.

В цикле происходит «сканирование» изображения маской и осуществляется расчет уровня контраста каждого пикселя изобра-жения в соответствии с его окружением (соседними в квадрате пикселями) по следующей формуле:

$$G(m, n) = (j_{high} - j_{low}) \leq \epsilon, \quad (1.3.6)$$

где  $j_{high}$  – наибольшее и наименьшее значение яркости в

квадрате  $m \times m$ ;  $\epsilon$  – заданная пороговая величина.

Пороговая величина выбирается пользователем в зависимости от условий задачи обработки.

Пример применения метода Бернсе-на показан на рис. 1.3.1.

Если рассматривать практическое сравнение глобального и ло-кального порогового метода, то можно наглядно увидеть, насколь-ко различными могут быть результаты при схожих подходах к ре-

## Раздел 1. Обработка и анализ изображений

---

шению задачи. Для этого, например, проведем анализ и последующую сегментацию изображения сварочного шва (рис. 1.3.6).

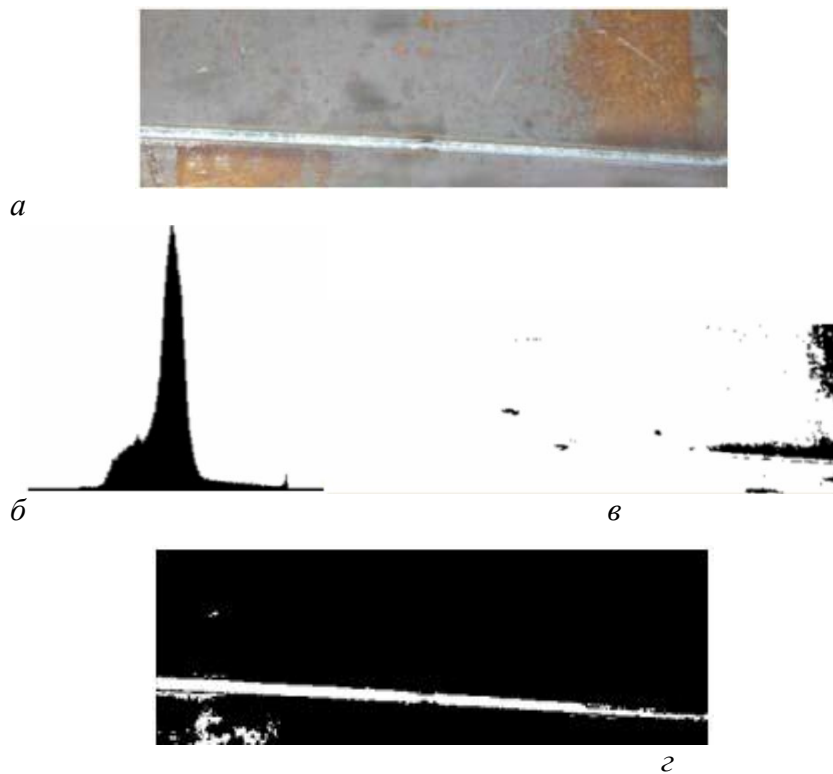


Рис. 1.3.6. Результаты обработки (в, г) исходного изображения (а) по его гистограмме (б)

### Тестовые вопросы

Верно ли утверждение: обработка изображений применяется только для решения специализированных задач?

а) Да. б) Нет.

Как называется процедура обработки изображения, предшествующая сегментации?

а) Снятие информации. б) Описание.

---

в) Фильтрация.

г) Интерпретация.

Есть ли необходимость в сегментации для черно-белого изображения?

а) Да, обязательно.

б) Нет, так как объекты четко выделяемы на фоне.

в) Да, в случае применения в задачах распознавания объектов.

В основе какого метода лежит принцип группировки сегментов изображения по значениям яркости и дальнейшее объединение однородные области?

а) Алгоритм Робертса.

б) Метод водораздела.

в) Метод Отса.

г) Метод Бернсена.

В каких случаях применяется глобальная пороговая обработка?

а) Если на изображении четко выделяются яркая и темная области.

б) В случае сильного зашумления изображения.

в) В случае, если вид гистограммы изображения близок к нормальному распределению.

### ***Контрольные вопросы***

Перечислите основные процедуры обработки изображения и какие функции они выполняют.

Дайте определение сегментации изображения. Насколько важно применение сегментации при распознавании объектов изображения? Применение сегментации.

Перечислите основные признаки классификации методов сегментации.

Дайте определение понятиям бинаризации и гистограммы. Для чего они применяются?

Как происходит аналитический выбор порога сегментации?

В чем заключается метод Бернсена?

На каком из фрагментов рисунка 6 представлен результат локальной обработки. Почему?

**Литература**

Системы технического зрения : справочник / В.И. Сырямкин, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков и др. ; под ред. В.И. Сырямкина, В.С. Титова. Томск : РАСКО, 1992. 367 с.

Методы вторичной обработки и распознавания изображения: учебное пособие / А.Ю. Тропченко, А.А. Тропченко. СПб. : Университет ИТ-МО, 2015. 215 с.

Современные методы и информационные технологии тематической обработки данных ДЗЗ: электронные методические указания к лабораторной работе / В.Н. Копенков. URL: [www.ssau.ru/files/education/metod\\_1/Копенков%20В.Н.Современные%20методы.pdf](http://www.ssau.ru/files/education/metod_1/Копенков%20В.Н.Современные%20методы.pdf)

Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

## Практическая работа 1.4. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

### 1.4.1. Введение

настоящий момент существует множество различных систем контроля и обеспечения безопасности, в которых требуется распознавать автомобильные номера. Подобные программы используются, например, для контроля въезда на закрытые территории.

Современные технологии позволяют полностью автоматизировать въезд на парковку здания или на территорию многоместного гаража. Но простая пропускная система не всегда совершенна. По пропуску может проехать другой автомобиль. Система распознавания гос. номеров на автомобилях – удобное и технологичное решение. Камера фиксирует номер, он сверяется со списком, внесенным

базу данных, после чего подается сигнал на открытие шлагбаума. При этом въезд и выезд с объекта постоянно фиксируется.

Визуальный контроль с помощью видеокамер может стать хорошей альтернативой или дополнением к физической охране, так как обеспечивает круглосуточный надзор и точную фиксацию всей информации.

Видеонаблюдение с распознаванием номеров автомобилей имеет множество плюсов. После установки такого оборудования не потребуются дополнительные пропуски для водителя. За системой нужен минимальный контроль, а в случае ухудшения погодных условий или других трудностей и внешних факторов, номера автомобилей оператор может корректировать вручную. Для складских помещений или оптовых баз есть дополнительный плюс – постоянный учет зарегистрированных и незарегистрированных автомобилей на объекте.

Распознавание автомобильных номеров основано на теории распознавания образов. Распознавание образов — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных.

Распознавание образов в свою очередь является частью видео-аналитики. Видео-аналитика — технология, использующая методы компьютерного зрения для автоматизированного получения раз-

личных данных на основании анализа последовательности изображений, поступающих с видеорекамер в режиме реального времени или из архивных записей. Видеоаналитика представляет собой программное обеспечение (ПО) для работы с видеоконтентом. В основе программного обеспечения лежит комплекс алгоритмов машинного зрения, позволяющих вести видеомониторинг и производить анализ данных без прямого участия человека. Алгоритмы видеоаналитики могут быть интегрированы в различные бизнес-системы, чаще всего используются в видеонаблюдении и других сферах безопасности.

Система распознавания автомобильных номеров для парковки предоставляет возможность осуществлять контроль въезжающего

выезжающего с территории автотранспорта с ведением журнала. Так же существуют системы для распознавания автомобильных знаков движущихся транспортных средств.

### **1.4.2. Система распознавания номеров её характеристики**

настоящее время в мире на дорогах находится более полу-миллиарда автомобилей. Все эти транспортные средства имеют уникальный идентификационный номер в качестве основного опознавательного знака. Идентификационный номер транспортного средства фактически является регистрационным номером, дающим законное право на участие в дорожном движении.

Проблема идентификации автомобиля по регистрационному номерному знаку является важным аспектом контроля и обеспечения безопасности дорожного движения. Продукты, способные решать данную задачу, востребованы в самых различных сферах. Примером могут служить автотранспортные предприятия, автомобильные стоянки, гаражные кооперативы, коттеджные поселки, заправочные станции, пункты контроля въезда на территорию объекта и т.п.

Когда говорится о Системе автоматического распознавания номеров (License Plate Recognition, LPR), подразумевается программный или аппаратно-программный комплекс, который реализует алгоритмы автоматического распознавания номерных знаков для регистрации событий, связанных с перемещением автомобилей, т.е.

---

для автоматизации ввода данных и их последующей обработки. Строго говоря, LPR-система – это устройство, которое регистрирует проезд транспортного средства, считывает его регистрационный номер и выводит его в ASCII-систему обработки данных.

настоящее время существует достаточно много LPR-систем с разным уровнем качества распознавания, быстродействия и спектром предоставляемых дополнительных функций. Продукты, обладающие высоким быстродействием и точностью распознавания, как правило, очень дороги. Их высокая стоимость не позволяет осуществить массовое внедрение. Рассмотрим общие принципы, положенные в основу распознавания автомобильных номеров, чтобы понять причины высокой стоимости таких систем.

#### **1.4.3. Алгоритмы и технологии распознавания номерных знаков**

Бесспорно, основой любой LPR-системы являются используемые алгоритмы распознавания. Квалификация разработчиков в области современной высшей математики, обработки изображений, программировании и технологиях оптимизации программ, а также наличие существенного опыта работы – все эти факторы определяют характеристики LPR-системы, такие как:

- Вероятность распознавания.

- Скорость обработки.

- Способность распознавать различные типы номерных знаков.

Способность Практическая работать с изображениями различного качества. Распознавание государственных регистрационных знаков является нетривиальной задачей из области технического зрения и искусственного интеллекта. Используемые алгоритмы локализации номерного знака и его распознавания, как правило, являются коммерческой тайной и, естественно, не публикуются. Лишь немногие компании называют их типы и публикуют последовательность действий.

Ниже последовательно приведены ключевые этапы распознавания автомобильного номера:

- Приведение исходного изображения к виду, который не зависит от условий регистрации изображения (степень освеще-

щенности, неравномерность распределения яркости от источников света, размытость, зашумленность и т.п.).

Выделение на полученном изображении областей-кандидатов, потенциально содержащих пластину с номером.

Проведение детального анализа областей-кандидатов на основе формального представления масштабных характеристик номерной пластины и сокращение пространства для дальнейшего поиска.

Приведение к стандартному размеру графического изображения номерной пластины с коррекцией качества изображения.

Предварительное определение типа номерной пластины (в привязке к действующим стандартам).

Извлечение отдельных символов и их распознавание (анализ символов по ключевым характеристикам, независимым от масштаба, используемого шрифта, геометрических искажений и разрывов).

Уточнение результатов распознавания на основе информации о типе номера и по результатам из предыдущих кадров. Результатом работы алгоритма является информация о проезде транспортного средства, содержащая строку с распознанным номером, стоп-кадр с наилучшим изображением транспортного средства, информацией о времени проезда автомобиля и т.п. Из представленной последовательности шагов видно, что исходные данные для распознавания номера не ограничиваются только визуальным изображением. В мире существует большое количество видов номерных знаков, различающихся:

Используемыми шрифтами (знаки с символами различного размера, латинские, кириллические и прочие шрифты).

Цветом фона и символов (черные символы на светлом фоне или белые символы на темном фоне).

Количеством строк в номере (однострочные, двух- и трех-строчные).

Наличием или отсутствием кода обозначения региона или специальной отметки и т.п.



Рис. 1.4.1. Различные виды автомобильных регистрационных знаков

Учет этих различий в номерных знаках дает существенное преимущество тем разработчикам LPR -систем, которые используют эту дополнительную информацию в логике своих алгоритмов распознавания. Информация о структуре знака и его синтаксисе позволяет существенно повысить вероятность правильного распознавания, одновременно снижая требования к качеству алгоритмов извлечения и распознавания отдельных символов.

#### 1.4.4. ПО для системы распознавания ТГУ

Задача разработки преобразования фотографии автомобильного номерного знака в текст может быть решена различными способами. В случае системы распознавания ТГУ предлагается использовать стороннее программное обеспечение, свободное для использования в академических и коммерческих целях, что позволяет значительно уменьшить стоимость разрабатываемого программного обеспечения.

Процесс распознавания состоит из двух основных этапов:

- определение области номера автомобиля;
- распознавание текста в данной области.



Рис. 1.4.2. Определение искомой области номера автомобиля

На первом этапе используется изображение, полученное с ка-меры наблюдения. Для начала необходимо выделить область со-держащую изображение номерного знака . Поскольку соотношение сторон автомобильного номерного знака регламентировано ГОСТ, можно определить искомую область.

После выделения необходимой нам области изображения мож-но приступить собственно к распознаванию текста, содержащегося

ней. Эффективным способом перевода изображений в текстовые данные является оптическое распознавание символов (OCR).



Рис. 1.4.3. Распознавание текста

Существует свободный в использовании программный модуль Tesseract OCR, выполняющий функцию распознавания текста. Данная программа в настоящее время является лучшей открытой библиотекой для распознавания символов, обладает хорошей ско-ростью работы и хорошо документирована. Библиотека Tesseract поддерживает русский язык текста и Практическая работает под управлением операционных системам Windows и Linux.

Однако, библиотека Tesseract чувствительна к шумам. Поэтому фрагмент изображения, соответствующий области номера автомо-

бия, требует дополнительной обработки перед выполнением оптического распознавания текста. Например, уменьшения можно добиться с помощью операций эрозии и дилатации. Итак, для полного цикла распознавания изображения необходим инструмент определения границ объекта. Одним из лучших детекторов границ является оператор Кэнни.

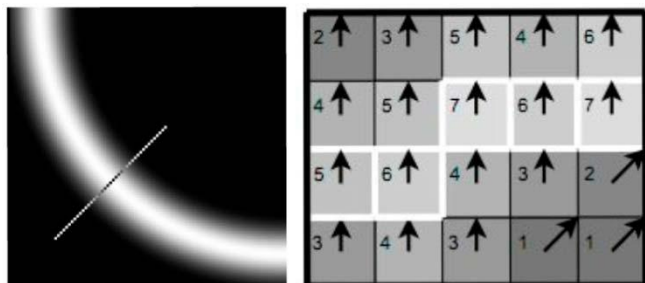


Рис. 1.4.4. Оператор Кэнни

Реализацию данного метода содержит библиотека алгоритмов компьютерного зрения и обработки изображений OpenCV. Эта библиотека доступна для любого использования, реализует так же алгоритмы дилатации и эрозии, а так же поддерживает все популярные форматы изображений.

Для выполнения задачи распознавания изображения от начала до конца достаточно инструментария двух библиотек: OpenCV и Tesseract. Обе библиотеки являются нативными, однако их можно использовать не напрямую, а посредством оболочки (wrapper), что позволит пользоваться ими в управляемом коде. Более того, существует проект Emgu CV, представляющий собой оболочку обеих библиотек (OpenCV и Tesseract) для технологии «.Net». Таким образом, Emgu CV идеально подходит для решения поставленной задачи: все необходимые функции доступны через единый интерфейс. При этом появляется возможность использовать преимущества технологии «.Net»: управляемая память, гибкий язык программирования C#, мощные инструменты LINQ, MVVM и другие.

#### 1.4.5. Технология оптического распознавания символов

Точность оптического распознавания символов (Optical Character Recognition, OCR) вносит существенный вклад в качество работы LPR-системы в целом. Чтобы осознать сложность решаемой на этом этапе задачи, рассмотрим следующий простой пример. Допустим, в разрабатываемой LPR-системе требуется обеспечить вероятность правильного распознавания номерного знака на статическом изображении 95%. Определим, какова должна быть вероятность распознавания отдельного символа номера.

Пусть непосредственному распознаванию символов предшествуют три алгоритма:

Алгоритм, локализующий на изображении номерной знак.

Вероятность  $P_{FindLP} = 98,5\%$ ;

Алгоритм предварительной обработки, нормализующий контраст и яркость, который корректирует изображение. Вероятность  $P_{Preprocessing} = 99,7\%$ ;

Алгоритм выделения символов, который отвечает за нахождение и выделение отдельных символов на знаке, и передачу их алгоритму распознавания символов. Вероятность  $P_{ExtractSymbols} = 99,0\%$ .

Полная вероятность правильного распознавания, в которой для достижения цели задействовано  $n$  алгоритмов, определяется формулой:

$$P_{LPR} = \prod_{i=1}^n P_i$$

$i=1$

или, для данных условий:

$$P_{LPR} = P_{FindLP} \cdot P_{Preprocessing} \cdot P_{ExtractSymbols} \cdot P_{OCR}$$

Отсюда нетрудно найти, что полная вероятность распознавания символов должна составлять не менее:

$$P_{OCR} \geq \frac{0,950}{0,985 \cdot 0,9970,990} = 0,997.$$

Например, на основных российских государственных регистрационных знаках нового образца (с трехзначным кодом региона) 9 символов. Если общая точность оптического распознавания но-

---

мерного знака должна быть не менее 97,7%, то точность распознавания отдельного символа должна быть не менее:

$$\sqrt{P_{OCRi}} = 0,977 \quad 0,997,$$

т.е. допускается, что из 1000 символов, поданных на вход OCR-модуля, только 3 может быть не распознано или распознано не-верно.

Сегодня известно достаточно много OCR-методов. В структурных методах объект описывается как граф, узлами которого являются элементы входного объекта, а дугами – пространственные отношения между ними. Методы, реализующие подобный подход, обычно Практическая работают с векторными изображениями. Структурными элементами являются составляющие символ линии.

первую очередь распознаваемый символ подвергается процедуре получения скелета, для чего может использоваться любой из общеизвестных алгоритмов, описанных в тематической литературе. Далее для каждой особой точки полученного скелетного представления символа вычисляется множество топологических признаков, основными из которых являются:

- ☐ Нормированные координаты особой точки (вершина графа).
- ☐ Длина ребра до следующей вершины в процентах от длины всего графа.
- ☐ Нормированное направление из данной точки на следующую особую точку.
- ☐ Нормированное направление входа в точку, выхода из точки.
- ☐ Кривизна дуги, точнее «левая» и «правая» кривизна дуги, соединяющей особую точку со следующей вершиной (кривизна вычисляется как отношение максимального расстояния от точек дуги до прямой, соединяющей вершины, к длине отрезка, соединяющего те же вершины).

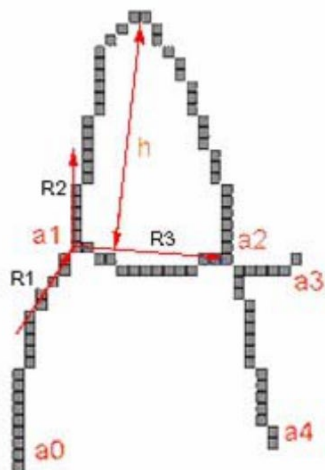


Рис. 1.4.5. Дуговая модель

На рисунке условно показаны некоторые из топологических признаков. Граф имеет пять особых точек –  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ . При обходе графа по маршруту  $a_0 \rightarrow a_1 \rightarrow a_2 \dots$  в вершине  $a_1$  условно показаны следующие признаки: вектор  $R_1$  – направление входа в точку, вектор  $R_2$  – направление выхода из точки, вектор  $R_3$  – глобальное направление на следующую особую точку. Двухнаправленный вектор  $h$  показывает величину «левого» отклонения дуги  $(a_1, a_2)$  от прямой; «правое» отклонение равно нулю.

Для некоторых кодов число особых точек и, соответственно, число топологических признаков слишком мало. Так, для кода, соответствующего символу «0», топологических признаков вообще нет, т.к. нет ни одной особой точки. Поэтому могут вычисляться и использоваться следующие дополнительные признаки:

- Размеры и положение компонент и «дыр».

- «Черная» и «белая» ширина верхней половины символа.

- Модифицированные прямые прогибы.

Прогибы вычисляются как расстояния от точек скелетного представления до выпуклой оболочки построенного представления. Дополнительно запоминается положение точек максимально-

го прогиба. Для некоторых топологических кодов число топологических признаков может быть достаточно велико, что может потребовать слишком большого набора эталонов для обучения, по-этому в ряде случаев в распознавании используется только часть признаков.

Символ определяется после сравнения его описания с кодами из базы данных, при этом выбирается самый близкий топологический код.

Если символ после прохода цикла распознавания остался не-распознанным, делается попытка улучшения изображения с помощью следующих операций:

Склеивание концов линий по направлениям.

Склеивание точек скелета, находящихся на минимальном расстоянии одна от другой.

Отбрасывание самой короткой линии.

□



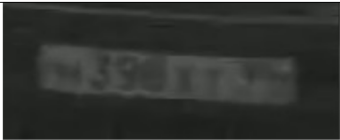
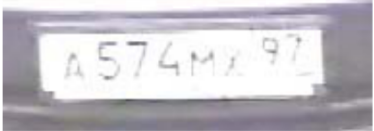
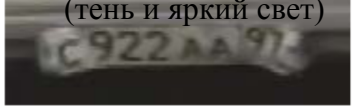
Рис. 1.4.6. Попытка улучшения изображения символа

Попытка улучшения изображения символа: а) исходное изображение символа; б) символ со склеенными линиями.

Рассмотренный метод не является оптимальным. К его недостаткам следует отнести высокую чувствительность к дефектам изображения, нарушающим составляющие элементы. Также векторизация может добавить дополнительные дефекты. Кроме того, для этих методов (в отличие от шаблонных и признаковых методов) до сих пор не созданы эффективные автоматизированные процедуры обучения, поэтому структурные описания чаще всего приходится создавать вручную.

реальных LPR-системах зачастую используются комплексные OCR-алгоритмы, которые представляют собой синтез нескольких методов. Из представленного описания видно, что эффективная Практическая работа OCR-алгоритма существенным образом зависит от качества изображения, подаваемого на вход.

### Типичные проблемные изображения

|                       |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Низкое разрешение     |    |
| Смазанное изображение |    |
|                       | Низкий контраст (равномерно загрязненное изображение)                               |
| Передержка            |    |
|                       | Неравномерное освещение (тень и яркий свет)                                         |
| Сильное искажение     |  |

Технология получения изображения определяет среднее качество изображения, над которым алгоритму распознавания придется Практическая работать. Очевидно, чем выше качество изображения, тем в лучших условиях Практическая работает алгоритм распознавания номеров, и тем большая точность может быть достигнута LPR-системой.

---

Чтобы получить хорошие результаты от алгоритма распознавания номеров, обработанные изображения должны содержать в себе номерные знаки:

С приемлемо хорошим пространственным разрешением.

С приемлемо высокой четкостью.

С приемлемо высоким контрастом.

В приемлемо хороших условиях освещения.

В приемлемо хорошей позиции и под правильным углом. Конечно, «приемлемо» достаточно условное определение, хотя оно имеет вполне точное значение.

Технология получения изображения считается хорошей, если она обеспечивает устойчивое, сбалансированное, достаточно хорошее качество изображения при всех рабочих условиях. Если LPR-система должна Практическая работать круглый год в течение 24 часов в сутки, 7 дней в неделю на территории Российской Федерации, то она должна быть приспособлена к любым погодным условиям.

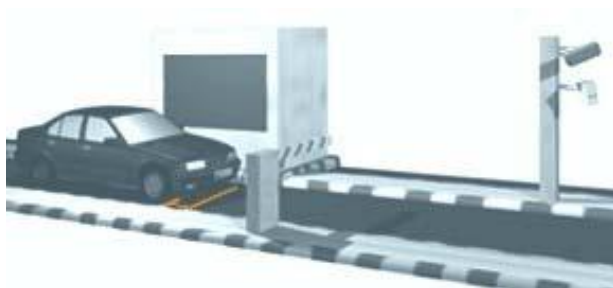
#### **1.4.6. Типовые решения**

Пожалуй, одним из самых массовых и востребованных применений LPR-систем является контроль доступа на территорию объекта и автостоянки. В рамках данных приложений мы уже можем выделить основной тип систем распознавания номеров с типичной конфигурацией технического обеспечения и системным оборудованием.

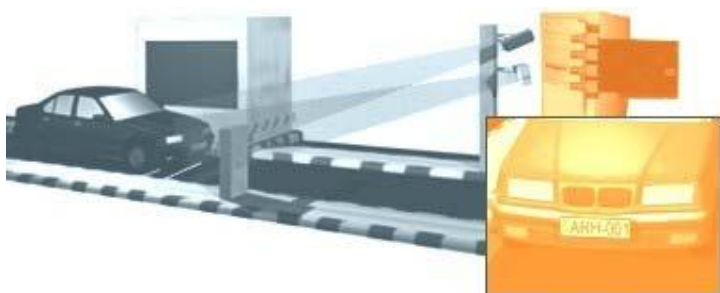
Примером систем распознавания номеров может послужить система распознавания номеров контроля доступа (стоит отметить, что в большинстве случаев система распознавания номеров является лишь частью интегрированной системы контроля доступа).

Автомобиль приближается к воротам охраняемой зоны, на территорию которой он хочет проехать. На контрольно-пропускном пункте установлен шлагбаум и светофор, горящий красным, информируя о том, что проезд запрещен. Кроме того, на въезде установлена CCTV камера видеонаблюдения. Шлагбаум, светофор и камера подключены к управляющему компьютеру с установленной LPR -системой, координирующей операции системы контроля доступа.

Если система регистрирует приближение транспортного средства, LPR-модуль пытается «считать» номерной знак в пределах зоны контроля.



*Рис. 1.4.7. Приближения авто к воротам охраняемой зоны*



*Рис. 1.4.8. Попытка считывания автомобильного регистрационного знак*

После считывания номера, LPR-модуль передает распознанный номер для последующего принятия решений.

Далее система контроля и управления доступом отправляет номер в модуль базы данных. Модуль базы данных сверяет полученный номер со списками прав доступа и возвращает флаг «доступ разрешен» или «доступ запрещен». В зависимости от типа флага приложение контроля доступа открывает шлагбаум и зажигает зеленый свет или нет.



Рис. 1.4.9. Передача полученной информации.

Кроме того, приложение контроля доступа может отправлять модулю базы данных такие дополнительные сведения, как дата или время доступа, для сохранения в журнале событий. После того как автомобиль проезжает (или уезжает), система возвращается на исходную позицию и ждет следующего ТС.

#### **1.4.7. Обзор существующих библиотек для распознавания номеров авто**

Поиск в сети показал, что существуют несколько свободных проектов библиотек для распознавания номеров авто реализованных для разных языков программирования.

Проект Opos. Реализация – C#. Проект располагается по адресу <http://opos.codeplex.com>. Анализ исходного кода показал, что для распознавания номера авто используется порт библиотеки компьютерного зрения opencv на C#, а для, собственно, распознавания символов номера используется обертка на C# над библиотекой OCR CuneiForm – Puma.NET. Библиотека имеет один серьезный недостаток – изображения для последующей передачи в Puma.NET сначала сохраняются на диск, что затрудняет использование этой библиотеки в системах реального времени.

Проект JavaANPR. Реализация – Java. Проект располагается по адресу <http://javaanpr.sourceforge.net>. Основное преимущество этой библиотеки – кроссплатформенности. Кроме этого, все алгоритмы написаны на Java без использования нативных библиотек, что сильно упрощает использование. Так же эту библиотеку с небольшой доработкой можно использовать на устройствах под управле-

нием OS Android. Скорость распознавания одной картинке с авто-мобильным номером порядка 0.2 – 0.8 сек, что позволяет использовать ее в системах реального времени. Библиотека очень хорошо документирована. Один из недостатков этой библиотеки это то, что библиотека хорошо Практическая работает на примерах, которые идут с ней

комплекте. В случае зашумленных картинок или картинок с плохой освещенностью библиотека иногда дает не очень хороший результат.

Проект Automatic License Plate Recognition. Проект располагается по адресу <http://sourceforge.net/projects/licenseplate>. Реализация – C#. Данный проект использует две библиотеки – порт библиотеки opencv на C# – Emgu для поиска номера и порт библиотеки tesseract OCR – tessnet для распознавания автомобильного номера. Среди преимуществ данной библиотеки то, что она Практическая работает с кириллическими символами. Среди недостатков можно отметить, что отсутствуют примеры для использования библиотеки в системах реального времени.

Существует так же еще несколько проектов в сети в той или иной степени законченности. Многие из них так или иначе используют библиотеку компьютерного зрения opencv и библиотеку tesseract OCR. Хотя некоторые библиотеки используют свой алгоритм распознавания символов – например, JavaANPR. Как правило, эти алгоритмы основаны на нейронных сетях, либо на анализе контуров символов. Стоит отметить, что алгоритмы, основанные на нейронных сетях бывают чувствительны к выбору шрифта. Самым эффективным решением, очевидно, было бы использование в своем проекте библиотеки opencv для локализации номера и библиотеки Tesseract OCR для распознавания номера. Этот подход позволит наиболее гибко использовать весь потенциал этих библиотек. Opencv написана на C и хорошо оптимизирована для использования в системах реального времени. Tesseract OCR в настоящее время является лучшей открытой библиотекой для распознавания символов, обладает хорошей скоростью работы и хорошо документирована.

качестве среды разработки выберем библиотеку Qt и среду разработки QtCreator для OS Windows 7. А в качестве компилятора выберем компилятор mingw, который идет в комплекте с бесплат-

---

ной средой разработки QtCreator. Версия библиотеки opencv, используемая в данной статье – 2.4.2. Версия библиотеки Tesseract OCR – 3.02.

### **Тестовые вопросы**

1. На чем основано распознавание автомобильных номеров

- а) теории образов
- б) теории чисел
- в) теории нейросетей

2. LPR – это

- а) программный или аппаратный комплекс
- б) визуальное воспроизведение номера
- в) шифрование данных

3. Основным топологическим признаком скелетного представления является:

- а) координаты особой точки
- б) отсутствие особой точки
- в) изменение особой точки

### **Контрольные вопросы**

Назовите определение распознаванию образов.

Назовите определение LPR-системы.

Назовите основные характеристики типовой характеристики LPR-системы.

Назовите ключевые этапы распознавания автомобильного номера.

Назовите типичные проблемы распознаваемых изображений.

Каким образом в структурных методах описывается объект распознавания? Кратко опишите метод.

Для чего осуществляется попытка улучшения изображения после его распознавания?

Кратко опишите работу системы контроля доступа на территорию.

Назовите основные библиотеки для распознавания авто и кратко опишите каждую из них.

## **Литература**

Алгоритм локализации номерного знака в распределенной системе распознавания автомобильных номеров // Официальный сайт журнала «Современные проблемы науки и образования». 2015. URL: <http://www.science-education.ru/24-805>

Системы технического зрения / В.И. Сырякин [и др.]. М. : Справочник, 1992. С. 3676.

Крашенинников В.Р. Основы теории обработки изображений. М. : Учебное пособие, 2003. 150 с.

Библиотеки для автоматического распознавания номеров авто и их прак-тическое использование // Официальный сайт DeveloperWorks. 2015. URL: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-avto/index.html>

## **РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **Практическая работа 2.1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ САМООБУЧАЮЩАЯСЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА РОБОТА НА ПРИНЦИПАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЗГА**

#### **2.1.1. Введение. Искусственный интеллект (ИИ).**

##### **Современные достижения, проблемы и альтернативы**

Люди всегда стремились, с одной стороны, к облегчению труда работников в производстве, с другой стороны, владельцы этих про-изводств стремились к увеличению своей прибыли, то есть, к сни-жению суммарных затрат на производство одного и того же количе-ства товаров. В том числе, путём уменьшения количества работни-ков при увеличении производительности их труда на своих произ-водствах. Поэтому производство непрерывно совершенствовалось. Создавались усилители мускульной силы работников, различные устройства, обеспечивающие выполнение работ с большой точно-стью и скоростью. Сначала эти устройства управлялись непосредст-венно людьми. Но человек подвержен усталости, невнимательно-сти, часто скорость его реакции недостаточна. Поэтому были созда-ны различные автоматические регуляторы, обеспечивающие нуж-ный темп различных производственных процессов.

Исторически создание различных автоматических устройств управления началось, пожалуй, со средств развлечений, например, двигающихся фигурок в шкатулках, часах [1]. Со временем уст-ройства управления вошли в производство. Первыми регулятора-ми, получившими широкое практическое применение в промыш-ленности, стали регулятор питания котла паровой машины И.И. Ползунова (1765) и центробежный регулятор частоты враще-ния паровой машины Дж. Уатта (1784) [2]. Сначала устройства управления были исключительно механическими (гидравлически-ми, пневматическими, термическими). Гораздо активнее эти уст-ройства начали развиваться с внедрением в нашу жизнь различных

электромеханических приборов (типа реле). Ещё активнее устройства управления начали развиваться с появлением различных электронных приборов (с электронными схемами). А с появлением компьютерной техники устройства управления так прочно и все-сторонне вошли в нашу жизнь, что современному человеку представить своё существование без автоматических устройств управления практически невозможно. Эти автоматические устройства выполняют сложные механические операции с точностью, недостижимой для человека.

Для создания таких устройств требуется создавать и операционно-манипуляционную, исполнительную часть этих устройств, осуществляющую или дозирование веществ, или перемещение с большой точностью инструмента относительно обрабатываемой детали, или детали относительно инструмента.

Но главное, необходимо осуществлять управление этими действиями. Необходимо было «научить» устройство осуществлять эти движения: отслеживать положение инструмента и задавать траекторию движения инструмента относительно обрабатываемого предмета. Такое «обучение» – настройка устройства (станка с числовым программным управлением – ЧПУ) с самого начала было достаточно сложной задачей. А по мере усложнения обрабатываемых поверхностей, увеличения количества параметров, которые должны быть учтены и отработаны, задача обучения такого устройства (уже производственного робота) становится настолько трудоёмкой, что человек уже не может эффективно её решать. Поэтому возникает необходимость создания самообучающихся устройств управления (СУУ).

Такие устройства создаются и действуют сегодня, пока в основном, на основе использования различных программируемых микропроцессоров и нейросетей, которые требуют предварительной длительной и достаточно сложной настройки – обучения. Нейросети активно используются уже сегодня. В том числе, в банковском прогнозировании [3]. Но задачи организации эффективно-го производства в условиях конкуренции требуют всё большей гибкости производств (высокой скорости перехода к производству новых товаров) на основе использования робототехники. Роботов становится всё больше, они начинают не только выполнять какую-

---

то механическую работу, но и взаимодействовать между собой и с людьми. Роботам приходится учитывать уже не только параметры выполняемого процесса, переходить к выполнению новых процессов, но и учитывать поведение других роботов и людей.

Так что на первый план всё больше выходит способность роботов к ориентации в окружающей их среде, к распознаванию обстановки и выбору линии поведения в этой среде. Причём среда, в которой приходится действовать роботам уже сегодня, достаточно быстро изменяется. Это становится очевидным при рассмотрении задачи пилотирования дрона – самолёта без участия человека-пилота, и особенно при пилотировании – управлении автомобилем без вмешательства человека. Устройство, управляющее таким автомобилем (робот), должно учитывать массу параметров не только неизменного дорожного полотна (с возможными дефектами и неподвижными препятствиями), но и движение других автомобилей, людей. (взрослых, и особенно детей) и даже животных.

### **2.1.2. Информация. Устройства обработки информации**

Для того чтобы понимать, как действуют различные устройства управления, а тем более, чтобы создавать такие устройства, нужно хорошо понимать объект управления и способы обработки информации. Нужно понимать, что представляет собой информация, чтобы свободно манипулировать ею. Нужно уметь оценить объёмы обрабатываемой информации, возможности её извлечения из соответствующего объекта и другие аспекты обработки информации. Примеры представления информации: разбитые фонари, поломанные заборы, наскальная живопись, зарубки, отметки ногтей на деревьях, камнях, устная речь, письмо, изображения, дырочки в перфокартах, перфолентах ферритовые кольца, магнитные ленты, диски, домены, конденсаторы, ПЗС.

Для того, чтобы оценить практическую возможность создания ИИ, затраты на создание ИИ, необходимо оценить, как велико количество информации, которое необходимо обрабатывать. Независимо от того, в каком виде мы собираемся создавать ИИ – хоть в виде программно-аппаратного комплекса, хоть в чисто аппаратном исполнении.

Поскольку в нашей работе мы рассматриваем реакцию искусственного устройства обработки информации и естественного биологического организма, чтобы понять механизмы функционирования НС на раздражители, то есть, превращение воздействия на организм среды в раздражающий входной сигнал, и далее в реакцию на него,

управляющий выходной сигнал, нам приходится активно использовать понятие информации. То есть, и НС организма, и СУУ являются, по существу, преобразователями информации. Термин «информация» имеет в настоящее время множество толкований, определений, и в интернете, и на классических носителях [4, 5].

Поскольку мы хотим использовать этот термин при нахождении технических решений, есть смысл дать для информации рабочее определение, пригодное для интерпретации в терминах технических решений, которое способствовало бы достижению искомого результата. Сформулируем определение информации, как у всех: «Информация есть описание объекта, перечень значений свойств, признаков объекта» и уточним его с целью использования

расчётах и технических решениях:

*«Информация есть отражение (отображение, представление, описание) свойств объекта путём проекции, сравнения свойств объекта со свойствами образца, или сравнения его свойств с эталонными (выбранными) свойствами образцов».* Под проекцией подразумевается результат сравнения на соответствие / несоответствие свойства объекта свойству образца».

Чаще всего мы говорим об информации, подразумевая использование информации исследователем—субъектом. Информация, подразумеваемая в соответствии с таким определением, субъективна, ибо каждый наблюдатель — субъект описывает объект совокупностью тех признаков, какие он сочтёт нужными, в соответствии со своим субъективным взглядом, со своими предпочтениями, в своей системе признаков, в своём базисе свойств объектов.

Но, если базис уже выбран, задан, закреплён, то информация об объекте в закреплённом базисе уже не зависит от наблюдателя, она уже объективна. Результат сравнения (информация) зависит уже только от свойств наблюдаемого (описываемого) объекта и образца, а не от наблюдателя.

---

Понятно, что результат сравнения свойств объекта, отношений со свойствами образца хоть и объективен, но не материален.

Но, как только мы начнём как-то представлять, передавать, сообщать нематериальные отношения – результаты сравнения с заданными эталонами–образцами, так сразу же эти нематериальные результаты материализуются в виде какого-то следа, кратковременного или долговременного. Различие между кратковременным и долговременным следом, в смысле материальности, несущественно. Однако это различие (кратковременность или долговременность следа) может иметь значение с точки зрения оперирования с этой уже материализованной информацией. Материализация протекает в виде процесса – представления результата сравнения в материальном виде – звука, изображения, электрического потенциала.

природных явлениях, процессах всегда имеет место движение, преобразование информации. В этом случае (при отсутствии наблюдающего субъекта) отсутствует субъективная часть движения информации – процесс описания (выделения каких-то свойств, их сравнения–проецирования и интерпретации). Процессы протекают совершенно объективно, исходные состояния влияют непосредственно на промежуточные и конечные состояния *без промежуточного описания их субъектом*.

В этом случае информация о процессах и объектах не материализуется, не переносится и не хранится на каких-то носителях. Свойства исходных объектов, явлений влияют непосредственно на свойства результирующих процессов и объектов. Взаимозависимость исходных и результирующих свойств не зависит от того, будет ли кто-то (какой-то субъект) описывать процесс (выделяя свойства, интересные для него).

Информация (результаты сравнения) материализуется уже на этапе измерения. Информация, как правило, отображается, фиксируется в ходе электрических, химических, гидравлических, механических и других доступных процессов. В виде импульса потенциала, концентрации чего-либо, давления, механического импульса и т.д. Непосредственно при измерении значение свойства оставляет обычно кратковременный материальный след. Кратковременный электрический импульс или тень гномона в солнечных часах

может превратиться в долговременный след. Принципиальной разницы между кратковременным и долговременным следом нет –

помощью процессов, приборов мы можем превратить кратко-временный след в долговременный – долго наблюдать на фото-графии давно прошедший кратковременный электрический им-пульс или тень гномона.

Какая бы система координат свойств (набора осей – свойств образца для проекций на эти оси свойств описываемого объекта) не была избрана, при полноте произвольной системы координат полный набор проекций этого объекта позволит однозначно представить объект/явление подобно тому, как положение точки или вектора в физическом или математическом пространстве, не зависит от базиса, в котором происходит их представление. Поэтому можно переходить от одного представления к другому путём преобразований (терминов), соответствующих переходу от одной системы координат к другой. То есть, информация, представляющая, описывающая объект в рассматриваемом понятийном пространстве, в некотором смысле инвариантна, не зависит от выбора системы координат. Это дополнительно свидетельствует об объективности информации, корректно представленной в выбранном базисе.

Можно сказать, что информация о любом объекте и субъективна (например, в результате выбора терминологии), и объективна (содержание, значение в принятых терминах). Хотя выбранная система базисных свойств субъективна, корректно собранная в избранном базисе информация объективна. Выбор самой системы свойств (средств отображения) происходит по воле субъекта, на основе его конкретного, индивидуального, уникального, субъективного опыта. И по этой причине информация субъективна. А корректное представление информации об описываемом объекте в системе субъективно выбранного ранее набора свойств объективно – представление в уже закреплённых рамках не зависит от воли субъекта, выбравшего базисный набор свойств.

Из нашего определения однозначно вытекает, что информация *не создаётся* (не генерируется субъектом или объектом), а *извлекается*, выделяется из системы отношений. Будучи представленной в материализованном виде, информация может фиксироваться, теряться, утрачиваться. Она может быть преобразована (трансформирована в другую систему средств отображения). Информация может быть использована сейчас или впоследствии посредст-

---

вом использования её зафиксированного образа, следа. Хотя информация не может быть сгенерирована произвольным образом, она может быть пополнена присоединением дополнительных объёмов информации, полученных из каких-то других источников, независимых от первоначального (в смысле фиксации отношений между объектами и базисными свойствами, отличных от уже зафиксированных) [7]. Нашим конструктивным рабочим определением информации, с учётом дополнительных замечаний, мы и будем руководствоваться в представляемой работе.

Согласно этому определению, информация есть отношения между объектами, она не материальна. Но она может быть передана, перечислена, обобщена, зафиксирована, и так далее. И уже в момент передачи информация выступает в материализованном, материальном, виде, как материальное отображение нематериального результата некоего сравнения–измерения (оценочного, визуального, приборного, через протекание некоторого процесса), в виде порции энергии, достаточной для переноса сведений без искажений (размер порции энергии зависит от способа передачи).

При передаче информация – результат сопоставления с неким образцом (произвольным, выбранным для конкретного случая) – может оставить тот или иной материальный след. Она может быть материализована в виде кратковременного электрического, химического, механического сигнала (следа) или в виде долговременного следа. След может быть кратковременным – действительным (значащим) лишь во время протекания какого-то процесса: электрического, химического, оптического, акустического, механического или ещё какого либо проходящего процесса–сигнала. Воздействие информации может оставить и долговременный материальный след. В виде разбитого фонаря, в виде следов когтей дикого зверя на большом дереве, зарубки на палочке, узелка на ремешке, рисунка на скале, цветка в окне, цифры на бумаге; в виде состояния намагниченности домена в древней породе или в обгоревшем куске горшка из тысячелетнего пепелища. В виде намагниченности ферритового кольца памяти электронного устройства,

в виде заряда микроконденсатора в памяти компьютера, в виде проводка или связи в каком-то ином виде между биологическими или электронными элементами.

Некоторые информационные следы более удобны для их использования в дальнейшем, некоторые менее удобны. Системы обработки больших потоков информации, и естественные (нервные системы животных, мозг животных и человека), и различные рукотворные устройства управления (УУ), компьютеры, складывались так, чтобы наилучшим образом выполнять требуемую функцию. В естественных условиях выживали наиболее адекватные, приспособленные организмы. Точно так же в инженерную практику внедрялись образцы управляющих устройств с лучшими характеристиками, свойствами, тогда как остальные, менее подходящие варианты отклонялись создателями и потребителями устройств. В перечень таких усовершенствуемых свойств входят: плотность размещения информации, простота, надёжность, удобство фиксации, хранения, извлечения и использования информации для её использования с целью выживания у организмов и выполнения требуемых функций у рукотворных УУ.

Природа решала эту задачу путём перебора возможных вариантов – эволюционных мутаций. Инженеры создают механизмы и элементы, наиболее подходящие для обработки информации в соответствии с требованиями заказчиков (может, ещё и не выражены, не сформированными, а только спрогнозированными).

результате такого стремления в природе есть мозг с десятками миллиардов нейронов, у каждого из них имеется до 10 000 связей.

технической среде: в компьютерах, в УУ, происходит примерно то же самое. Так что и природа, и инженеры стремятся обеспечить высокую плотность записи информации, удобство и простоту записи, простоту её интерпретации.

Когда мы говорим об информации, мы практически всегда имеем дело с уже материализованными следами информации. Объёмы информации, достаточные для полного описания объекта, обычно достаточно велики. Поэтому для описания объекта используются не отдельные данные, а целые наборы свойств. Эти наборы свойств могут иметь разные конфигурации. Все возможные конфигурации свойств какого-то объекта или множества объектов могут быть пронумерованы. Тогда, указав номер конкретной конфигурации свойств, мы однозначно опишем совокупность свойств.

---

Принятой минимальной единицей представления информации является один бит – двоичный разряд – 1/0, состояние которого показывает, есть или нет совпадения какого-то простого (а не составного, разложимого на более простые) признака с образцовым. Используют и единицы, производные от бита – байт (8 бит, т.е.  $8=2^3$  простых признаков), килобайт (1 000 байт), 1 К байт ( $1024 = 2^{10}$  байт), 1 Мбайт ( $1024 \times 1024$  байт =  $2^{20}$  байт), и так далее. По существу, 1 Мбайт, двоичное число длиной в  $2^{23}$  (около 8 миллион) двоичных знака используется для указания на одну из возможных конфигураций свойств описываемого объекта. Количество разрядов числа в выбранной системе счисления (длину числа), достаточное для указания на конкретную конфигурацию свойств объекта (из числа перечисленных), можно определить, вычислив логарифм полного количества конфигураций по соответствующему основанию. Обычно для таких целей номер конфигурации свойств задают в двоичной системе счисления. В этом случае можно сказать, что каждый разряд этого длинного двоичного числа описывает значение (да/нет) одного из элементарных свойств (в точности указывает, к какой половине совокупности всех конфигураций свойств относится конфигурация с таким значением рассматриваемого двоичного разряда-свойства).

Как известно из теории чисел, теоретически наиболее экономичным для представления чисел (в том числе, для указания номера конфигурации свойств) является исчисление (представление чисел) с основанием натурального логарифма  $e$  [8]. Но такое дробное основание ( $e = 2.71828...$ ) трудно (практически невозможно) использовать как в обычной практике, так и с точки зрения технической реализации. Поэтому используются технические решения с основанием 2 или 3. При этом основание 3 ближе к  $e$ , поэтому, казалось бы, более экономично. Но технически обработку информации в устройствах с троичной системой счисления организовать сложнее.

Были даже реальные попытки использования устройств с троичной системой счисления. Инженеры пытались использовать не двоичную, а троичную систему счисления. Были созданы ЭВМ «Сетунь», Практическая работающие на троичной логике с термином «*три*» вместо бит [9].

Но для обработки информации это оказалось неудобным. Троичное представление чисел труднее реализовать технически. К тому же, троичное представление чисел менее помехоустойчиво, чем двоичное. Так что обеспечение надёжности в троичной системе требует больших затрат, чем в двоичной системе. Поэтому в настоящее время для автоматической обработки информации практически всегда используется двоичная система (и её производные – восьмеричная, шестнадцатеричная), ставшая привычной в инженерной среде с легко и надёжно представимыми значениями элементарных свойств (1/0 – да/нет). В повседневной же жизни продолжают использоваться системы, привычные для людей (обычно десятичная).

Информация, как и энергия, не возникает из ничего – она *извлекается* по результатам явного или неявного сравнения, и, будучи материализованной уже при её извлечении, не исчезает бесследно.

Порция информации *как будто возникает* от конкретного сравнения рассматриваемого объекта (предмета описания) с образцом. На самом же деле, отношения объекта с образцом существуют независимо от намерений субъекта. При описании объекта эти *отношения принимаются во внимание, извлекаются* из множества других отношений, но не создаются по воле субъекта. Действительно, допустим, что мы *создали «информацию»* – порцию каких-то сведений. Чему соответствуют эти сведения? Это может быть и преднамеренная ложь, и информационный шум, и информация, соответствующая действительному положению вещей. Если созданная «информация» соответствует реальным отношениям, то получается, что эта порция сведений найдена, извлечена из окружающей среды. И, действительно, является информацией. А не бессмысленным набором данных.

Информация (на самом деле – её представление, следы), подобно энергии, может диссипироваться, рассеяться. Отметим, что говоря об информации, практически всегда подразумевают её материализованное представление, а не идеальное, нематериализованное. Хотя материализованная информация не исчезает бесследно, она может быть рассеяна, искажена шумами настолько, что её практически невозможно будет восстановить, выделить из шумов. Для восстановления частично искажённой информации, для отделения шумов, нужно иметь сведения о возможных конфигурациях

---

информации и шумов. Если конфигурация принятой порции информации возможна, порция данных считается верной. Если конфигурация невозможна, порция данных считается ошибочной.

принципе, ошибка может быть устранена. При любой процедуре восстановления искажённой информации с необходимостью используется дополнительная (избыточная) информация (например, код Хэминга), фактически характеризующая возможный способ искажения исходной информации. Но часто материализованная информация бывает искажена настолько, что с практической точки зрения она становится утраченной.

### **2.1.3. Проблемы создания искусственного интеллекта**

Под искусственным интеллектом (ИИ) подразумевается устройство или программно-аппаратная система, способная ответить на любой вопрос, на который может ответить человек (с его интеллектом). А также так вести беседу с собеседником-человеком, что человек не сможет определить, что он разговаривает не с человеком,

с ИИ (при отсутствии визуального и акустического контакта). При этом подразумевается, что ответ ИИ на поступивший вопрос может быть однозначно сгенерирован на любом экземпляре ИИ.

Направление ИИ развивается уже более 60 лет. Имеются огромные достижения в самых разных областях, начиная от шахмат и заканчивая управлением удалёнными космическими аппаратами, к которым сигнал может идти в течение минут и даже часов.

Несмотря на огромное по меркам ускоренно развивающейся электронной техники время развития направления ИИ до сих пор нет понимания принципов функционирования естественного интеллекта. Поэтому до сих пор биологические существа гораздо быстрее и точнее решают задачи распознавания, выбора. И всё это происходит в то время, как быстроедействие элементов технических средств, участвующих в решениях задач ИИ, на несколько порядков выше быстрогодействия биологических элементов.

Почему же до сих пор проект создания полноценного ИИ далёк от завершения?

одной стороны, информационные процессы в мозге протекают действительно параллельно, что даёт биологическому мозгу существенное преимущество по скорости обработки информации в срав-

нении с программно-аппаратными комплексами, реализующими решение задач ИИ на последовательно Практическая работающей аппаратуре.

другой стороны, объём информации, участвующей в форми-ровании решений на различных этапах решения задач, составляет не менее 300 терабайт [10–12]. И это по самым скромным подсчё-там, если задаться минимальными характеристиками мозга, при-водимыми биологами (15 миллиардов нейронов, каждый из кото-рых имеет до 10 000 входов дендритов [13]). Если же задаться ха-рактеристиками мозга, приводимыми другими источниками, то оценка информационной ёмкости мозга становится на порядок выше.

третьей стороны, до сих пор задачи ИИ решаются без учёта принципов функционирования биологического мозга, сложивших-ся в ходе эволюции, поскольку нет их понимания.

Рассмотрим несколько подробнее эти три препятствия на пути построения ИИ, более эффективного, чем человеческий. В мозге человека биологи насчитывают минимум 15 миллиардов активных элементов-нейронов, каждый из которых может принимать сигна-лы с 10 000 направлений входов. Это не значит, что все 15 милли-ардов нейронов будут одновременно возбуждаться. Но они готовы возбудиться в любой момент при наличии соответствующих сиг-налов на их входах, то есть, адекватно отреагировать на ситуацию. Быстродействие и степень интеграции электронных элементов стремительно растут. Так что, аппаратное быстродействие компь-ютерных установок вскоре может превзойти быстродействие био-логического мозга.

Что касается второго пункта, связанного с информационным наполнением мозга человека в виде парных связей между нейро-нами (между выходом одного нейрона и входами других нейро-нов), то здесь количество информации в мозге так велико, что для её переработки (с целью последующего занесения этой информа-ции в память устройства, эмулирующего ИИ), потребуются слиш-ком большие затраты труда квалифицированных специалистов. Что создаёт практически непреодолимые экономические препятст-вия на пути создания полномасштабного ИИ – кто будет платить за гигантскую работу? Хотя принципиальных препятствий на пути создания ИИ с этой стороны как будто и нет. Тем более, что мож-

---

но создавать не полномасштабный ИИ, а усечённый (с допустимыми затратами на обработку информации, которой будет наполнен ИИ).

Рассмотрим 3-й пункт трудностей создания полномасштабного

ИИ – отсутствие знания принципов функционирования мозга. Во-общем-то любая задача может быть решена различными путями.

в том числе, и задачи обработки информации в мозге человека. Но, если мы будем решать задачи, решаемые мозгом произвольным способом, не обращая внимания на то, как это делает наш мозг, то познавательная ценность такого подхода существенно снижается. Тогда как, понимая процессы в мозге, мы могли бы моделировать функционирование мозга, в том числе, при различных заболеваниях нервной системы и мозга. То есть, зная принципы функционирования мозга, мы могли бы искать пути преодоления и профилактики различных заболеваний, моделируя работу мозга на компьютере или на электронной схеме.

Кроме всего прочего, механизмы функционирования мозга человека, которые сформировались в результате эволюции человеческого вида благодаря мутациям при появлении каждого нового поколения на протяжении миллионов поколений, так просты, что в этих механизмах за время жизни каждого отдельного индивида на основе опыта его индивидуальной жизни без всяких инструкций складываются надёжные быстродействующие системы распознавания, высокий интеллект и т.д.

#### **2.1.4. Принципы функционирования мозга**

Учитывая трудности создания полномасштабного ИИ на традиционных путях, мы предлагаем альтернативный путь создания искусственного разума. А именно, предлагаем создать электронную полномасштабную модель разума путём создания искусственного носителя интеллекта (ИНИ), в исходном виде не обладающего высоким интеллектом, а способного выполнять лишь сравнительно небольшой набор стандартных реакций, то есть, имеющего некоторые безусловные рефлексы. А уже на основе этих базовых безусловных рефлексов производится обучение этого носителя и воспитание в нём интеллекта одного порядка с человеческим, или даже выше, как это происходит и с воспитанием интеллекта в чело-

веческом ребёнке, начиная от рождения через обучение простейшим вещам до обучения в ВУЗе и далее. В этом случае воспитания интеллекта в искусственном носителе интеллекта можно получить экономический эффект благодаря более высокому быстродействию элементов искусственного носителя и возможностям расширения памяти устройства ИНИ сверх того объёма, что есть у человеческой памяти. Кроме того, понимание принципов функционирования биологического (человеческого) мозга позволит моделировать функционирование не только здорового мозга, но и мозга с патологиями, что позволит моделировать различные заболевания НС (мозга) и находить пути их лечения и профилактики.

□ вопросам создания полномасштабного интеллекта примыкает ответ на вопрос: может ли создатель чего бы то ни было, создать нечто, превосходящее возможности самого создателя. Какое-то количество людей считает, что это невозможно. Казалось бы, действительно, откуда возьмётся информация, позволяющая превзойти исходные возможности. На самом же деле, такое утверждение может быть справедливо только для закрытых, изолированных систем, исключающих неконтролируемое поступление информации в создаваемое устройство обработки информации. Мы же имеем дело, по большей части, с открытыми системами. Поэтому

может ученик превзойти своего учителя, поскольку этот ученик необходимостью получает дополнительную информацию из окружающей среды, от товарищей, от других учителей и т.д.

Существенным отличием предлагаемого пути создания ИИ путём воспитания от создания детально контролируемого алгоритмически реализованного ИИ является невозможность детального контроля над воздействием среды на искусственный носитель интеллекта в процессе непрерывного воспитания в течение всего существования (всей жизни) носителя интеллекта. Поэтому невозможно добиться полной идентичности воспитанных интеллектов, в отличие от созданных ИИ, готовых к функционированию сразу же после изготовления.

С другой стороны, отсутствие необходимости (и возможности) всеобъемлющего контроля условий воспитания интеллекта существенно снижает затраты на воспитание интеллекта в искусственном носителе. Практически они будут приблизительно равны за-

тратам на воспитание интеллекта у человека (в естественном носителе). А может, будут даже меньше, поскольку затраты на соблюдение условий, пригодных для жизни ИНИ, могут оказаться ниже затрат на создание условий для счастливой жизни детей.

Кроме того, появится возможность воспитания в ИНИ интеллекта и «привычек» на уровне домашних животных с соответствующим уменьшением затрат.

Для иллюстрации принципов функционирования мозга рассмотрим схему произвольного биологического существа с мозгом (нервной системой), которое схематически может быть изображено в следующем виде (рис. 2.1.1).



Рис. 2.1.1. Схема организма с нервной системой

НС реагирует на воздействие на организм различных факторов внешней среды следующим образом. Воздействие среды рецепторы превращают в сигналы, поступающие на вход НС. Пройдя через структуры НС, сигналы или затухают по пути, или выходят из НС и поступают на какие-нибудь исполнительные механизмы, осуществляющие адекватную реакцию. Если воздействие исполнительного механизма приводит к тому, что раздражение перестаёт воздействовать на организм, то на вход НС уже не поступают сигналы от раздражителя, поступавшие ранее. А «эхо» сигналов раздражения, поступавших ранее, сравнительно быстро затухают в

структурах НС. И уже никакие сигналы не будут поступать на исполнительные механизмы, так что деятельность НС затухает до прихода новых сигналов от раздражителей.

Действительно, сигналы, распространяющиеся по НС, могут генерироваться только при воздействии раздражителей (среды) на рецепторы на входе в НС. Эти сигналы генерируются по следующей схеме: на рецепторы данного типа (чувствительные элементы) действуют соответствующие факторы внешней среды – раздражители. Эти воздействия провоцируют возбуждение рецепторов, которое состоит в том, что при превышении некоторого уровня инициируется процесс, сутью которого является выдача на выход активного элемента (нейрона-рецептора) порции энергии. Эта порция выдаётся в виде химического или электрического потенциала, находящегося до того в биологическом рецепторе (нейроне) в виде запасов питательных веществ. Или выдаётся порция электрической энергии от внешнего источника электродвижущей силы (ЭДС) путём включения некоторого выключателя или электронного ключа в нейроподобном элементе (НЭ) искусственного устройства управления. Точно также работают все остальные активные элементы НС, ретранслирующие сигнал дальше через связи между активными элементами, чтобы он мог достичь исполнительного механизма и осуществить полезное для организма действие.

Связи между всеми нейронами, обеспечивающие прохождение сигналов по каким-то путям, соответствующим сигналам, поступающим на входы мозга и состоянию мозга, могут быть представлены в виде упрощённой схемы мозга как на рис. 2.1.2.

Эта схема обеспечивает фиксацию следов событий (запоминание и накопление опыта) и реакцию организма на происходящие события (на воздействие среды на организм) в соответствии с текущей структурой мозга, то есть, в соответствии с опытом индивидуума.

Функционирование этой схемы протекает следующим образом: на рецепторы – входные устройства действуют какие-то раздражители. По большей части неприятные и даже вредные для организма (иначе у простейших организмов в начале эволюционных цепочек не сложился бы механизм уклонения от этих раздражителей – зачем же уклоняться от хорошего).

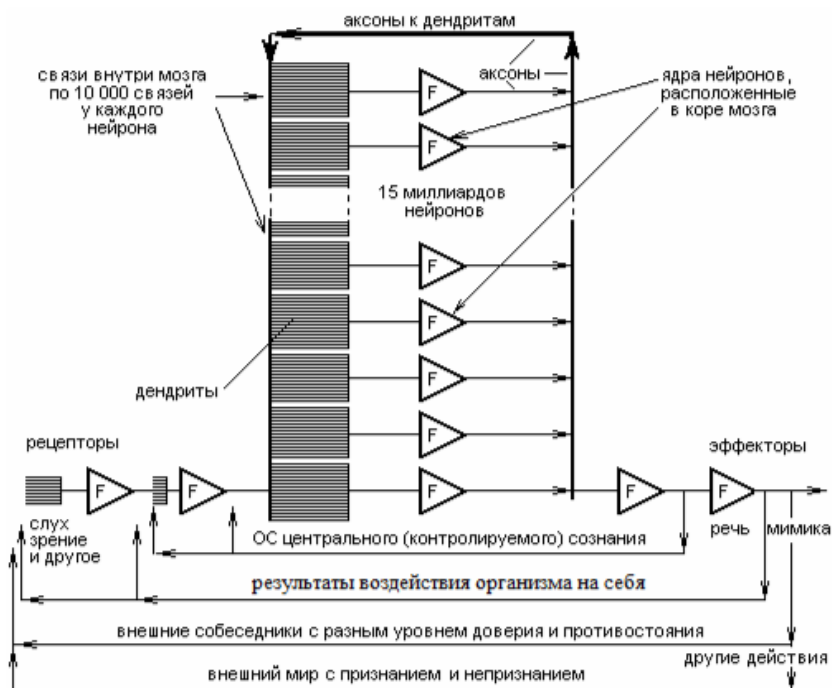


Рис. 2.1.2. Упрощённая схема мозга

Сигналы от этих раздражителей поступают на входы мозга. Эти сигналы возбуждают встречающиеся на их пути активные элементы – нейроны. Благодаря возбуждению встречающихся нейронов сигналы не затухают, они ретранслируются по существующим к данному моменту структурам мозга. Достигают манипуляторов, изменяющих положение организма или среду, воздействующую на организм. Таким образом осуществляется реакция организма на текущую конфигурацию входных раздражителей. Эта реакция, пусть даже совершенно бессмысленная поначалу, приводит, в конце концов, к уклонению организма от раздражителей. На этом реакция организма заканчивается, поскольку нет сигналов от рецепторов, на которые уже не действуют раздражители. А остальные нейроны могут только ретранслировать сигналы, но не поро-

ждать их. Иначе мозг самовозбуждался бы, а не реагировал на раздражители.

Возбуждение нейрона происходит в том случае, когда сумма всех поступивших на его входы сигналов (потенциал суммарного входа) превышает некоторый порог возбуждения. Пороги возбуждения разных нейронов в исходном состоянии приблизительно одинаковы, но могут изменяться, влияя на возбудимость конкретного нейрона. А само возбуждение нейрона заключается в выдаче мощного сигнала (через малое выходное сопротивление) на выход нейрона, и мощного сигнала (потенциала) противоположного знака на собственные входы возбуждённого нейрона. Сигнал с выхода возбуждённого нейрона распространяется дальше (ретранслируется). А появление потенциала противоположного знака на входе возбуждённого нейрона обеспечивает возможность образования новых входных связей возбуждённого нейрона с выходом одного из возбуждённых окрестных нейронов. Например, путём образования проводящего канала в результате электрического пробоя, если разность потенциалов между точками, между которыми образуется связь, выше некоторого потенциала образования связи.

результате чего в мозге фиксируются следы событий, воздействовавших на организм (следы сигналов об этих событиях). Можно сказать, фиксируется, запоминается опыт организма, который впоследствии при наблюдении текущих событий обеспечивает прогнозирование прихода следующих событий – звеньев из этой причинно обусловленной (а потому повторяющейся) цепочки событий за счёт возбуждения нейронов через связь – след от предыдущей цепочки аналогичных событий. Такое прогнозирование и реакция на ещё не наступившее событие позволяет заранее уклоняться от приближающихся раздражителей. В этом и состоит полезность нервной системы для организма, управляемого этой НС.

Такой механизм ретрансляции сигналов и образования следов промоделирован на электронной схеме и показал свою действенность, эффективность. Такой механизм легко реализуется в природе, но до сих пор не был использован в технике, поскольку все исследователи и инженеры-электронщики свято блюли неприкосновенность входного сигнала и никогда не искажали его.

---

Благодаря наличию механизма фиксации следов событий, воздействующих на рецепторы организма – входы сигналов внешней среды (раздражителей) в мозг и совмещённого с фиксацией механизма учёта следов прошлых событий (опыта организма) мозг формирует реакцию организма на воздействие среды, опираясь на свой опыт (зафиксированные следы предыдущих событий).

Этот механизм очень прост, что и обеспечивает самопроизвольное накопление опыта – образование следов событий – связей между нейронами. Функционирование этого механизма достаточно подробно изложено в [14].

Кроме того, что описанный механизм обеспечивает фиксацию следов событий, потенциал обратного знака на общем входе возбуждённого нейрона частично нейтрализует потенциалы на множестве отдельных входов этого нейрона. Эта нейтрализация препятствует возбуждению других нейронов, на входы которых поступают сигналы, возбудившие рассматриваемый возбудившийся нейрон. Так что они по большей части не смогут возбудиться, поскольку «первый получил всё». Первым же возбуждается нейрон, конфигурация входных связей которого (веса связей) наилучшим образом соответствует конфигурации сигналов на его входах.

Потенциалы на общих входах других нейронов будут нарастать несколько медленнее, и часто уже не смогут превысить порог возбуждения нейрона (из-за уменьшения возбуждающих входных сигналов в результате компенсации при возбуждении первого же нейрона). Так что после возбуждения первого нейрона другие нейроны с такими же сигналами на входах уже не смогут возбудиться. Что и обеспечивает выбор оптимального пути следования ретранслируемого сигнала.

Таким образом, решаются практически все задачи обработки сигналов в мозге. Есть и другие, менее значимые и показательные аспекты обработки сигналов, которые также решаются в рамках предложенного подхода к функционированию мозга.

### **2.1.5. Структурная схема модели самообучающегося мозга**

В рамках НИР была создана электронная модель простейшей нервной системы из трёх нейроподобных элементов (НЭ). Несмотря на свою простоту, модель на практике показала способность к

самообучению и переучиванию. Схематически эта электронная модель может быть изображена следующим образом.

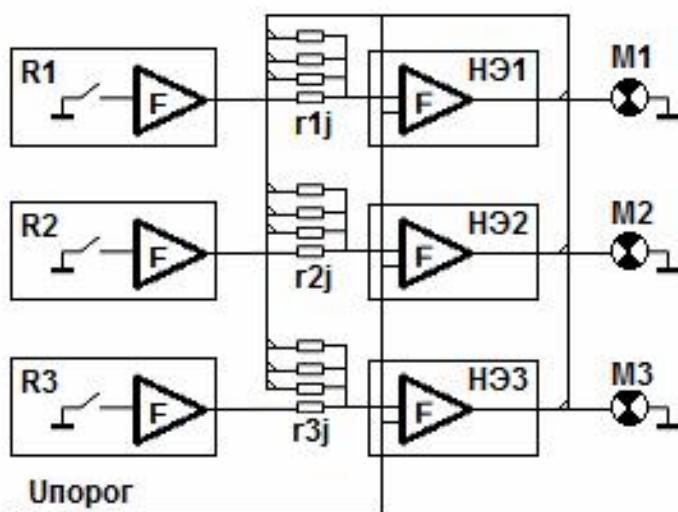


Рис. 2.1.3. Структурная схема электронной демо-модели простейшей НС

Модель, блок-схема которой приведена на рис. 2.1.3, состоит из трёх нейроподобных элементов НЭ1, НЭ2, НЭ3, трёх «рецепто-ров» R1, R2, R3, трёх манипуляторов M1, M2, M3 (светодиодов, индицирующих возбуждение соответствующего нейроподобного элемента НЭ1, НЭ2, НЭ3. На входах всех НЭ стоят наборы вход-ных сопротивлений  $r_{ij}$  – потенциальные, связи между НЭ (ещё не существующие в исходном виде), через которые они могут влиять друг на друга.

исходном состоянии все связи  $r_{ij}$  разорваны (проводимости входных связей равны нулю). Кроме связей от «рецепторов», ко-торые существуют и в исходном состоянии. Связи от «рецепто-ров» являются аналогами безусловных рефлексов в биологических организмах. На их основе и образуются все последующие связи.

Безусловных рефлексов у организма мало, поскольку невоз-можно для организмов передавать следующим поколениям боль-

---

шое количество информации – нет механизма, который мог бы передавать новому поколению индивидуальную информацию. Передаётся только тот минимум информации, который оказался возможен, сложился на протяжении многих поколений данного вида организмов. Вся остальная информация в организме накапливается

результате приобретения каждым индивидуумом его собственного опыта. Механизм фиксации опыта в организме имеется у каждого вида. Этот механизм сложился в результате мутаций поколений в течение долгой эволюции.

Манипулируя подачей раздражителей на различные входы демо-модели (нажимая кнопки), можно увидеть, как образуются связи  $g_{ij}$ . Образование каждой связи индицируется отдельным светодиодом.

На этой модели можно имитировать не только обучение (благодаря самообразованию связей при наличии соответствующих условий), но и переучивание – изменение реакции при изменении обстоятельств. Переучивание обеспечивается ослаблением связей со временем (имитируется оператором) и уставанием НЭ при отсутствии результативности старой реакции (существовавшей до того). Поскольку новые связи имеют наибольший вес (не успели ослабеть), то впоследствии первыми будут возбуждаться НЭ с новыми связями, и будут препятствовать возбуждению других НЭ.

#### **2.1.6. Программа выполнения практической работы на демо модели**

Процессы самообучения и переучивания демо модели можно наблюдать на практике – на действующей электронной демо модели. Эта Практическая работа проводится в соответствии с программой проверки демо модели, созданной в результате выполнения НИР. Для этого нужно иметь эту модель в комплекте:

*Программа проверки функционирования модуля,  
выполненного в НИР 9006 от 04.09.2014 г.*

П1. Проверяется комплектность модуля в разобранном виде:

П1.1. Материнская плата размером 297\*210 мм\*мм с надписями «изменение весов связи», «БЭ1», «БЭ2», «БЭ3», 3 линейки надписей «С1», «С2», «С3», «С4», «Кн1», «Кн2», «U опорное»,

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем

«СБРОС», «Кн3», с тремя одинаковыми разъёмами с подписями «БЭ1», «БЭ2», «БЭ3», предназначенными для установки в них со-ответствующих базовых элементов БЭ1, БЭ2, БЭ3 (нейроподоб-ных элементов), разъёмом питания , с переменными резисторами для подбора номиналов и режимов, светодиодами индикации и другими элементами.

П1.2. 3 платы нейроподобных элемента, подписанных как БЭ1, БЭ2, БЭ3.

П1.3. Блок питания, поставляющий необходимые питающие напряжения (0v, +5v, -12v, +12v).

П2. Приводим модуль в рабочее состояние:

П2.1. Устанавливаем нейроподобные элементы БЭ1,БЭ2, БЭ3 на соответствующие предназначенные места.

П2.2. подключаем блок питания.

П3. Подаём на модуль питающие напряжения (включаем блок питания в сеть 220v).

П4. Проводим предварительные настройки:

П4.1. Приводим модуль в исходное состояние:

П4.1.1. Выводим переменные резисторы 1(C1, C2, C3, C4), 2(C1, C2, C3, C4), 3(C1, C2, C3, C4), которыми задаются веса (про-водимости) потенциальных связей, в исходное состояние значения сопротивлений, примерно  $3/4$  максимального значения сопротив-ления соответствующих резисторов. Для этого поворачиваем руч-ки резисторов по часовой стрелке до упора (максимальное значе-ние R) и примерно на четверть оборота против часовой стрелки (уменьшая сопротивление). Такая установка делается с целью обеспечения нужных изменений проводимости в ходе испытания.

П4.1.2. Устанавливаем максимальное значение сопротивления регулирования (U опорное) сдвинув движок резистора до упора вправо с целью установки максимального значения U опорного.

П4.1.3. Приводим схемы модуля в исходное состояние, для чего делаем СБРОС нажатием в течение 2-3 секунд (для разрядки емко-стей) соответствующей кнопки СБРОС на материнской плате.

---

П5. Демонстрация функционирования модуля.

П5.1. Задаём исходное  $U$  опорное путём уменьшения опорного напряжения за счёт уменьшения сопротивления (движок влево).

П5.1.1. Для этого нажимаем и удерживаем Кн1 (подаём сигнал на «безусловную» связь на входе БЭ1), и медленно уменьшаем  $U_{\text{опорное}}$  сдвиганием движка влево. Медленно потому, что в цепях  $U_{\text{опорное}}$  на каждом БЭ стоят индивидуальные накопительные ёмкости. Уменьшение  $U_{\text{опорное}}$  прекращаем, когда БЭ1 начнёт возбуждаться. Возбуждение индицируется последовательным включением светодиодов в цепочке цветных светодиодов в дальней от разъёма части платы БЭ1.

П5.1.2. Затем нажимаем и удерживаем Кн2 (подаём сигнал на «безусловную» связь на входе БЭ2). Если БЭ2 возбуждается (что видно по индикации возбуждения БЭ2), переходим к проверке возбуждения БЭ3. Если же БЭ2 не возбуждается, то медленно уменьшаем  $U_{\text{опорное}}$  сдвиганием движка влево. Уменьшение  $U_{\text{опорное}}$  прекращаем, когда БЭ1 начнёт возбуждаться. Возбуждение индицируется пробеганием индикации по цепочке цветных светодиодов БЭ2.

П5.1.3. Затем нажимаем и удерживаем Кн3 (подаём сигнал на «безусловную» связь на входе БЭ3). Если БЭ3 возбуждается (что видно по индикации возбуждения БЭ2), переходим к дальнейшей проверке модуля. Если же БЭ3 не возбуждается, то медленно уменьшаем  $U_{\text{опорное}}$  сдвиганием движка влево. Уменьшение  $U_{\text{опорное}}$  прекращаем, когда БЭ1 начнёт возбуждаться. Возбуждение индицируется пробеганием индикации по цепочке цветных светодиодов БЭ3.

Возможный разброс значений  $U_{\text{опорное}}$  для начала возбуждения соответствующего БЭ естественен, он обусловлен разбросом параметров комплектующих, из которых собраны БЭ. Этот разброс не является критическим для функционирования модуля.

П6. Устанавливаем веса возможных «условных» связей.

П6.1.1. Для этого нажимаем и удерживаем Кн1, изображая подачу непрерывного сигнала «раздражения» на БЭ1. БЭ1 индицирует своё возбуждение.

П6.1.2. Нажимаем Кн 2, при этом индицируется возбуждение БЭ2. Если при этом ещё и слышен щелчок включения коммути-рующего бистабильного реле, и включился зелёный светодиод на втором входе поля БЭ2 ( ближайший к разъёму платы БЭ2), то это значит, что («навсегда» – до сброса ) установилась связь между входом БЭ1 и входом БЭ2 через его 2-й вход. Если эта связь не установилась, слегка уменьшаем сопротивление С2 поворотом его ручки против часовой стрелки (2-е слева на поле БЭ) и повторяем процедуру.

П6.1.3. Переходим к установлению веса второй связи на входе БЭ3.

П6.1.3.1. Для этого выполняем СБРОС путём нажатия соответ-ствующей кнопки и переходим к выполнению пунктов 6.1.1 и 6.1.2 по отношению к БЭ3, используя нажатие Кн3.

Входы 3 и 4 у всех БЭ пока не задействованы, хотя и работоспо-собны. Возможное первоначальное неустановление связи (до умень-шения сопротивления С2 может быть обусловлено слишком боль-шим сопротивлением связи по сравнению с сопротивлением соответ-ствующего блока бистабильного реле, изображающего пробой.

П7. Делаем начальный сброс и проверяем функционирование «обучения» и «переучивания».

П7.1. Для этого устанавливаем связь между выходом БЭ1и вхо-дом БЭ2 (через второй вход) по пункту 6.1.2. Установление этой связи эквивалентно обучению. Теперь будем нажимать только Кн1 (не нажимая Кн2). Видим, что при возбуждении нейроподобного элемента БЭ1 будет возбуждаться и БЭ2 (благодаря самообразо-вавшейся связи выход БЭ1-вход БЭ2).

П7.2. Нажимаем Кн1 и удерживаем её. При этом БЭ 1 и БЭ2 бу-дут постоянно возбуждаться, что мы будем наблюдать по индика-ции. Возбуждение будет происходить сначала постоянно, а затем с перерывами (будет «накапливаться усталость» при частом возбу-ждении нейроподобных элементов БЭ1 и БЭ2). Поскольку инди-кация у нас медленная, то на цветной индикации (возбуждения) можно наблюдать только длинные промежутки усталости. Но её можно наблюдать или на осциллографе, или по миганию сначала постоянно светящегося жёлтого индикатора возбуждения компа-

---

ратора на каждом БЭ (при возбуждении БЭ этот светодиод включается коротко, в отличие от финальной индикации возбуждения БЭ, длящейся несколько секунд).

П7.3. После установления связи она будет функционировать даже при уменьшении её веса (увеличением сопротивления ручки С2 БЭ2 поворотом по часовой стрелке). То есть, возбуждение БЭ1 будет вызывать возбуждение БЭ 2. А уменьшение веса связи С2 для БЭ2 имитирует естественное уменьшение со временем связей между нейронами («забывание»). Хотя уменьшение и производится вручную, оно изображает естественный процесс.

П7.4. Переходим к рассмотрению переучиванию модуля (не оператором, а обстоятельствами!) Нажимаем Кн1 и удерживаем её. При этом БЭ1 и БЭ2 будут постоянно возбуждаться, будет нарастать их усталость. Если через короткое время после нажатия, когда усталости ещё нет, коротко нажать Кн3 и отпустить её, то БЭ3 коротко возбудится по «безусловной» связи, но связь между БЭ1 и БЭ3 не установится, поскольку изрядная часть положительного потенциала выхода возбуждённого БЭ1 успевает гаситься отрицательным потенциалом входа возбуждающегося БЭ2. Так что разности потенциалов между выходом возбуждённого БЭ1 и входом возбуждённого БЭ3 недостаточно для включения бистабильного реле («пробоя») из-за «подсаживания» положительного потенциала выхода БЭ1 отрицательным потенциалом входа возбуждённого БЭ2.

При долгом удержании Кн1, что эквивалентно отсутствию результирующей реакции модуля на сигнал раздражения, БЭ 1и БЭ2 начнут уставать. Так что возбуждение БЭ1 и БЭ3 совпадут во времени при отсутствии в этот момент возбуждения БЭ2 и произойдёт самостоятельное образование связи между БЭ1и БЭ3 – произойдёт обучение новой реакции модуля на сигнал «раздражения БЭ1. Но поскольку мы уже симитировали ранее вручную естественное самопроизвольное уменьшение со временем весов связей между нейронами, то последующие возбуждения БЭ1 будут приводить к возбуждению БЭ3 без возбуждения БЭ 2, несмотря на существование связи БЭ1-БЭ2 – включен зелёный светодиод для С2 на БЭ2. То есть, произошло самостоятельное «переучивание» благодаря «уставанию» и «забыванию».

Что и требовалось от НИР.

## **Раздел 2. Проектирование робототехнических систем**

Переучивание произошло без выключения или подавления связи, путём с конкурентного опережения возбуждения БЭ с более сильной входной связью. Если же из-за нерезультативности и новой реакции модуля устанет и БЭЗ, то снова начнёт возбуждаться БЭ2, или установится ещё более новая связь с БЭ4, БЭ100. В био-логической НС или в продвинутом СУУ с большим количеством возможных связей и активных элементов, с уменьшающимися со временем весами связей обучение и переучивание будет происходить постоянно и безболезненно, и без какого бы то ни было вмешательства во внутренние структуры извне.

### ***Тестовые вопросы***

1. ЧПУ-это?

- а) числовое программное управление
- б) числовое амплитудное управление
- в) числовое нейросетевое управление

2. Исчисление с основанием натурального логорифма  $e = \dots$

- а) 2,71828..
- б) 3,71828..
- в) 4,71828..

3. СУУ-это?

- а) стратегическое управление устройствами
- б) самообучающееся устройство управления
- в) сверхзвуковое управление

4. Возможны ли способы использования следов событий

- а) да
- б) нет

### ***Контрольные вопросы***

Современные примеры реализации ИИ.

В чём отличие интеллекта, воспитанного в ИНИ, от ИИ?

Что есть информация?

Как измеряется информация? Единицы измерения информации.

Субъективность и объективность информации.

---

Нематериальность информации и материализация её представления для использования в системах хранения и обработки информации (текущего, будущего...).

Фиксация информации – следов событий с целью их последующего использования.

Возможные механизмы фиксации следов событий.

Возможные способы использования следов событий.

Биологические хранилища информации (любые клетки, ткани).

Чем обеспечивается возможность прогнозирования событий?

В чём заключается полезность нервной системы для управляемого ею организма?

## Литература

Анисимов В.В. Искусственный интеллект. История развития искусственного интеллекта. URL: <https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/knowledge/lecture/tema1> (дата обращения: 01.03.2016).

Автоматический регулятор Ползунова. URL: <http://refer.in.ua/major/223/80581/> (дата обращения: 01.03.2016).

Барский А.Б. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ: распознавание, управление, принятие решений, М. : Финансы и статистика, 2004.

Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии / пер. С. Филина ; под ред. Бурцева. М., 2016. URL: <http://www.ru-lit.me/books/iskusstvennyj-intellekt-etapy-ugrozy-strategii-read-421315-1.html> (дата обращения: 01.03.2016).

Бурцев. Что такое «искусственный интеллект» и где он применяется + видео. URL: <http://itandlife.ru/science/ai/chto-takoe-iskusstvennyj-intellekt-i-gde-on-primenyaetsya-video/> (дата обращения: 01.03.2016).

Гномон (статья в Википедии). URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BD> (дата обращения: 01.03.2016).

Свойства информации. URL: <http://elearn.oknemuan.ru/?p=7&id=179> (дата обращения: 01.03.2016).

Статья в интернете «Позиционная система счисления». URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\\_%D1%81%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (дата обращения: 01.03.2016).

Брусенцов Н.П., Рамиль Альмарес Хосе. Троичные ЭВМ «Сетунь» и «Сетунь 70». URL: [http://www.computer-museum.ru/histussr/setun\\_b.htm](http://www.computer-museum.ru/histussr/setun_b.htm) (дата обращения: 01.03.2016).

Шумилов В.Н. Информационная ёмкость мозга человека. URL: [http://scorcher.ru/theory\\_publisher/show\\_art.php?id=26](http://scorcher.ru/theory_publisher/show_art.php?id=26) (дата обращения: 01.03.2016).

Обсуждение статьи Информационная ёмкость мозга человека. URL: [http://scorcher.ru/articles/art.php?id\\_art=798&sub\\_id=0&page\\_txt=4](http://scorcher.ru/articles/art.php?id_art=798&sub_id=0&page_txt=4) (дата обращения: 01.03.2016).

Обсуждение статьи Информационная ёмкость мозга человека. URL: [http://scorcher.ru/articles/art.php?id\\_art=798&sub\\_id=0&page\\_txt=3](http://scorcher.ru/articles/art.php?id_art=798&sub_id=0&page_txt=3) (дата обращения: 01.03.2016).

Проничев И. В. Лекции по физиологии центральной нервной системы. Биолого-химический факультет УдГУ. URL: [http://www.dis-tedu.ru/edu4/p\\_2](http://www.dis-tedu.ru/edu4/p_2) (01.03.2016)

Шумилов В.Н. Принципы функционирования мозга. Взгляд инженера. Екатеринбург, 2008.

## Практическая работа 2.2. **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «РОБОТ – КОЛЕСО»**

### **2.2.1. Введение**

Предпосылками и условиями, определяющими необходимость использования робототехнических комплексов (РТК), являются:

- интенсивное развитие за рубежом индустрии разработки и производства робототехники, ее широкое использование во всех отраслях производства, потребления и транспорта. Монополия развитых стран на международном рынке робототехники;
- наличие в отечественных научных и конструкторских организациях значительного научно-технического, конструкторского, технологического и производственного заделов по робототехнике, позволяющих создать в кратчайшие сроки эффективные и конкурентоспособные РТК;
- рост угрозы проведения террористических актов на особо опасных объектах в связи с региональными военными конфликтами, ростом политического, национального, религиозного и экономического экстремизма.

### **2.2.2. Принципы создания робототехнических систем**

Приоритет обеспечения ядерной и радиационной безопасности на объектах использования атомной энергии, при обращении с отработавшим топливом и проведении работ по предупреждению и ликвидации ЧС ядерного и радиационного характера, обеспечение безопасности и поиска потерявшихся людей, предотвращение и обнаружение лесных пожаров, наводнений, применение для интересов обороны и народного хозяйства.

Комплексность решения проблемы разработки, производства, эксплуатации, ремонта и утилизации РТК, включая отработку базовых технологий производства дистанционных работ, а также вопросы подготовки и переподготовки кадров по их эксплуатации и ремонту. Системный подход к определению рациональной номенклатуры образцов РТК, исполнительных механизмов и приспособлений,

систем дистанционного управления, средств транспортирования, эксплуатации и ремонта на базе использования модульных конструкций, типовых решений, отраслевой и межотраслевой унификации. Учет вопросов защиты информации ограниченного доступа, циркулирующей в РТК, в том числе при передаче по открытым радиоканалам, при обработке и хранении в средствах вычислительной техники.

### **2.2.3. Основные виды работ и области применения РТК**

Применение РТК при ликвидации техногенных аварий. Анализ аварий, происходящих в мире, показывает, что причин аварий большое количество. Однако основные виды работ, проводимых при каждом случае, повторяются и состоят из:

- разведки в зоне аварии;
- проведения работ по ликвидации аварии (как правило);
- проведения комплекса восстановительных или демонтажных работ в зоне аварии (при необходимости).

2. Применение РТК во вредных и опасных для здоровья человека условиях.

3. Применение РТК при стихийных бедствиях, наводнениях, пожарах и т.д.

4. Применение РТК для поиска и спасения людей.

5. Применение РТК для помощи силовым подразделениям:

- проведение наземной и воздушной разведки;
- составление карт минных полей;
- разминирование и исследование опасных предметов;
- эвакуация раненых;
- доставка необходимого оборудования и боеприпасов.

Применение РТК для обследования состояния газо- и нефте-проводов, крыш зданий, высотных сооружений.

Параллельно с созданием ДУС приоритетный характер должны носить работы по созданию унифицированных модульных элементов, узлов, агрегатов РТК и ДУС, таких как:

- модули передачи данных и энергоносителей;
- телевизионные системы;
- осветительные системы;
- системы гиросtabilизированных платформ;
- звуковые датчики;

---

датчики мощности фона радиационного излучения;  
гамма-локаторы;  
тепловизоры;  
газоанализаторы;  
навесные элементы,  
также разработки методик работы с ними

#### **2.2.4. Специальные требования к РТК и ДУС**

Доступность и дешевизна используемых материалов, устройств, схем, элементов, подвергающихся в процессе работы усиленному износу.

Если это требование не обеспечивается, то должна обеспечиваться легкость замены на более дешевый аналог. Поставщик РТК должен гарантировать поставку такого элемента, как расходного материала.

Отмываемость (дезактивируемость) от радиоактивных загрязнений РТК, используемых для работы в подразделениях «Ро-сатома» и МЧС. Плохо отмываемые отдельные части РТК должны быть легко заменяемы и не быть дорогими. Поставщик РТК должен гарантировать поставку таких частей в составе ЗИП.

Легкость ремонта, возможность модульной замены основных узлов, агрегатов, инструментов без детальной разборки в процессе ремонта.

Применение быстро стыкуемых / расстыкуемых соединителей в электро-, пневмо- и гидросистемах.

РТК и ДУС должны оснащаться системами аварийного прекращения работ, приведение их в безопасное состояние и иметь возможность эвакуации из рабочей зоны.

Структура систем управления (СУ) РТК всех типов должна строиться по принципу замкнутых информационных уровней, взаимодействие между которыми должно осуществляться в формах синхронизма задач, решаемых на каждом уровне.

СУ РТК должны состоять из следующих уровней: – исполнительный; – стратегический; – коммуникационный; – аварийный.

## **Раздел 2. Проектирование робототехнических систем**

Закладка в конструкцию технологического оборудования решений, обеспечивающих жесткое соблюдение требований безопасности.

Наличие системы безопасности и жизнеобеспечения для обслуживающего персонала в зоне расположения поста управления.

### **2.2.5. Классификация роботов**

Летающие ДУС (самолеты, вертолеты, мультикоптеры и т.д.). Преимущество летающих моделей очевидно – возможность перемещения по воздуху. Следовательно, можно быстро оценить: масштабы предстоящих работ, пути подхода к месту проведения работ, наблюдения за ходом выполнения работ с высоты.

#### ***Летающие RC-системы***

*ДУС самолетного типа.* ДУС самолетного типа предназначен для проведения инженерной разведки на высотах 10–2 000 м при скоростях 20–180 км/ч. Полетное время до 3 час.

Преимуществами данного типа ДУС является относительно малая стоимость, простота и надежность в эксплуатации, малое время для подготовки к запуску, возможность установки необходимого оборудования внутри корпуса. Система автоматического пилотирования самая доступная по цене и наличию на рынке. Обучение управлению данным типом ДУС требует немного времени по сравнению с другими.

Недостатками является необходимость стартовой площадки или катапульты, невозможность зависнуть в точке, зависимость от ветра.

Вывод : при разработке ДУС самолетного типа использовать как медленно летающие, так и более скоростные модели с целью расширения диапазона применения и меньшей зависимости от скорости ветра. Обязательно применять системы автоматического пилотирования с автовозвратом.

Для увеличения времени полета и грузоподъемности, возможности применения в условиях низких температур использовать бешеразмерные модели с бензиновым двигателем.

**ДУС вертолетного типа.** ДУС вертолетного типа предназначен для использования на высотах 0–2000 метров при скоростях 0-95

---

км/ч. Полетное время – до 30 мин при использовании электрического двигателя. Преимуществами данного типа ДУС является малая скорость, вплоть до нулевой и высокая грузоподъемность.

Недостатками является большая сложность и стоимость ДУС. Наличие открытого винта большого радиуса делает систему очень уязвимой при наклонах у земли, зацеплении за кустарник или другие торчащие препятствия. В следствии этого зависание на малых высотах вне зоны прямого визуального контроля пилотом являются достаточно опасными. Система автоматического пилотирования самая дорогостоящая по цене и представлена в весьма скудном ассортименте. Обучение управлению данным типом ДУС требует наибольшего времени по сравнению с другими.

Вывод: разработка и эксплуатация ДУС вертолетного типа является наиболее дорогостоящим делом из всех БПЛА. Обучение оператора наиболее сложное и требует достаточного времени.

*ДУС типа мультикоптер.* ДУС этого типа предназначена для проведения работ на высотах 0–2000 метров при скоростях 0–

км/ч. Полетное время – до 40 мин. Преимуществами данного типа ДУС является малая скорость, вплоть до нулевой, малая стоимость, наличие большого ассортимента автопилотов, достаточная грузоподъемность, малые эксплуатационные расходы, максимальная стабильность при полете и зависании, простота конструкции, наименьшая зависимость от ветра. При применении аппарата с количеством моторов 6 и более, отказ одного из них не ведет к аварии и позволяет вернуться к месту старта.

Недостатками является наличие открытой винтомоторной группы, что делает систему уязвимой при наклонах у земли, зацеплении за кустарник или другие торчащие препятствия. В следствии этого зависания на малых высотах являются достаточно опасными.

Вывод: разработка и эксплуатация ДУС типа мультикоптер является достойной альтернативой ДУС вертолетного типа и выполняет те же задачи при существенно меньших затратах. Обучение управлению данным типом ДУС требует относительно малых затрат времени.

Процесс обучения управлению летающими ДУС целесообразно проводить с использованием тренажеров, оснащенных реальными

пультами управления с моделированием реальных полетных ситуаций, практические занятия в полевых условиях и сдачу практического экзамена обучаемыми. Полностью исключить формальный подход при обучении операторов ДУС.

При использовании летающих ДУС целесообразно использование автопилота, обеспечивающего взлет, посадку, перемещения по точкам, возврат в место старта. По возможности минимизировать влияние человеческого фактора в процессе полета. Но при этом готовить операторов с навыками ручного управления РТК на всех этапах полета.

недостаткам летающих моделей следует отнести повышенную опасность ДУС при полете для окружающих и необходимость строгого соблюдения правил техники безопасности, длительное время обучения операторов и большие затраты на тренажеры, большая цена ошибок оператора.

### ***ДУС, передвигающиеся по земле***

Данный тип робототехнических систем получил наиболее широкое распространение как в России, так и в мире ввиду наличия относительно простой системы управления, в любой момент можно остановиться, подумать, принять соответствующее решение, большой грузоподъемности, широкой функциональности и самым продолжительным временем автономной работы без дозаправки и подзарядки аккумуляторов.

существенным недостаткам данного типа РТК можно отнести сложности в преодолении препятствий типа завалов, рвов, канав, снежного покрова, водных преград, болотистой местности.

### ***ДУС гибридного типа***

Данные устройства предназначены для устранения некоторых недостатков, имеющих в обоих предыдущих случаях. Это летающие системы на мультироторной базе, переПрактическая работанные таким образом, что они способны перемещаться по земле и при необходимости перелетать с места на место. Благодаря этому обеспечивается проходимость по снежному покрову любой высоты, перемещение над водными преградами, преодоление завалов, рвов, оврагов, вертикальных препятствий любой высоты. Устройства

---

комплектуется поворотной HD видеокамерой, микропроцессор-ным блоком управления, системой передачи информации на рас-стояний более 1 км, большим набором разнообразных приборов и устройств. Системы позволяют сохранять работоспособность без подзарядки более 2 часов.

Управление такими моделями достаточно простое и сродни управлению наземными роботами. В то же время они способны перемещаться по воздуху, при этом любые ошибки оператора ДУС не приводят к поломке, внешнее ограждение модели защищает ее.

Вывод: разработка и эксплуатация данных систем является аль-тернативой наземным ДУС в случае применения в условиях глу-бокого снежного покрова, наличия водных или других труднопре-одолимых препятствий и выполняет те же задачи при существенно меньших затратах . Обучение управлению данным типом ДУС не требует большого времени.

### ***Модели ДУС, изготовленные в ТГУ***

*Гибридная ДУС ПСН- 02.* Исходя из вышесказанного, в настоя-щее время изготовлена и испытана multifunctional дистан-ционно-управляемая система ДУС ПСН-02 (Дуся).

Данное робототехническое средство является multifunctio-нальным вездеходным наземным роботом гибридного типа для проведения инженерной, радиационной, химической разведки, по-иска пострадавших как на открытой местности, так и внутри зда-ний и сооружений. Имеет уникальную проходимость по сравне-нию с имеющимися наземными РТК, легко преодолевая верти-кальные стены высотой до 50 м, рыхлый снежный покров любой толщины, болотистую местность и водные преграды. Благодаря применению оригинальной системы управления ходовыми двига-телями достигнута скорость передвижения на открытой местности до 60 км/ ч, время работы без подзарядки аккумуляторов может достигать 2 ч при дальности управления более 1 км.

Робот имеет отличную маневренность, вплоть до поворотов на месте, что позволяет использовать его для работ в ограниченном пространстве . Кроме того, конструкция имеет плавающий центр тяжести, что полностью исключает его перевороты и аварийные ситуации вследствие этого.

## ***Раздел 2. Проектирование робототехнических систем***

---

Большой набор сменного навесного оборудования (видеокамера

гироскопической платформой, тепловизор, радиационно-химический комплекс с GPS привязкой к местности, плоскостной миноискатель и т.д.) обеспечивает разнообразные сферы использования данного робота.

Особенностью всех типов ДУС, созданных в ТГУ, является блочно-модульный принцип с максимальной унификацией, наличие универсального поста управления для всех типов роботов, оснащенного двумя мониторами (оператора ДУС и инженера по выполнению определенных задач), двумя мобильными компьютерами для обеспечения автоматических режимов управления и обработки полученных данных и оригинальным программным обеспечением.



Питание поста управления осуществляется от любого имеюще-гося источника (стационарной электросети, генератора, автомо-бильного аккумулятора).



Для увеличения дальности применения может опционально ис-пользоваться автоматический антенные трекер.

случае необходимости проведения воздушной разведки или поисковых мероприятий конструкция робота позволяет путем не-сложных манипуляций и смены управляющей программы опера-тором в течении 10 минут превратить данный робот в мультикоп-тер с тем же набором навесного оборудования.

*Наземный робот-разведчик ПСН-03.* Предназначен для прове-дения инженерной, радиационной или химической разведки. Имеет гусеничное шасси повышенной проходимости, обеспе-чивающее:

- |                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| – скорость передвижения                   | – до 10 км/ч; |
| – время непрерывной работы без подзарядки | – 3ч;         |
| – преодоление лестничных маршей           | – до 30°;     |
| – преодоление уклонов                     | – до 45°;     |
| – преодоление снежного покрова            | – до 10 см;   |
| – дальность управления                    | – до 2 км;    |
| – клиренс                                 | – 100 мм;     |

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем

- грузоподъемность – до 60 кг;
- собственная масса – 61 кг.

Робот оснащен видеокамерой повышенной четкости с оптическим трансфлюкатором 32×, тепловизионной камерой, радиационным и химическим датчиком, цифровой системой обмена информацией с дальностью 10 км. Робот имеет блочно-модульную конструкцию, позволяющую отказаться от необходимости дезактивационных работ.

Данная ДУС может использоваться в подразделениях «РОСА-ТОМ», МЧС, других структурах с наличием повышенной опасности.

*Воздушный робот-разведчик ПСВ-04.* Предназначен для проведения инженерной, радиационной или химической разведки, поисковых мероприятий или доставки грузов пострадавшему, обработки площадей определенными веществами, аэрофотосъемки.

- скорость полета – до 100 км/ч;
- время полета без подзарядки – 20 мин;
- высота полета – до 2 км;
- дальность управления – до 4 км;
- полет при ветре – до 15 м/с;
- грузоподъемность – до 3 кг;
- размах лопастей основного винта – 1 800 мм;
- собственная масса – 6 кг.



---

Робот оснащен современным автопилотом с большим набором программ, видеокамерой повышенной четкости с оптическим трансфлюкатором 32<sup>x</sup>, тепловизионной камерой, радиационным и химическим датчиком, цифровой системой обмена информацией с дальностью 10 км.

Данная ДУС может использоваться в подразделениях «РОСА-ТОМ», МЧС, других структурах с наличием повышенной опасности.

#### **2.2.6. Структурно-функциональная схема робота**

Приведем функциональную схему подвижной платформы гибридного робототехнического комплекса *ДУС ПСН-02*.

- Полетный контроллер АРМ 2.6.

- РС приемник.

- GPS приемник.

- Датчик скорости.

- Приемопередатчик автоматического управления и телеметрии.

- Аппаратный аккумулятор.

- Видеокамера.

- Передачик видеосигнала.

- Плата наложения телеметрической информации на видеосигнал.

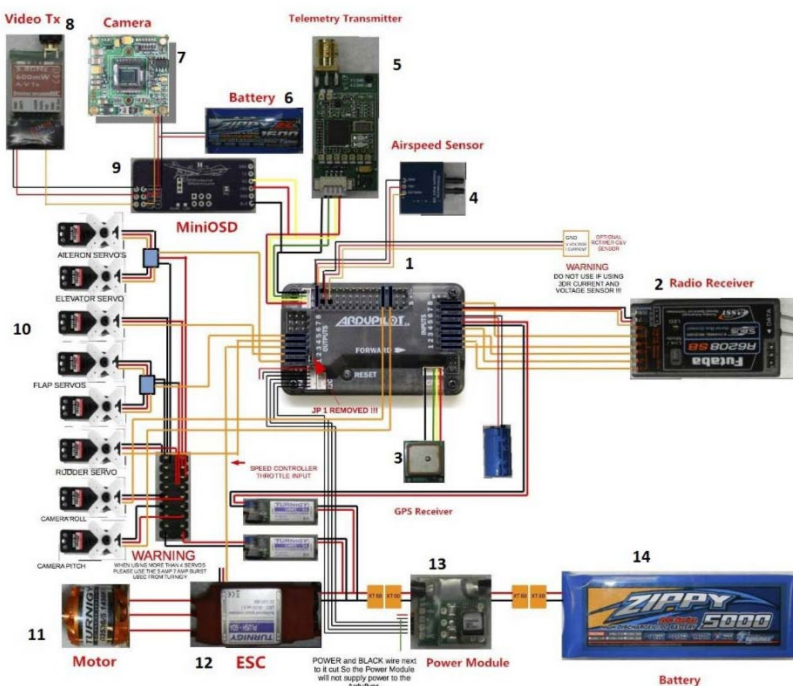
- Исполнительные устройства или двигатели.

- Двигатель горизонтального перемещения.

- Контроллер двигателя.

- Стабилизатор напряжения.

- Силовая батарея.



### 2.2.7. План выполнения практической работы

Целью данной работы является научиться программировать и настраивать универсальный контроллер дистанционно управляющих систем APM 2.6.

Полетный контроллер ArduPilot Mega является полноценным решением БПЛА (Беспилотного Летающего аппарата UAV), который позволяет помимо радиоуправляемого дистанционного пилотирования – автоматическое управление по заранее созданному маршруту, т.е. полет по точкам, а так же обладает возможностью двухсторонней передачи телеметрических данных с борта на на-земную станцию (телефон, планшет, ноутбук, DIY) и ведение журнала во встроенную память.

Он основан на автопилоте APM 2.x, разрабатываемым сообществом DIY Drones и базирующийся на open-source проекте, позво-

---

ляющий превратить любой аппарат в автономное средство и эффективно использовать его не только в развлекательных целях, но и для выполнения профессиональных проектов.



При относительно малой цене, он обладает большими возможностями: полноценный автопилот, возможность установить до 166 полетных точек, редактирование маршрута в полете, беспроводную конфигурацию настроек, поддержку Geo-Fence (защита от улёта в виде виртуального забора), открытый исходный код и ПО, открытый протокол обмена данными, Поддержка рамы: трикоптера, квадрокоптера (рамы X, +, H, V), гексакоптера, Октокоптера, Y6, X8, традиционные вертолеты, самолеты, машинки и лодки.

Особенности: 3 осевой гироскоп, акселерометр, магнитометр (до 2.5.2) и высокоточный барометр ; система стабилизации с возможностью воздушной акробатики ; удержание позиции по GPS, полет по точкам и возврат на точку старта; возможность использования инфракрасного датчика для обхода препятствий; поддержка ультразвукового датчика (Sonar sensor) для автоматического взлета

посадки; автоматическое следование по маршрутным точкам; управление двигателями посредством ШИМ (PWM) с использованием дешевых регуляторов скорости (ESC); собственная система стабилизации для камеры (функция контроллера подвеса); радио-связь и телеметрия с борта; поддержка множества рам и конфигураций летающих и ездящих аппаратов; поддержка датчика уровня заряда батареи; настраиваемая световая индикация при полетах; совместим с многими радиоуправляемыми приемниками PWM и PPM сигналов; передача в реальном времени телеметрических

данных; поддержка OSD телеметрии (наложение на видеопередачу телеметрических данных) используя протокол MAVLINK; конфигурирования точек полета посредством Google Maps; бортовая флеш память 16 Мбит для автоматической регистрации данных; цифровой компас Практическая работает на HMC5883L (до версии 2.5.2); 6 степеней свободы в InvenSense акселерометре, гироскоп MPU-6000; датчик барометрического давления обновлен до MS5611-01BA03, от Measurement Specialties; контроллер Atmel ATmega2560-16AU и ATMEGA32U-2 чип для обработки и функции USB; возможно загрузка обновлений встроенного программного обеспечения и конфигурации.

План выполнения лабораторной работы:

Получить необходимые материалы и инструменты: контроллер APM 2.6, кабель для соединения с компьютером, модуль GPS NEO-6m с встроенным компасом, модуль телеметрии «3d radio», RC передатчик и приемник, сервомашинку.

Прошивка контроллера APM 2.6.

Прошивка для APM является мозгом в работе автопилота, которая создается и поддерживается с открытым исходным кодом. Скачивание свежей прошивки является одной из важной частью первичных установок, а так же полезна при обновлении уже существующей прошивки.

На компьютере запустите программу Mission Planner, подключите APM к компьютеру с помощью провода USB.

Далее мы должны указать порт, который используется для подключения к APM. Используя в Mission Planner выпадающий список в верхнем правом углу экрана (рядом с кнопкой Connect) укажите порт для соединения с APM. Выберите *Arduino Mega 2560* и выберите скорость *115200*. **Не нажимайте кнопку Connect.**

Зайдите в раздел *Initial Setup -> Firmware*. В зависимости от используемой конфигурации вашего аппарата щелкните на картинку требуемой конфигурации- гексакоптер и нажмите на 6 лучевой мультикоптер. Помните: Экран прошивки не появится если вы уже произвели соединение нажав кнопку Connect. Прервите соединения для доступа к разделу установки прошивок.

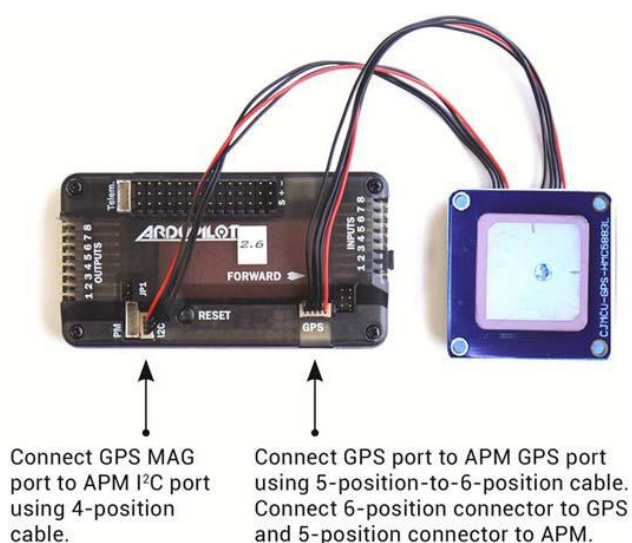
Выберите кадр на скачивание прошивки.

После того как вы выбрали нужную вам конфигурацию ( рамы) ПО Mission Planner автоматически найдет новую версию для ваше-го аппарата и предложит загрузить её на APM. Выберите «Yes» что бы загрузить прошивку, когда процесс загрузки и проверки прошивки закончится, появится сообщение о завершении.

Проверка работоспособности контроллера и калибровка дат-чиков.

Полетный контроллер APM 2.6 не имеет в своем составе встроенного компаса и датчика GPS ввиду особой чувствительности данных элементов к магнитным полям и радио излучениям. По-этому мы будем использовать внешний блок GPS со встроенным компасом NEO-6m. Поэтому перед началом работы соединяем контроллер и внешний GPS и компас согласно рисунку.

В рамках первоначальной установки вам нужно настроить не-обходимые аппаратные компоненты с помощью ПО Mission Planner. Эти инструкции описывают процесс выбора ориентации рамы и настройке радиопередатчиков, компаса и акселерометра.



Выберите тип рамы

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем

На экране ПО Mission Planner выберите Initial Setup -> Frame . Выберите тип рамы X для мультикоптера



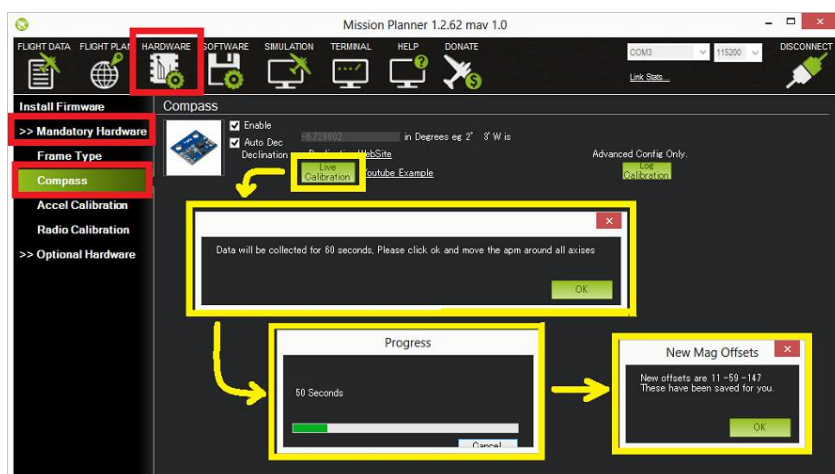
### Калибровка компаса

Для выполнения базовой калибровки компаса необходимо:

В Mission Planner в меню Initial Setup выберите Compass . Выберите правильную ориентацию для вашей установки.

Убедитесь, что компас включен и установлены галочки у Enable и AutoDec.

Нажмите кнопку «Live Calibration».



---

Всплывающее окно сообщит вам, что у вас есть 60 секунд на то, чтобы вращать АРМ вокруг по всем осям, нажмите "ОК"

Появится окно, которое покажет, что выполняется сбор дан-ных с компаса

В течение следующих 60 секунд вам нужно удерживать кон-троллер АРМ 2.6 в воздухе, и поворачивайте его медленно, так что бы каждая сторона (спереди, сзади, слева, справа, сверху и снизу) указывала вниз к земле в течение нескольких секунд.

По завершении появится еще одно окно, которое покажет но-вые рассчитанные смещения измерений компаса.

Для АРМ все три значения от –150 до 150 смещения являются хорошими. Нажмите «ОК».

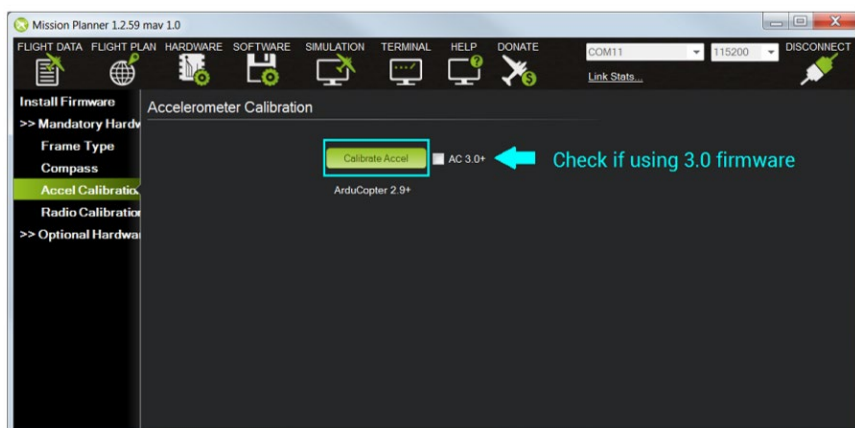
#### *Калибровка акселерометра*

Mission Planner выберите раздел Init Setup, выберите Accel Calibration в меню слева.

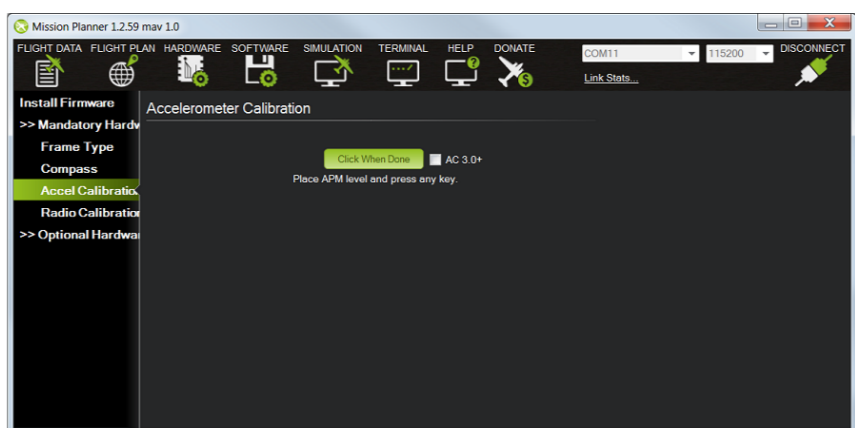
Если вы используете прошивку ArduCopter 3.0, убедитесь, что установленна галочка 3.0 +. Если вы используете 2.9.1b (или ста-рее прошивки), снимите галочку. Этот процесс потребует от вас разместить контроллер АРМ 2.6 в последовательных положениях, которые попросит вас программа. Эти положения уровня являются важными, так как ваш полетный контроллер определяет уровень во время полета. Стрелочка на верхней крышке контроллера ука-зывает направление вперед для установки контроллера на робот.

Когда вы будете готовы для выполнения калибровки, выберите Accel Calibration.

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем



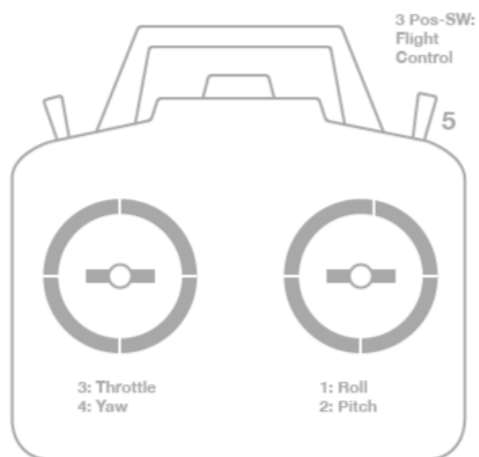
Mission Planner будет подсказывать как надо разместить кон-троллер в каждой позиции калибровки, нажмите любую клавишу. Пройдите требуемые шаги.



Когда вы завершили процесс калибровки , Mission Planner будет отображать окно успешной калибровки, как показано ниже.

### Калибровка радиоуправления

Включите радиоаппаратуру, установите все стики по центру.



Planner Mission, нажмите кнопку «Калибровка Радио» в нижней правой части окна. **Mission Planner вызовет диалоговое окно предупреждением что пропеллеры должны быть сняты! Выберите OK.**



Нажмите OK и начните двигать ручки управления и тумблера-ми на аппаратуре до их предела и наблюдайте за результатом ка-

либровочных границ радио. Появившиеся красные линии калибро-вочных баров укажут максимальное и минимальное значения.

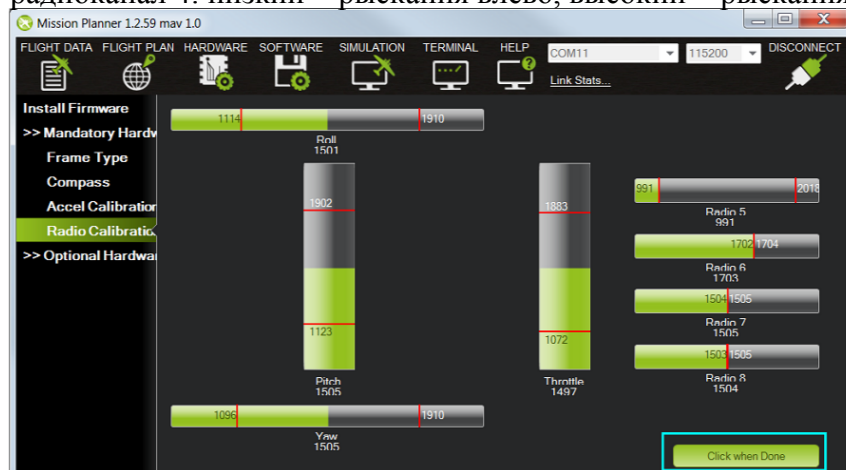
Ваш передатчик должен привести следующие изменения управления:

радиоканал 1: низкий = ролл слева, высокий = ролл вправо.

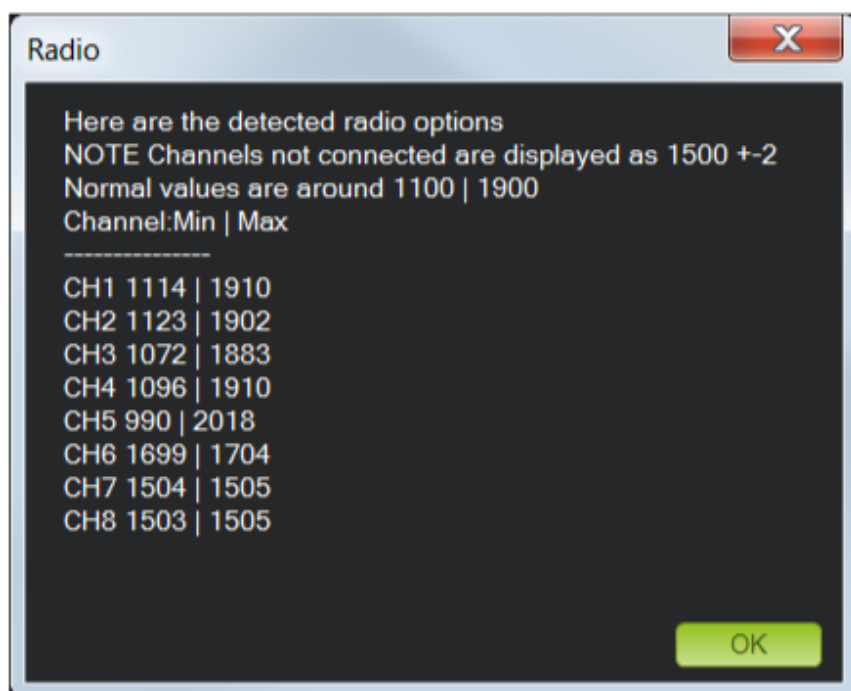
радиоканал 2: низкий = шаг вперед, высокая = шаг назад.

радиоканал 3: низкий = дроссельная заслонка вниз (в выключенном состоянии), высокий = дроссельной заслонки до максимума.

радиоканал 4: низкий = рыскания влево, высокий = рыскания вправо.



Когда красные линии для крена, тангажа, дросселя, рыскания и радиоканала 5 (необязательно у радиоканалов 6, 7 и 8) установлены на минимальных и максимальных значениях, выберите нажми-те «Done». Mission Planner покажет сводку данных калибровки. Нормальные значения около 1100 для минимумов и 1900 для максимумов. Если значения показания бара идут в противоположном направлении от направления движения стика или тумблера это означает, что канал находится в инверсии на стороне передатчика. Используя меню аппаратуры настройте требуемый канал (установите или снимите инверсию) что бы установить правильное функционирование.



### *Настройка полетных режимов*

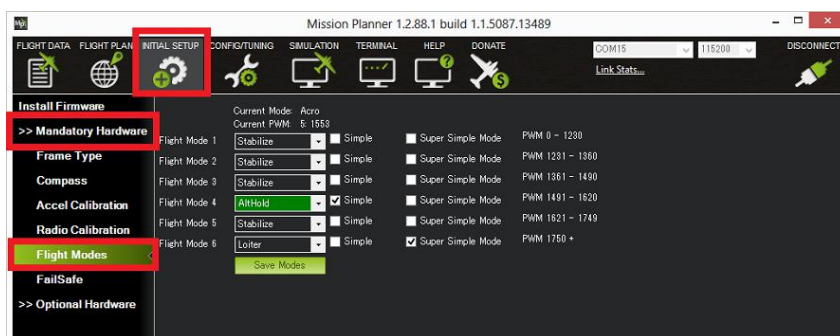
полетного контроллера ArduPilot в конфигурации ArduCopter APMCopter есть **14 полетных режимов**, 10 из которых регулярно используются. Вы можете настроить их, выполнив следующие действия:

- ☐ Включите аппаратуру
- ☐ Зайдите в раздел Initial Setup -> -> Flight Mode
- ☐ 5-й канал вашего передатчика отвечает за полетные режимы, зеленая полоса в ПО указывает текущий режим, при переключении на аппаратуре зеленая полоса будет перемещаться.
- ☐ Используя выпадающий список в каждом положении, выберите полетный режим. По крайней мере один из режимов должен быть режим Стабилизации (Stabilize).
- ☐ При желании можно установить галочку Simple напротив каждого из режимов, что позволит в дальнейшем не заботиться о положении передней части ДУС относительно оператора в простран-

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем

стве. Управление будет осуществляться, как будто передняя часть аппарата всегда направлена от Вас.

Когда режимы установлены нажмите кнопку сохранения, расположенную чуть ниже.



На этом основные настройки закончены и контроллер готов к работе.

Проверка правильности функционирования АРМ 2.6 Перейдите в ПО Mission Planner на вкладку Flight Data. Левый

стик передатчика отклоните вправо до упора и подержите 3 секунды.

На экране появится надпись «Armed». После этого изменяйте положение контроллера в пространстве и наблюдайте за изображением на экране. При наклонах контроллера на экране будет синхронно отображаться наклон картинки, а при вращении будет вращаться шкала компаса, показывая направление передней части контроллера относительно частей света.

Если подвигать правый стик передатчика, можно наблюдать движение вала сервошайпинки.

Если все предыдущие операции выполнены правильно, поздравляю, полетный контроллер готов к установке на робот.

### Тестовые вопросы

1. Область применения РТК.

- а) техногенные аварии
- б) подводные аварии

---

в) горные аварии

Летающие ДУС. а) вертолеты б) ястребители  
в) бомбордировщики

тах высота работы мультикоптера ДУС а) 2000 метров б) 4000 метров в) 6000 метров

#### 4.Предназначение ПСН-03

а) космическая разведка  
б) болистическая разведка  
в) химическая разведка

Пилотный контроллер ArduPilotMega является полноценным решением БПЛА а) да б) нет

в) да и нет

#### **Контрольные вопросы**

Основные принципы конструирования ДУС.

Какой тип ДУС наиболее применим в зимних условиях.

Необходимость применения довольно сложных в настройке микроконтроллеров при создании ДУС.

На какие типы ДУС можно устанавливать контроллер АРМ 2.6.

#### **Литература**

Бобцов А.А. Робастное управление по выходу линейной системой с неопределенными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. 2002. № 11. С. 108–117.

Arda Özgür Kivkar Design of control systems for a quadrorotor flight ve-hicle equipped with inertial sensors // Master thesis, Atilim University. 2006.

Bouabdallah S., Noth A., Siegwart R. PID vs LQ control techniques applied to an indoor micro quadrotor // Intelligent Robots and Systems, 2004. (IROS 2004). P. 2451–2456.

Michael A. Demetriou. Design optimization of aquad-rotor capable of autonomous flight // Bachelor thesis, Worchester Polytechnic institute. 2009.

Samir Bouabdallah, Pierpaolo Murrieri, Roland Siegwart Design and control of an indoor micro quadrotor // Robotics and Automation. Proceedings. ICRA. 2004. Vol. 5. P. 4393–4398.

Tommaso Bresciani Modeling, identification and control of a quadrotor helicopter // Master thesis, Lund University. 2008.

Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. М. : Додэка-XXI, 2007. 595 с.

## Практическая работа 2.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

### 2.3.1. Введение

Стремительное развитие общества, технологий требует пере-стройки и в системе образования. При этом особое внимание уделя-ется технологическому образованию. Именно эта сфера позволяет обучить детей навыкам, которые будут востребованы в ближайшей перспективе. Государством поставлена задача – повысить интерес школьников к предметам естественно-математического цикла.

Так как же сделать так, чтобы технологическое образование прочно вошло в современные школы?

Для начала четко уяснить, что образовательная область «Тех-нология» – это не второстепенный предмет, а уникальная воз-можность для студентов отПрактическая работать теоретические знания по ма-тематике, физике, химии, биологии, информатике на практиче-ских примерах. И для этого необходимо современное оборудова-ние, такое как робототехнические лаборатории, 3-D принтеры или современные станки.

Компания «Попков Роботикс» представляет проект, направлен-ный на обучение студентов основам компьютерного зрения, уст-ройству и сборке механической, электрической и электронной час-тей моделей колёсных платформ (робоавтомобилей), их наладке и настройке, перепрограммированию и настройке активных элемен-тов трассы, перепроектированию и изготовлению отдельных дета-лей и узлов стенда.

Образец учебного стенда состоит из автономной программ-руемой модели робоавтомобиля с техническим зрением, который движается по модельной трассе городской среды, соблюдая пра-вила дорожного движения. Робоавтомобиль самостоятельно пе-редвигается, соблюдая безопасную дистанцию, в соответствии с разметкой «дороги», дорожными знаками, сигналами светофоров,

также учитывает текущую сцену на «дороге» и возможных «пешеходов».



*Рис. 2.3.1. Модель ТС «Попков Роботикс»*

### **2.3.2. Подбор материала трассы: толщина, цвет, прочность, гибкость, простота обработки, цена, вещество**

Материал трассы выбирается так, чтобы сделать трассу разборной, компактной.

нашей модели ТС радиус минимального закругления равен 45 см. Преимущество меньшего радиуса – компактность.

Трасса делится на сегменты. В качестве материала мы используем листовой вспененный ПВХ – это легкие и достаточно плотные листы. Прочность материала достаточна для многократного использования, включающего сборку и разборку.

Трасса белого цвета с черной разметкой. Черная линия бархатная, чтобы не было отблесков, и сохранялся контраст между белой основой и черной линией.

Материал трассы гнется – это нужно для совмещения углов при сборке и разборке. Материал достаточно мягкий для ручной обработки, возможна резка ножом. Для элементов трассы рекомендуется использовать толщину 3–6 мм. Материал можно мыть.

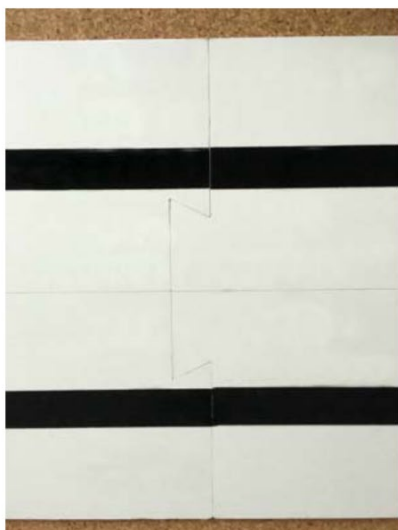


Рис. 2.3.2. Трасса

### 2.3.3. Проектирование и оптимизация раскроя элементов трассы

При вырезке деталей трассы на фрезерно -гравировальном станке прямые сегменты должны быть шириной 60 см и длиной порядка 1 м . Дуговые сегменты также имеют ширину 60 см, и составляют  $\frac{1}{8}$  части круга. Для вырезки на станке необходимо спроектировать сегменты вместе с замками типа «ласточкин хвост» (рис. 2.3.3) в графическом редакторе (например, «Corel draw»), и передать на исполнение. На практике подобран следующий размер замка: ширина 5 см, длина 23 см.

случае использования тонких листов возможна вырезка сегментов вручную острым ножом по шаблону. При этом экономится материал за счет того, что детали замка «ласточкин хвост» не требуют дополнительного материала.



*Рис. 2.3.3. Замок «ласточкин хвост»*

Направленная черная линия шириной 5 см должна быть изготовлена из материала, дающего минимальный отблеск. Это может быть самоклеящийся черный флок (бархат). Использование матовой черной пленки не оправдывает себя.

#### **2.3.4. Техника изготовления элементов трассы (сегментов) вручную**

Необходимо иметь плоскую площадку (например, из ДСП или толстой фанеры) достаточного размера – метровой длины. Прямые сегменты вырезаются по металлической линейке достаточной длины, а дуговые с помощью деревянной рейки, одним концом зафиксированной в центре дуги, а на другом имеющей прорезь для фиксации ножа (самодельный циркуль).

#### **2.3.5. Изготовление черной линии**

Черная линия изготавливается на режущем плоттере или лазерном станке. Радиусов кривизны два: 45 см, считая по центру линии, и 75 см. Нарезанные полосы наклеиваются на сегменты трассы.

---

Можно вырезать черную линию вручную, но точность при этом обеспечить трудно. Полосы черной линии следует максимально аккуратно разместить посередине полос движения. Для удобства на-клейки дуговых полос с точным позиционированием по месту раз-Практическая работана и изготовлена вакуумная многоточечная присоска, дейст-вующая от пылесоса. Она позволила ускорить наклейку полос точно на свои места.

### 2.3.6. Сборка и пайка платы светофора

Сборку светофоров рекомендуется выполнять в следующей по-следовательности:

разместить светодиодные сборки сверху вниз (красная, жел-тая, зеленая), обПрактическая работата флюсом и пропаять выводы с ме-таллизированными отверстиями. С обратной стороны смон-тировать разъем верхней части платы (ключами вниз), под-строечные резисторы и припаять постоянные SMD резисто-ры;  
смонтированные элементы пропаять.



Рис. 2.3.4. Плата трехцветного светофора

Устройство двухцветного светофора отличается отсутствием желтой светодиодной сборки. Двухцветный светофор использует-ся только на въезде на трассу.



*Рис. 2.3.5. Двухцветный светофор*

### **2.3.7. Проектирование и изготовление светофорных стоек на фрезерном станке**

Светофорные стойки для трехцветных светофоров имеют сложную конфигурацию ниши для размещения в ней собранной светофорной платы. В нише предусмотрены отверстия для доступа к регулировочным резисторам, разъему питания и для установки крепежных винтов.



*Рис. 2.3.6. Стойки с нишами для трехцветных светофоров*

---

### 2.3.8. Установка платы в стойку. Закрепление магнита

После установки платы в стойку она закрывается черной без-бликовой накладкой с отверстиями под светодиодные сборки.

Верхней части стоек трехцветных светофоров предусмотрен штырь, на который сверху устанавливается сильный неодимовый магнит северным полюсом вверх. Магниты фиксируются специальными колпачками.



Рис. 2.3.7. Готовые трехцветные светофоры

### 2.3.9. Сборка устройства управления светофорами

Для управления переключением сигналов светофора разработан специальный контроллер. Он обеспечивает работу четырех свето-форов парами в противоположном режиме. К нему подключается батарея питания.

Устройство управления светофорами выполнено на печатной плате с помощью SMD элементов и собственным микроконтроллером.

Печатная плата выполнена заводским способом. На ней предусмотрено размещение 6 одинаковых схем подачи напряжения на светодиодные сборки, управляемых общим микроконтроллером. Три схемы обслуживают одну пару сборок и три вторую. На плате имеется два выходных разъема для подключения кабельной разводки. Плоские индикаторные светодиоды, размещенные под разъ-

## Раздел 2. Проектирование робототехнических систем

емами, показывают какой сигнал включился на каждом из них. На плате предусмотрен четырехконтактный разъем, позволяющий пе-репрограммировать режим работы светофоров.

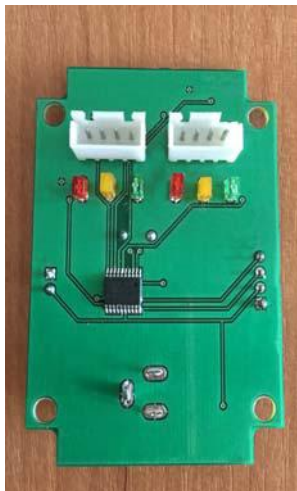


Рис. 2.3.8. Плата управления светофорами перекрестка



Рис. 2.3.9. Устройство управления светофорами в корпусе

---

Устройство управления светофорами располагается возле одно-го из светофоров, к нему подключается блок питания на четырех батарейках формата АА.

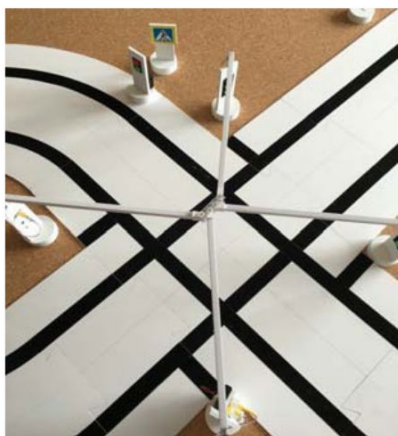


*Рис. 2.3.10.* Стойка светофора с блоком питания и устройством управления светофорами

#### **2.3.10. Распайка кабельной разводки для перекрестка**

Схема включения сигналов светофоров предполагает наличие кабельной разводки, расположенной внутри лучей складной крестовины. Разводка выполнена из плоского шлейфа шириной в четыре многожильных провода.

Крестовина выполнена из кабель-канала сечением от 10×10 мм до 16×16 мм. На концах ее лучей снизу закреплены магниты, ориентированные так же, как и на светофорах (северным полюсом вверх, южным вниз). Благодаря этому лучи крестовины моментально «приклеиваются» к макушкам светофоров, которые должны быть предварительно расставлены по углам перекрестка, и остается только соединить разъемы.



*Рис. 2.3.11. Складная крестовина для коммутации светофоров*

При подключении источника питания напряжением 5–8 В к устройству управления светофоры начинают обрабатывать запрограммированный режим.



*Рис. 2.3.12. Складная крестовина в собранном виде*

Для успешного распознавания сигналов светофоров яркость свечения сборок должна быть отрегулирована в соответствии с ос-  
125

---

вещенностью трассы. Чем ярче общая освещенность, тем ярче должны гореть светодиоды.



*Рис. 2.3.13.* Магниты для крепежа и сборки

#### **2.3.11. Сборка крестовины с кабельной разводкой и магнитами**

Разъемы на кабелях защищены от обрывания термоклеем, за-крытым специальными накладками и зафиксированным термоуса-дочной трубкой. Практика эксплуатации показала достаточную надежность такой защиты.

#### **2.3.12. Контроллер ArduShield**

Базовая конструкция микроконтроллерных плат семейства Ar-duino допускает лишь небольшие токи – до 50 мА, поэтому необ-ходимы дополнительные устройства , которые могли бы управлять включением цепей питания силовых моторов.



*Рис. 2.3.14. Плата контроллера*

ArduShield представляет собой комбинацию упрощенной версии платы Arduino «Leonardo» и одноканального драйвера (Motor Shield DF Probot). В результате удалось существенно уменьшить габариты и повысить надежность соединений. В настоящее время проходит испытание новая версия ArduShield с улучшенными характеристиками питания и добавленным в конструкцию зуммером. Улучшен дизайн корпуса, части которого соединяются между собой с помощью защелок. Разъем питания перенесен в среднюю часть, что облегчает подключение разъема питания, ранее упиравшегося в стойку поддерживающую кузов. Корпус выполнен методом 3D печати из черного пластика.

Через контроллер происходит управление всеми активными элементами конструкции машины:

- тяговый мотор (силовой);
- сервомотор (для поворота рулевых передних колес);
- энкодер (для определения скорости машины);
- связь с одноплатным компьютером (получение от него данных, определяющих скорость движения робоавтомобиля и угол поворота рулевых колес).

На контроллере имеется 7 разъемов, разнесенных на противоположные стороны для удобства подключений. Снизу (по рисунку

находятся разъем USB-B для программирования контроллера и разъем питания. Во входной цепи питания выполнена импульсная трансформация тока к номиналу 5В без потерь на тепло.

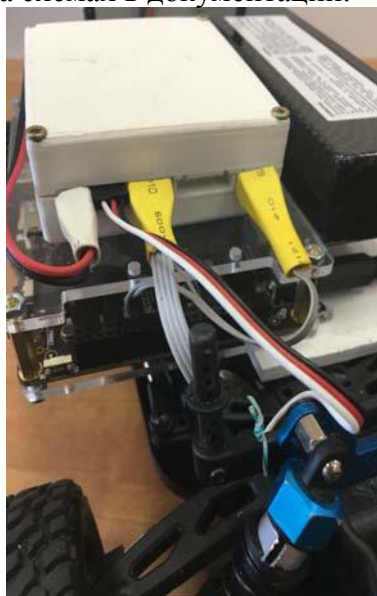
---

Для управления внешней иллюминацией (светодиодной) предусмотрен шестиконтактный разъем, через который включаются фары, стоп-сигналы и поворотники. На двухконтактный разъем выведено питание силового мотора. Один трехконтактный разъем служит для связи с одноплатным (бортовым) компьютером по интерфейсу UART, второй для связи с сервомотором. Четырехконтактный разъем служит для связи с энкодером.

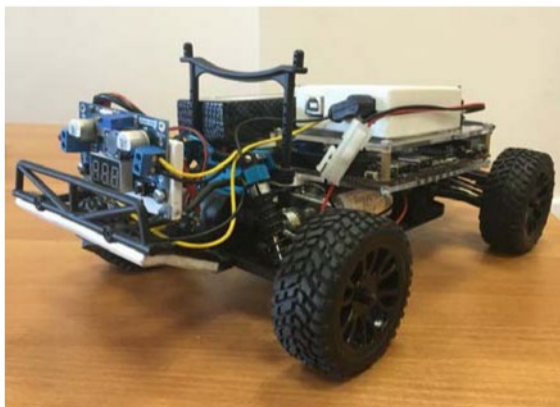
Сборку контроллера следует поручать специалистам, т.к. это тонкая и ответственная Практическая работа.

### **2.3.13. Сборка кабельных шлейфов для машинок**

Связь активных элементов конструкции машинки с контроллером обеспечивается соответствующими набору разъемов шлейфа-ми. Образцы шлейфов приведены на фотографиях и на схемах в документации.



*Рис. 2.3.15. Шлейфы*



*Рис. 2.3.16. Шлейфы на робоавтомобиле без кузова*

#### **2.3.14. Сборка кабельной разводки кузова со светодиодами внешней иллюминации**

Для усиления впечатления от модели ТС его кузов оборудован светодиодами внешней иллюминации и сигнализации (внешними световыми приборами).



*Рис. 2.3.17. Светодиоды внешней иллюминации*



*Рис. 2.3.18.* Светодиоды внешней иллюминации



*Рис. 2.3.19.* Шлейфы для иллюминации



*Рис. 2.3.20. Шлейфы для иллюминации*

### **2.3.15. Установка выключателей**

На модели робоавтомобиля используется две батареи питания, включение которых в бортовую сеть обеспечивается парой выключателей, размещенных в задней части на специальной самодельной плате.



*Рис. 2.3.21. Выключатели*

---

Необходимо, чтобы они были жестко закреплены на конструкции машинки и были доступны в любое время.

Форма платы зависит от конкретной конструкции базовой платформы. Провода к выключателям и от них распаивают согласно схеме, приведенной в документации.

### **2.3.16. Установка стабилизатора питания, проверка номинала и полярности**

Бортовой одноплатный компьютер требует стабилизирующего питания, не зависящего от работы моторов. Для стабилизации применяется устройство с индикацией входного и выходного напряжения. Рабочее входное напряжение составляет 6–8 В, выходное 5–5,3 В. Стабилизатор располагается в задней части робомобиля. Он закрепляется в таком положении, чтобы индикация была видна как при снятом кузове, так и при установленном.



*Рис. 2.3.22. Устройство с индикацией*

На стабилизаторе имеется цифровая индикация. С помощью подстроечного резистора необходимо отрегулировать выходное напряжение так, чтобы оно всегда находилось в диапазоне 5,0–5,3 В.

После установки полностью заряженной литий-полимерной батареи необходимо отключить разъем питания одноплатного компьютера и отрегулировать выходное напряжение.

ходе эксплуатации модели ТС батарея теряет заряд, и напряжение, подаваемое ею, уменьшается. После зарядки батареи необходимо до подключения одноплатного компьютера отрегулировать выходное напряжение, и только после этого подключать разъем питания компьютера. В противном случае повышенное напряжение питания может безнадежно испортить бортовой компьютер.

Примечание: при монтаже проводки стабилизатора напряжения

одноплатному компьютеру необходимо также убедиться в том, что на центральном проводнике (контакте) разъема имеется плюсовое напряжение, а на внешнем земля.

### **2.3.17. Сборка электроники машинки, в том числе одноплатника**

Управление движением модели ТС осуществляется на основе обработки видеоинформации одноплатным компьютером типа «Firefly» или «Orange Pi Plus». На изображения, которые получают с камеры робоавтомобиля накладываются некоторые метки и выделения, а именно: верхняя правая четверть кадра – знаки и светофоры (область интереса).



*Рис. 2.3.23.* Одноплатный компьютер Orange Pi Plus



Рис. 2.3.24. Скриншот с экрана



Рис. 2.3.25. Скриншот с экрана

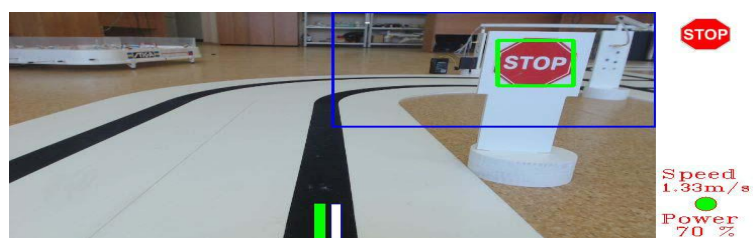


Рис. 2.3.26. Скриншот с экрана

На рис. 2.3.24 показана ситуация, когда распознан зеленый сигнал светофора. Область светофора выделена прямоугольником. На

светофоре заметны геометрические искажения, обусловленные широким углом поля зрения камеры. В нижней части кадра две метки: белая и зеленая. Белая – середина кадра, а зеленая – середина направляющей черной линии.

На контрольном мониторе видна дополнительная расшифровка:

какой сигнал в кадре; 2) как действовали на исполнительные механизмы (моторы) робота.

На рис. 2.3.24 86% – это мощность, которая приводит к скорости 1,33 м/с. Скорость измеряется с помощью энкодера, установленного в трансмиссии.

Контрольный компьютер (одноплатник) стоит в пределах видимости по WiFi. В наборе идет ПО для компьютера / ноутбука.

На рис. 2.3.25 обнаружен знак пешеходного перехода. Мощность, подаваемая на мотор, уменьшилась, и появилась контрольная картинка в верхней части информационной панели.

На рис. 2.3.26 обнаружен знак «STOP», после чего машина выполняет плавное замедление и останавливается у знака.

На одноплатном компьютере устанавливается ОС Linux, библиотека Open CV и серверное ПО собственной разработки, в которое заложены алгоритмы распознавания дорожной обстановки (черная линия, стоп-линия, светофоры, знаки, препятствия). Питание на бортовой компьютер передается с выхода стабилизатора питания. По интерфейсу «UART» одноплатный компьютер соединяется с автомобильным контроллером. Получив с одноплатного компьютера информацию, автомобильный контроллер вырабатывает сигналы на разъемы исполнительных устройств.

### **2.3.18. Пешеходный переход**

Пешеходный переход выполнен в виде портала (широкой буквы «П»). В верхней части на зубчатом ремне подвешены фигурки людей – по одной с двух сторон. Пешеходный переход Практическая работает в

стадии:

Фигурки приближаются к переходу, машинки движутся.

Фигурки останавливаются и ожидают проезд автомобилей, находящихся на пешеходном переходе; приближающиеся к пешеходному переходу автомобили останавливаются.

Фигурки пересекают обе полосы движения.

Фигурки удаляются от пешеходного перехода, автомобили возобновляют движение. ПО на бортовом одноплатнике должно распознать пешехода, находящегося на переходе и подождать, пока он его покинет. Затем возобновить движение машинки после того, как пешеходы удалятся.



Рис. 2.3.27. Пешеходный переход

### **Тестовые вопросы**

Какие устройства робомобиля не следует разбирать на детали? а) редуктор тягового мотора, сервомотор и амортизаторы б) дифференциал, ArduShield в) бортовой компьютер

Какие колеса имеют регулировки развала?

- а) передние и задние
- б) задние
- в) передние

3. Какие колеса имеют регулировки схождения?

- а) передние и задние
- б) задние
- в) передние

При повороте направо какие колеса вращаются быстрее? а) передние б) задние

в) правые

г) левые

Что показывает цифровой индикатор стабилизатора? а) входное напряжение при зеленом светодиоде б) выходное напряжение при зеленом светодиоде в) выходное напряжение при красном светодиоде

### ***Контрольные вопросы***

Назовите основные элементы учебной платформы SmartCar.

Перечислите последовательность сборки светофоров.

Алгоритм работы пешеходного перехода.

Объяснить, куда девается излишек тока.

Схема включений / выключений сигналов светофоров на пере-крестке.

### ***Литература***

Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робо-тотехнике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллекту-альные технические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

## Практическая работа 2.4. УСТРОЙСТВО, СБОРКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ СВЕТОФОРОВ

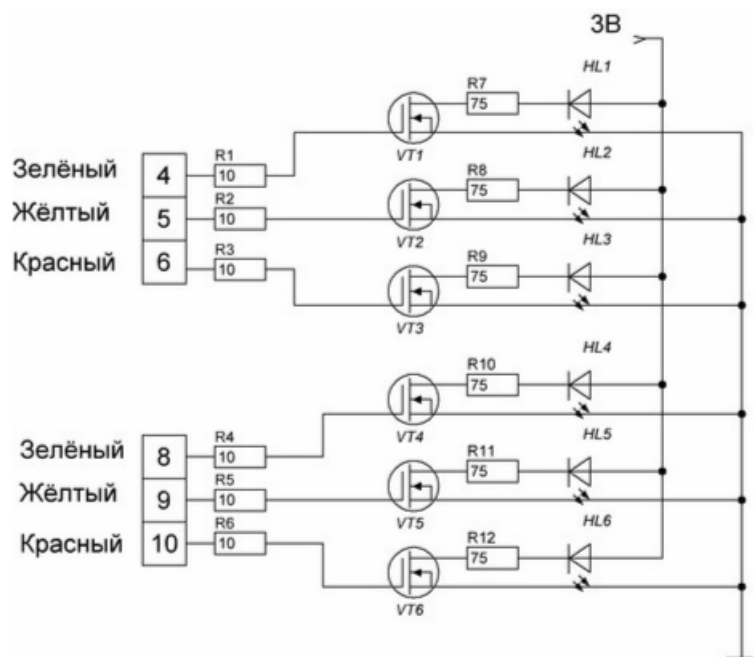
### 2.4.1. Введение

Лабораторная Практическая работа посвящена изучению устройства светофоров, схемы коммутации на перекрестке, платы управления и программированию выдачи сигналов.

Движение робомобилей через регулируемый четырехсторонний перекресток управляется четырьмя трехцветными светофорами, выполненными из светодиодных сборок диаметром 20 мм. Элементы светофоров устанавливаются на специальные печатные платы. Верхний сигнал – красный, нижний – зеленый. Светодиодные сборки располагаются на лицевой стороне плат. Над верхним сигналом с обратной стороны платы размещается 4-контактный разъем «вилка», ключевыми прорезями вниз. На той же обратной стороне размещаются подстроечные двухсторонние и постоянные резисторы на каждый цвет. Обратная сторона платы отличается наличием двух или трех пар квадратных металлизированных площадок, на которые напаиваются подтягивающие SMD резисторы номиналом 220 Ом для красного и 10 Ом – для желтого и зеленого цветов.

Отверстия для ножек светодиодных сборок выполнены с незначительным допуском, что требует большой аккуратности при установке сборок. Установленные сборки необходимо обПпрактическая работать флюсом и аккуратно пропаять маломощным паяльником с тонким наконечником. Такую пайку удобнее всего вести тонкой прово-лочкой припоя, касаясь ею на пару секунд металлизированного отверстия и ножки (вывода). Жало паяльника при этом должно касаться всех трех элементов одновременно – металлизация отверстия, ножка и припой.

**Внимание!** Если паяльник хорошо прогрет, то расплавленный припой мгновенно обволакивает ножку вывода и металл кольца, обеспечивая надежное электрическое соединение. Формой припой напоминает аккуратный вогнутый конус.

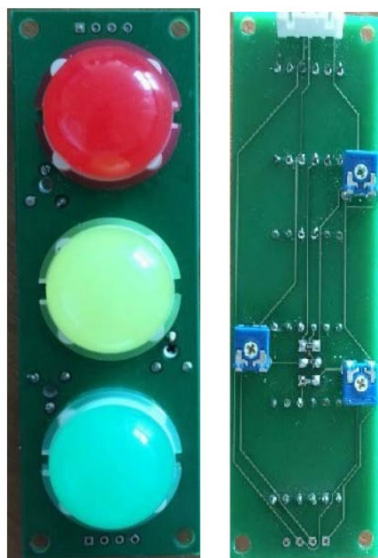


После того, как светодиодные сборки установлены и припаяны, можно установить остальные элементы по образцу (или фотографии) и припаивать их.

#### **2.4.2. Сборка и пайка платы светофора**

Сборку светофоров рекомендуется выполнять в следующей по-следовательности:

разместить светодиодные сборки сверху вниз (красная, жел-тая, зеленая), нанести флюс и пропаять концы выводов в местах контакта с металлизированными отверстиями. С обратной стороны смонтировать разъем в верхней части платы (ключами вниз) и пе-ременные резисторы. Пропаять все места контактов выводов с отверстиями.



Плата трехцветного светофора (вид спереди и обратная сторона)

### **2.4.3. Изготовление светофорных стоек на фрезерном станке**

Светофорные стойки для трехцветных светофоров имеют сложную конфигурацию ниши для размещения в ней собранной светофорной платы. В нише предусмотрены отверстия для доступа

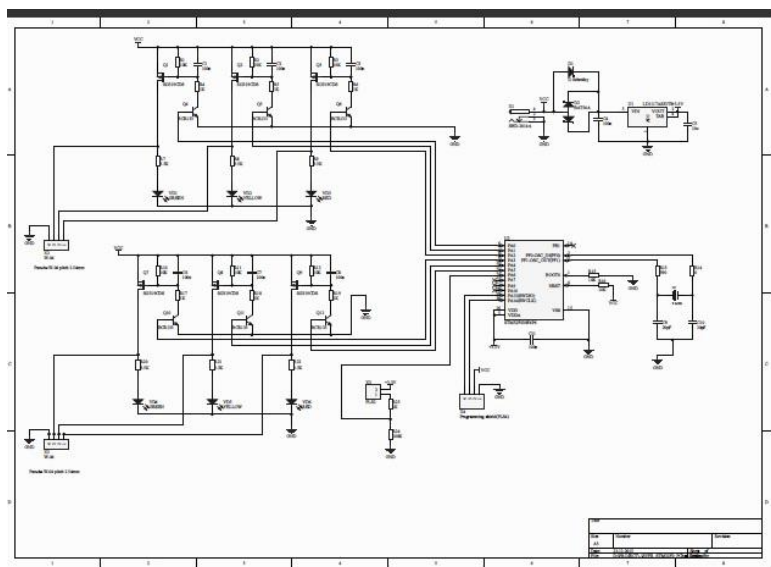
регулирующим резисторам, разъему питания и для установки крепежных винтов.

Полностью собранные таким образом платы необходимо проверить на работоспособность, подав рабочее напряжение 4–8 вольт на крайнюю минусовую (с квадратной металлизацией) ножку и плюс на соседние ножки (зеленый, желтый и красный цвет). Отрегулировать подстроечными резисторами требуемую (одинаковую на глаз) яркость свечения сборок.

Углы плат закруглить напильником или откусить под 45° треугольники размером не более 2 мм. Иначе платы не встанут в пазы стойки, у которых в углах имеется закругление, оставшееся от фрезы. Собранные платы необходимо отмыть от флюса. Это делается с по-

мощью какого-нибудь растворителя или изопропилового спирта чистой зубной щеткой. Промытые платы вытереть насухо тряпкой.

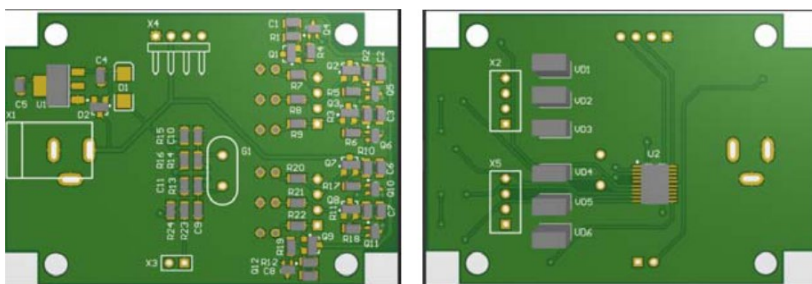
Подготовленные таким образом платы установить в стойки. Для увеличения контраста между включенными и выключенными светодиодными сборками в конструкции светофоров предусмотрены коллективные бленды. Они имеют вид кирпичика с отверстиями, оклеенные пленкой с черным бархатным напылением. Подготовленные бленды фиксируются на стойках саморезами с обратной стороны сквозь отверстия в платах светофоров, размещенных в нишах стоек.



На верхних концах стоек трехцветных светофоров устанавливаются сильные неодимовые магниты. Их назначение – мгновенное присоединение и удерживание концов крестовины с проводами для подключения светофоров. Магниты имеют квадратную форму размером 10×10 или 8×8 мм. Их закрепляют на вершинах стоек с помощью жестяных колпачков, ориентируя северным полюсом вверх. На концах крестовины также имеются магниты, со-ориентированные северным полюсом вверх, а южным вниз. Магни-

ты стоек и крестовины притягиваются друг к другу со значительным усилием, благодаря этому монтаж светофоров на перекрестке получается очень простым и быстрым. Определить полюса магнитов можно по стрелке компаса или вспомнив соответствующий опыт с плавающей иглой из школьного курса физики. Если же имеются правильно ориентированные и закрепленные на деталях стенда магниты, то новые можно закреплять, предварительно проверив, какой стороной они притягиваются, например, к южному полюсу. Повторим: все магниты на крестовине и на стойках должны быть ориентированы одинаково, северным полюсом вверх.

Для четырехстороннего перекрестка требуется четыре светофора, Практическая работающих парами в «противофазе». Управление сигналами обеспечивает специально разработанный контроллер, принципиальная схема которого показана выше, а монтажные схемы приведены на следующих рисунках.



Логикой переключения сборок управляет микроконтроллер STM32F030F4P6 [1]. Заложённая в него разработчиками стенда программа может быть изменена с помощью программатора, порядок работы с которым приведен ниже. Для работы ПУ требуется питание 5 В постоянного тока не более 500 мА.

Для работы с микроконтроллером понадобится:

- Компьютер с ОС Windows 7/8/10.
- Программатор и драйвера для него.
- Шнур USB-A – USB-B.
- Плата управления светофорами.
- 4 провода для связи программатора и платы.

данной инструкции для примеров используется программатор ST-Link, установленный на плате STM32F0-DISCOVERY, но вы можете использовать свой программатор.

### ***Установка необходимого программного обеспечения.***

#### **1. Установка среды разработки Keil uVision.**

Для установки Keil uVision необходимо зайти на сайт [www.keil.com](http://www.keil.com), перейти в раздел Download, выбрать пункт Product Downloads, выбрать пункт MDK-ARM, заполнить форму и скачать среду разработки. После чего необходимо установить среду разработки.

#### **1.2. Установка драйверов для программатора ST-Link.**

Этот пункт рассмотрен для программаторов ST-Link, если у вас используется другой программатор, посмотрите, как его настроить.

Для установки драйверов для программатора ST-Link необходимо перейти по [ссылке](#), промотать в низ страницы и скачать файл, приняв условия соглашения. После распаковки архива запустить файл dpinst\_amd64, если у вас 64-битная система, или dpinst\_x86, если у вас 32-битная система, после чего проследовать всем этапам установки.

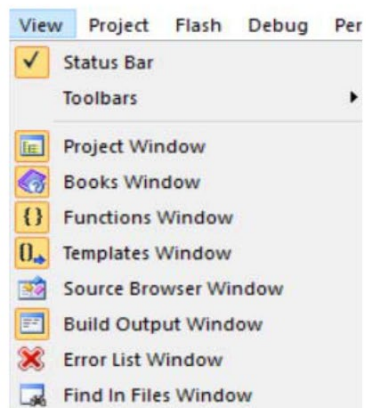
### ***Запуск проекта в Keil uVision и настройка программы.***

#### **1. Запуск проекта в Keil uVision.**

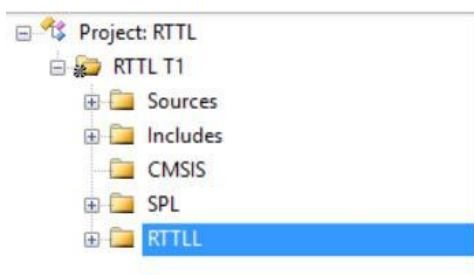
Для запуска проекта в Keil uVision необходимо открыть папку Keil Project и запустить файл RTTL.

#### **2.2. Настройка программы.**

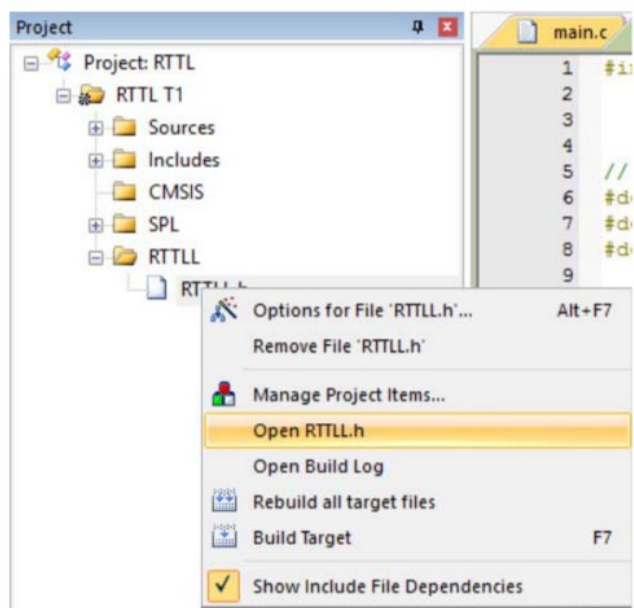
После открытия проекта найдите в верхнем меню пункт View и убедитесь, что пункт Project Window включен.



После этого перейдите в окно Project и нажмите на «плюс» на-против папки RTTLL.



раскрывшемся списке найдите файл RTTLL.h, нажмите на него правой кнопкой и нажмите на пункт Open RTTLL.h



Рассмотрим открывшийся файл. Первая секция – Pins Defines – отвечает за установку соответствия между сигналами светофора и «ножками» выводов микропроцессора. Эту секцию трогать не нужно!

```
5 // ----- Pins Defines -----
6 #define GREEN_1 GPIO_Pin_0
7 #define YELLOW_1 GPIO_Pin_1
8 #define RED_1 GPIO_Pin_2
9
10 #define GREEN_2 GPIO_Pin_3
11 #define YELLOW_2 GPIO_Pin_4
12 #define RED_2 GPIO_Pin_5
13 // -----
```

Далее идёт секция Time Defines, отвечающая за длительность сигналов светофора. Все значения указаны в миллисекундах.

---

```
17 // ----- Time Defines -----
18 #define RED_ON      10000
19 #define YELLOW_ON   3600
20 #define GREEN_BLINK 3600
21 #define GREEN_ON     (RED_ON - GREEN_BLINK)
22 // -----
```

Первая константа – RED\_ON – отвечает за время «горения» красного сигнала светофора.

Вторая константа – YELLOW\_ON – отвечает за время «горе-ния» жёлтого сигнала светофора.

Третья константа – GREEN\_BLINK – отвечает за время «мига-ния» зелёного сигнала светофора.

Последняя константа – GREEN\_ON – отвечает за время «горе-ния» зелёного сигнала светофора. Высчитывается как «горение» красного минус «мигание» зелёного.

Последняя секция – Sub Defines – определяет количество «ми-ганий» зелёного сигнала светофора.

```
26 // ----- Sub Defines -----
27 #define NUMBER_OF_BLINKS 3
28 // -----
```

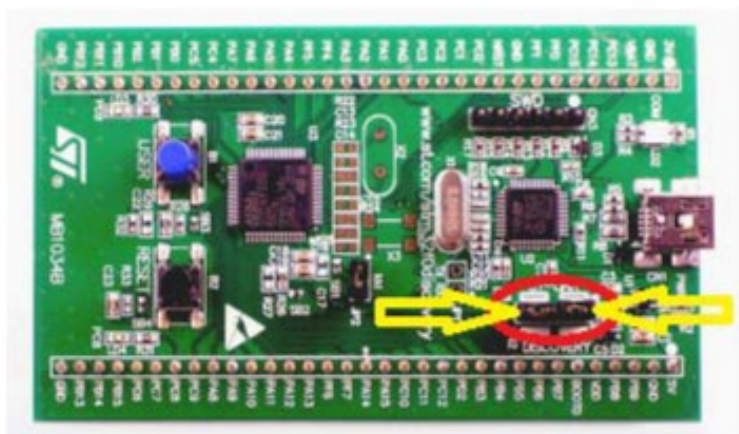
### ***Подготовка к загрузке программы на плату.***

#### **1. Подготовка программатора.**

Этот пункт рассмотрен для платы STM32F0DISCOVERY. Если

вас используется другой программатор, посмотрите, как его на-строить.

Для того, чтобы плата перешла в режим программатора необ-ходимо снять два «джапера», указанных на рисунке.



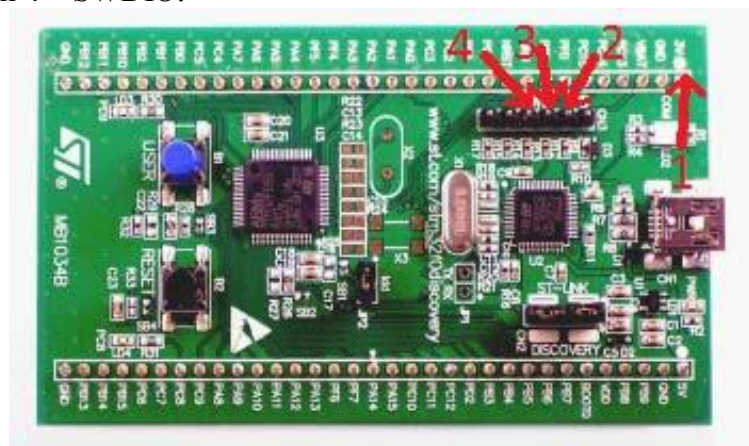
После чего необходимо найти нужные пины для подключения к плате и перейти к следующему пункту.

Пин 1 – 3V(питание);

Пин 2 – SWCLK;

Пин 3 – GND;

Пин 4 – SWDIO.



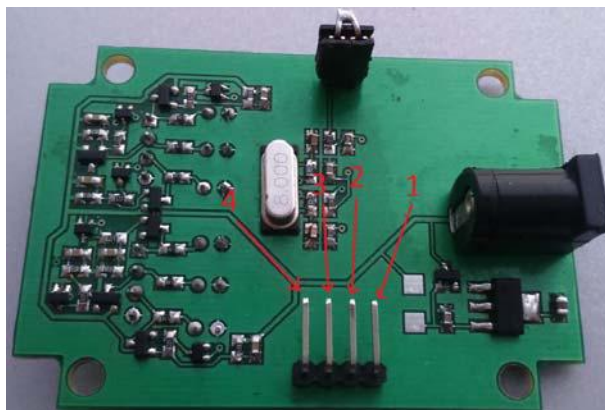
### 3.2. Соединение программатора и платы.

Чтобы соединить программатор и плату, необходимо связать пины программатора с соответствующими пинами платы.

Пин 1 – GND;

---

Пин 2 – VCC(питание);  
Пин 3 – SWCLK;  
Пин 4 – SWDIO.



После того, как вы соедините проводами соответствующие пи-ны, необходимо соединить программатор и компьютер USB-шнуром (джамперы должны быть сняты!).



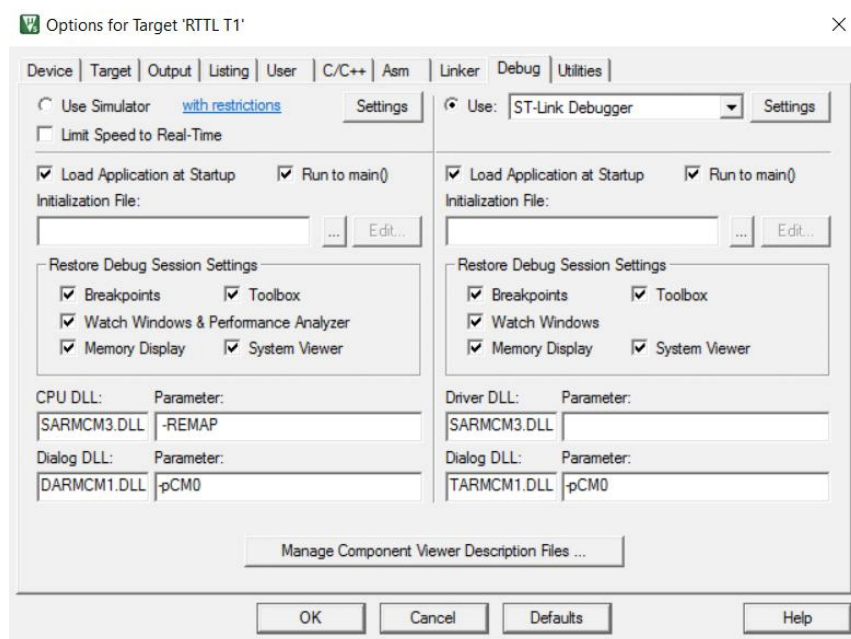
### Загрузка программы на плату.

#### 4.1. Настройка проекта Keil uVision под плату.

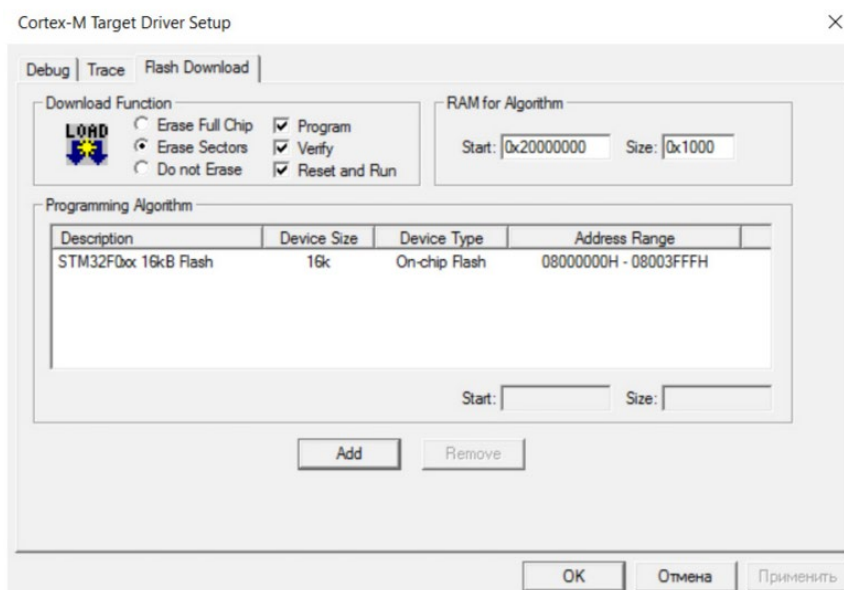
Откройте файл RTTL в папке Keil Project и найдите в верхнем меню кнопку Options for Target.



Нажав на эту кнопку, вы увидите открывшееся окошко. Перейдите в пункт Debug. В пункте Use (в правом верхнем углу) выберите ST-Link Debugger (или ваш Debugger) и нажмите Settings.

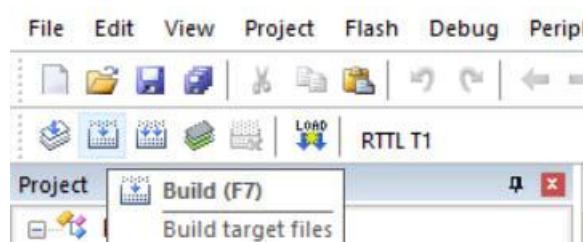


Далее перейдите в пункт Flash Download и отметьте пункты Program, Verify и Reset and Run. После чего нажмите «Применить», затем «ОК».



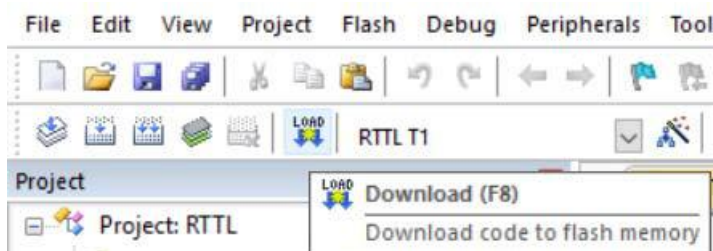
#### 4.2. Сборка проекта в Keil uVision.

Затем в верхнем меню найдите кнопку и нажмите Build или F7.



#### 4.3. Загрузка проекта на плату.

После найдите и нажмите в верхнем меню кнопку Download или F8. Дождитесь конца загрузки и отсоедините провода от платы.



**Тестовые вопросы**

Каковы диаметры используемых светодиодных сборок? а) 25мм б) 20мм в) 30мм

Сколько светодиодов находится в одной сборке?

- а) 2
- б) 4
- в) 6

В каком режиме должны Практическая работать светофоры, расположенные по диагонали четырехстороннего перекрестка?

- а) синхронно б) несинхронно в) поочередно

Чем регулируется переключение сигналов светофора?

- а) источником питания
- б) устройством управления
- в) приближающимся роботом

Для чего на складной крестовине закреплены неодимовые магниты?

- а) для повышения напряжения питания
- б) для фиксации крестовины на светофорных стойках в) для лучшей работы светофоров

**Контрольные вопросы**

Зачем нужны магниты в светофорном объекте?

Какой контроллер используется в плате управления?

---

Какой применяется способ для увеличения контраста на изображении включенных и выключенных сигналов?

Что применяется в качестве лампочек в светофорах?

### **Литература**

<http://freedelivery.com.ua/elektronika-52/chipy-187/chip-stm32f030f4p6-stm32f030-mikrokontroller-2804.html>

Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

## **Раздел 2. Проектирование робототехнических систем**

### **Практическая работа 2.5. УСТРОЙСТВО, РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА РОБОАВТОМОБИЛЯ**

Целью работы является подробное знакомство с устройством робоавтомобиля путем его полной разборки, изучения конструкции деталей, последующей сборки в исходное состояние и выполнение регулировок.

**Рабочее место.** Для успешной разборки/сборки следует подготовить достаточно большую свободную площадь на столе длиной около одного метра и шириной 50–60 см, инструменты: крестовые отвертки разных размеров (3,1 мм, 2,45 мм), плоская отвертка шириной 2,4 мм, торцовые гаечные ключи М4, М3, ключ-шестигранник 1,6 мм, фотоаппарат (достаточно камеры на сотовом телефоне). Свободную площадь полезно окружить бортиками, чтобы исключить скатывание мелкого крепежа.

#### **Техника разборки:**

**Правило 1.** Разбираем только то, что скреплено винтами, гайками и саморезами либо держится за счет тугой посадки деталей одна на другую.

**Правило 2.** Инструмент для (за)откручивания — отвертки, гаечные ключи подбирать строго по размеру шлицев крепежных элементов.

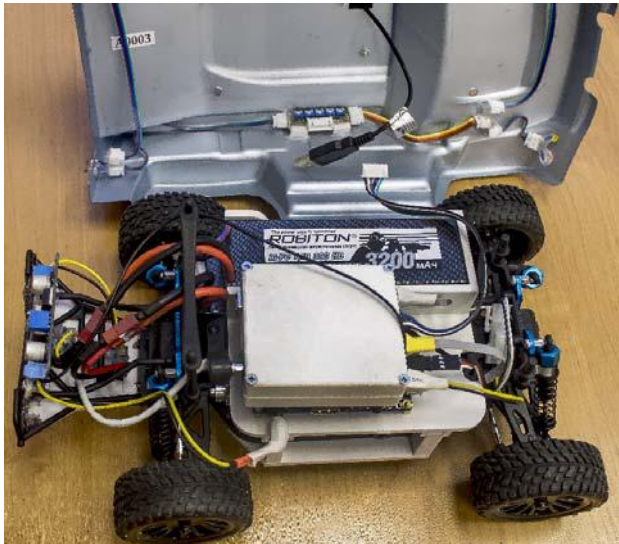
**Правило 3.** Не применять чрезмерных усилий, особенно при закручивании. Избегать срыва инструмента и повреждения шлица. Дойдя до упора, повернуть инструмент еще на  $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$  оборота.

**Правило 4.** Абсолютное большинство винтов, гаек и саморезов выполнено с правой резьбой. Это означает, что при (за)вкручивании вращение инструмента должно быть вправо, то есть по часовой стрелке, а при (от)выкручивании, наоборот, влево, против часовой стрелки.

**Правило 5.** Саморезы вкручиваются в пластик, винты вкручиваются в отверстия с резьбой в металле или на их выступающие концы накручиваются гайки.

**Порядок разборки.** Разбирать робоавтомобиль следует этапами, фиксируя на фото состояние машинки после каждого этапа. Сначала выключить питание электроники и моторов, если оно было

включено. Выдернуть из пластиковых стоек 4 проволочные серьги-фиксаторы, снять кузов, отсоединить цветной 6-проводный шлейф питания внешних световых приборов и черный кабель с USB-разъемом от веб-камеры (рис. 2.5.1).



*Рис. 2.5.1. Снятие кузова*

Все снятые детали разложить компактно на левом краю свободной площади так, чтобы они были видны. Снимать камеру с кузова разрешается только по указанию преподавателя. Для очередного снятия выбирать детали, наиболее отдаленные от центра модели. Снятые на текущем этапе детали расположить правее деталей, снятых на предыдущем этапе, на некотором расстоянии (2–3 см). Можно разграничить группы деталей полосками белой бумаги (малярным скотчем и пр.). Этапом может быть группа однотипных действий, например, снятие четырех колес. Или снятие какого-нибудь узла, например, мотора. Снятые детали осмотреть для знакомства с их конструкцией и наличием возможных повреждений.

результате полной разборки робоавтомобиля должна образоваться «дорожка» кучек деталей слева направо. Не разбирать редуктор

тягового мотора, сервомотор и амортизаторы. В модели робоавто-мобиля есть 5 тяг с регулируемой длиной. Это стальные стержни с отверстием в центре и резьбой на концах, причем резьбы разные – правая на одном конце и левая на другом. На концы навинчены детали, предназначенные для соединения с другими подвижными элементами конструкции. Перед разборкой тяг наклеить на них кусочки скотча так, чтобы было видно, до каких пор потом надо будет накрутить соединительные детали. Кроме того, на каждую тягу наклеить бумажную пометку с текстом типа «левая передняя» или «рулевая к сервомотору». Разобранную на детали модель предъявить преподавателю.

Сборку робоавтомобиля начинать только после команды преподавателя. Сборку следует вести строго в обратном порядке этапов, то есть беря детали для установки только из правой крайней кучки «дорожки». Получившееся на очередном этапе состояние робоавтомобиля необходимо сверять с соответствующим фотоснимком. Бумажные пометки и кусочки скотча удалять по мере установки деталей. Случайно упавшие со стола детали необходимо немедленно находить и возвращать на место. При невозможности найти деталь обратиться за помощью к преподавателю. Не допускается продолжать сборку при потере любой, даже самой мелкой и «не-значительной» детали.



Рис. 2.5.2. Правильный развал задних колёс



*Рис. 2.5.3. Неправильный развал задних колёс*

Полностью собранную, но еще без кузова, модель предъявить преподавателю и после осмотра им выполнить механическую на-стройку. Она заключается в установке правильного развала задних колес и правильного схождения передних. Правильность развала проверяют угольником (90 градусов). Приставить угольник вертикально к середине заднего колеса, оперев его о плоскую поверхность, на которой находится робоавтомобиль. Плоскость угольника должна быть перпендикулярна продольной оси модели. Верхняя и нижняя точки колеса должны одновременно касаться угольника.

Изменить наклон колеса следует вращением центрального стержня его тяги, добиваясь ее удлинения или укорочения (рис. 2.5.4).



*Рис. 2.5.4. Регулировка наклона колеса*

Схождение передних колес проверяется линейкой, приставленной одновременно к центрам переднего и заднего колес. Передние колеса при этом должны смотреть «прямо». Передняя и задняя точки переднего колеса должны одновременно касаться линейки.



Рис. 2.5.5. Правильное схождение передних колёс

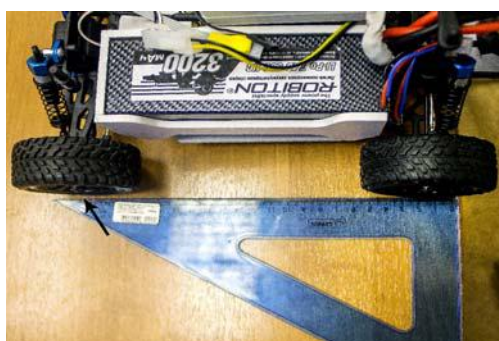
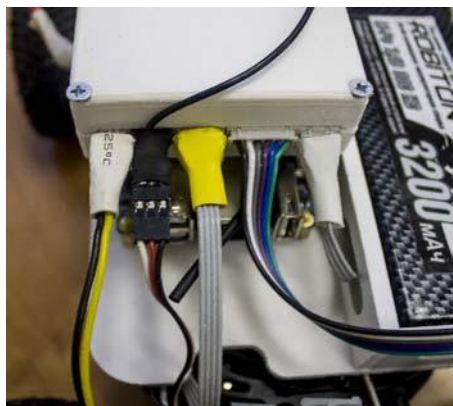


Рис. 2.5.6. Неправильное схождение передних колёс

---

## ПОДРОБНАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО РАЗБОРУ МАШИНКИ

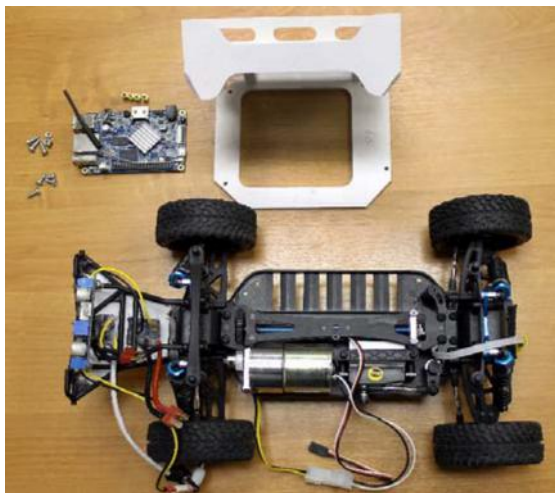
После того, как сняли кузов, отсоединив 6-проводный шлейф и USB-кабель, нужно отсоединить все оставшиеся провода.



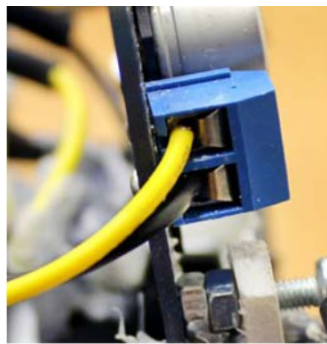
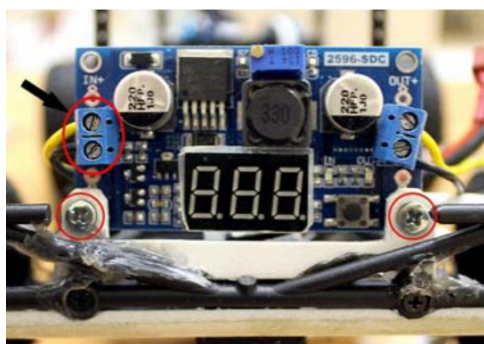
Далее следует снять контроллер ArduShield.



Далее снимаем одноплатный компьютер Orange Pi Plus и каркас с батареями.

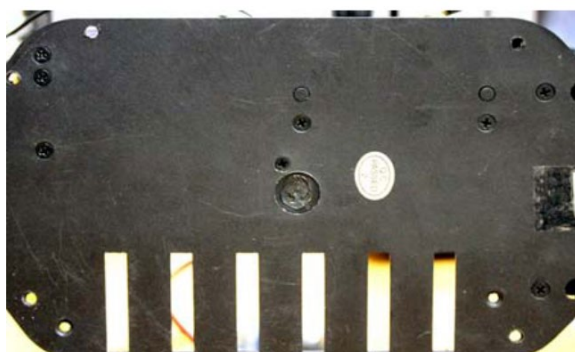


Снимаем стабилизатор напряжения. Перед тем, как открутить винты, на которые крепится стабилизатор, ослабим винтовые зажимы и вынем провода., которые отмечены на рисунке стрелкой.

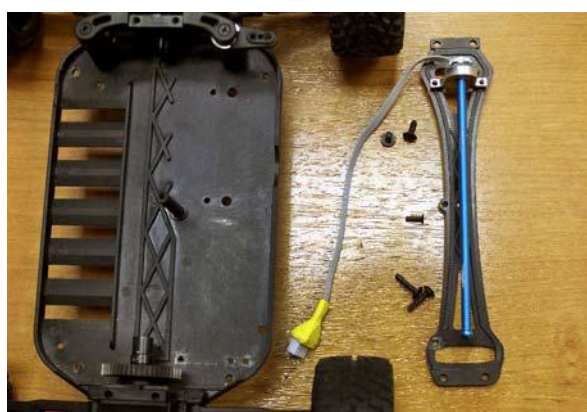


---

Теперь откручиваем сервомотор и двигатель.



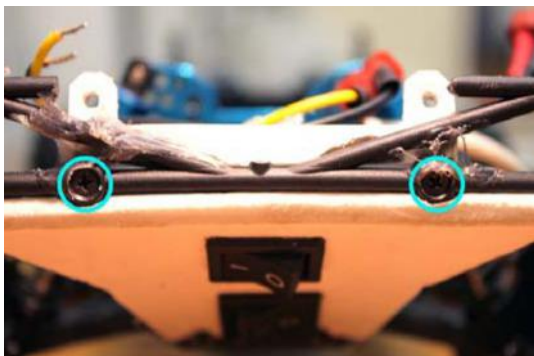
Снимаем энкодер.

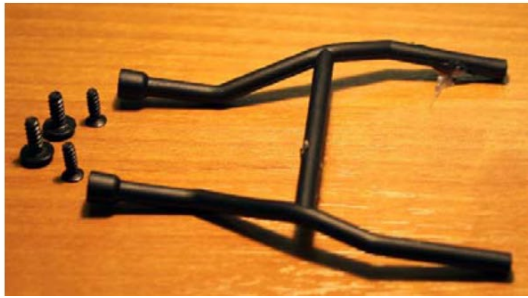
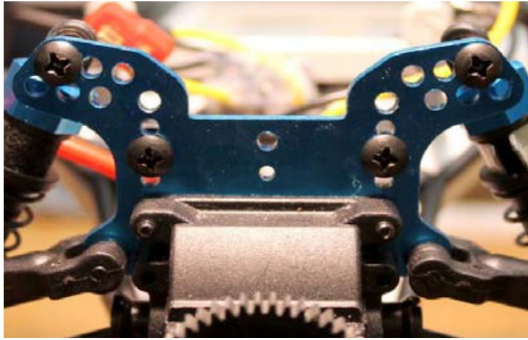


Снимаем пластмассовую рамку.



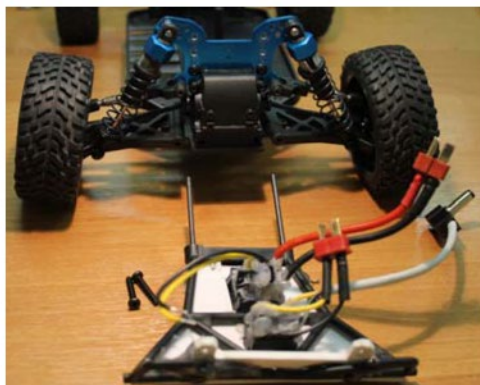
Снимаем детали крепления заднего бампера.



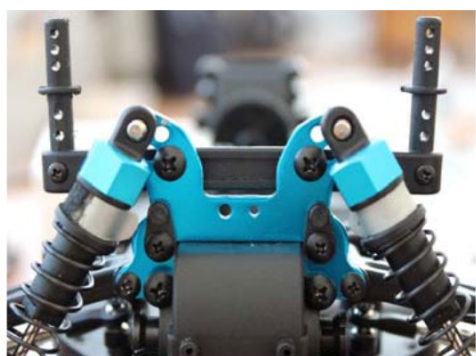


Скручиваем винты, удерживающие задний бампер.



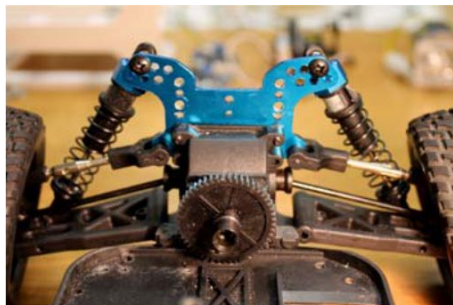


Снимаем рамку (передние колёса).

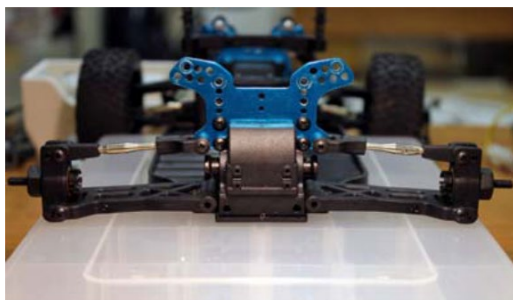


---

Откручиваем винты, удерживающие амортизаторы с пружинами на переднем и заднем мостах.



Снимаем элементы конструкции заднего моста вместе с колёсами.



Откручиваем винты, удерживающие тяги колёс.





Аналогично пункту 12 снимаем элементы переднего моста вместе с колесами.

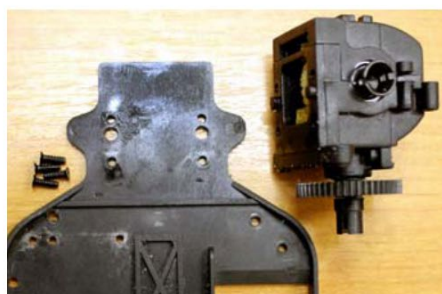
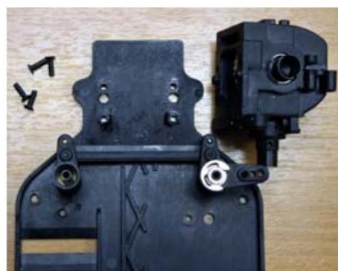


Откручиваем металлические пластины.



---

Далее снимаем передний и задний дифференциалы.



## ***Раздел 2. Проектирование робототехнических систем***

---

В итоге, после полной разборки должна получиться примерно такая картина.



Разобранный робоавтомобиль предъявить преподавателю. По-сле его осмотра собрать робоавтомобиль в обратном порядке.

### ***Тестовые вопросы***

Какие материалы использованы при изготовлении трассы? а) оргстекло, черная бумага б) вспененный ПВХ, флокированная пленка в) фанера, черная изолента

Какое количество сегментов необходимо для сборки круглой замкнутой трассы?

а) 5 б) 6 в) 8

Чем ограничены габариты сегментов?

а) нормативами перевозки багажа, следующего с пассажиром б) технической эстетикой в) габаритами робоавтомобиля

---

Сколько видеокамер устанавливается на робомобиль?

а) 1 б) 2 в) 4

Какого типа батареи используются в конструкции робомобиля?

а) Ni-MH б) Li-Po в) Li-Fe

### ***Контрольные вопросы***

Сколько шарикоподшипников установлено в конструкции машинки? В каких местах?

Сколько дискретных, то есть на 2–3 фиксированных установочных позиции каждое, регулировочных мест встречается в конструкции? перечислить их;

Сколько непрерывных (с установкой в любом положении диапазона регулирования) регулировочных мест встречается в конструкции? перечислить их.

В конструкции встречаются съемные, то есть с разъемами на обоих концах, кабели; назвать назначение каждого; сколько их всего в машинке?

Сколько батарей используется в конструкции? Какова емкость каждой батареи?

Как выставить (задать) рабочее напряжение для бортового одноплатного компьютера?

### **Литература**

Сырямкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

### РАЗДЕЛ 3. МЕХАТРОННАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ МИКРОТОМОГРАФИЯ

#### Практическая работа 3.1. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ «РЕНТГЕНОВСКАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ 3D МИКРОТОМОГРАФИЯ»

##### **3.1.1. Введение**

Сегодня компьютерная микротомография – это основной метод визуализации трехмерной внутренней микроструктуры органических и неорганических объектов с использованием рентгеновского излучения. Метод аналогичен медицинской томографии, но обладает значительно более высоким пространственным разрешением. Сканирование визуализирует всю внутреннюю трехмерную структуру объекта и полностью сохраняет образец для других видов исследований.

##### **3.1.2. Теоретические основы рентгеновской томографии**

**Структура рентгеновского микротомографа.** Для проведения рентгеновской томографии необходимы по крайней мере следующие функциональные блоки:

- блок питания;
- блок управления;
- источник излучения;
- система позиционирования (предметный стол);
- приемник излучения;

Источником излучения в РМТ является рентгеновская трубка, приемником излучения – детектор на ПЗС-матрице, системой позиционирования – подвижный предметный стол с тремя степенями свободы, также для построения 3D изображения исследуемого образца необходимо программное обеспечение. Исходя из этого, предложены следующие структурные и функциональные схемы РМТ (рис. 3.1.1).

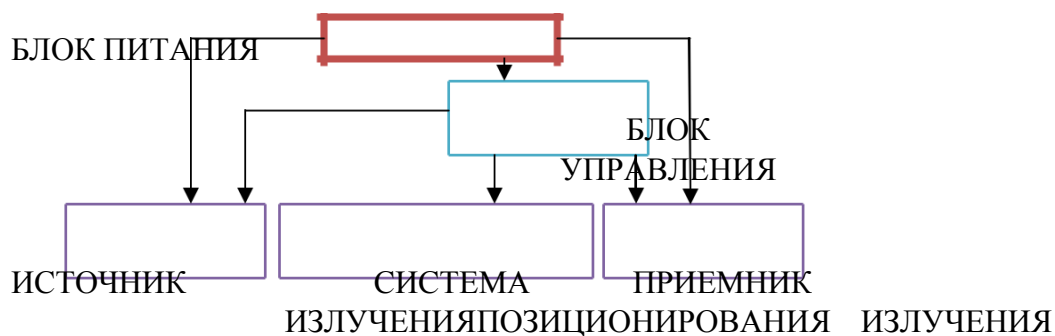


Рис. 3.1.1. Структурная схема рентгеновского микротомографа (PMT)



Рис. 3.1.2. Функциональная схема рентгеновского микротомографа (PMT)

PMT состоит из следующих блоков (рис. 3.1.2):

Программное обеспечение (для восстановления 2D и 3D изображений).

Блок управления 1.

Корпус с высоковольтным источником питания.

Программное обеспечение для диагностики материалов.

Управляющее устройство (микроконтроллер или ПК-клиент).

Источник излучения (рентгеновская трубка).

Мехатронная система (позиционирование по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ).

Рабочий стол (рабочая зона).

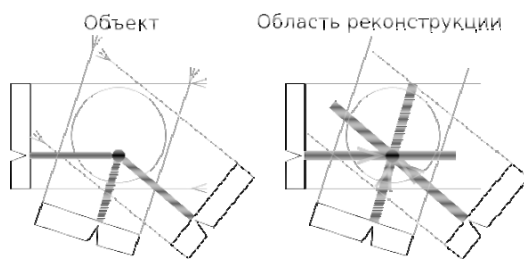
Блок управления 2.

Приемник излучения (рентгеновский детектор на ПЗС-матрице).

**Реконструкция изображений.** Любое рентгеновское теневое изображение является плоской проекцией трёхмерного объекта.

наиболее простом случае мы можем описать его, как изображение, полученное в параллельных рентгеновских лучах.

Возможность такого рода реконструкций демонстрируется на простом примере: рассмотрим объект с единственной точкой с высокой адсорбцией в неизвестном месте. В одномерной теневой линии будет наблюдаться уменьшение интенсивности вследствие ее поглощения на адсорбирующем объекте (рис. 3.1.3).

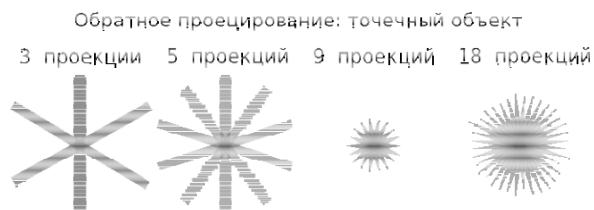


*Рис. 3.1.3. Схематическое изображение трёх различных положений поглощающей области и соответствующая реконструкция из полученных теневых проекций*

Теперь мы можем смоделировать в компьютерной памяти пустой ряд пикселей (элементов изображения) соответствующий предполагаемому смещению объекта. Естественно, следует удостовериться, что все части реконструируемого объекта будут находиться в поле зрения. Поскольку мы имеем координаты теней от

поглощающих областей объекта, мы можем выделить в реконструируемой области в памяти компьютера все возможные положения поглощающих областей внутри объекта в виде линий. Теперь начнём вращать наш объект и повторять эту операцию.

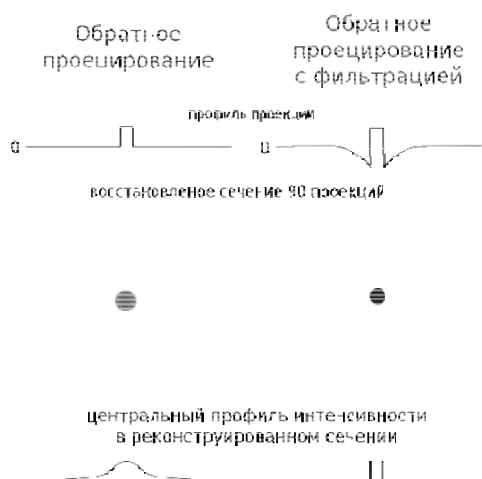
каждом новом положении объекта мы будем добавлять к реконструируемой области линии возможных положений объекта в соответствии с положением его теневых проекций. Эта операция называется обратным проецированием. После нескольких оборотов мы можем локализовать положение поглощающей области внутри объёма реконструкции. С увеличением числа теневых проекций с различных направлений, эта локализация становится все более чёткой (рис.3.1.4).



*Рис. 3.1.4. Реконструкция точечного объекта  
использованием различного числа проекций*

случае реконструкции на основании бесконечного числа проекций получается изображение с хорошей чёткостью определения позиции области поглощения внутри исследуемого объекта. В то же время точечное изображение будет сопровождаться размытой областью, поскольку оно было получено в ходе наложения линий со всеми возможными отклонениями.

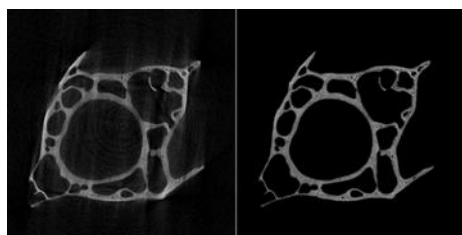
Теперь, поскольку нам известно, что изображение образовано точечным объектом, мы можем провести предварительную коррекцию начальной информации в срезе поглощения, чтобы сделать конечное изображение более соответствующим реальному объекту. Эта коррекция добавляет некоторое количество негативной адсорбции по внешней границе точки, чтобы убрать смазанность, присущую процессу обратного проецирования (рис. 3.1.5).



**Рис. 3.1.5. Фильтрация обратной проекции**

Этот алгоритм дает не только изображения сечений отдельных точечных структур, но и позволяет исследовать реальные объекты. Каждый материальный объект может быть представлен как большое количество отдельных элементарных поглощающих объёмов

линейная адсорбция в каждом рентгеновском пучке соответствует суммарной адсорбции на всех поглощающих структурах встреченных пучком. Концентрические артефакты (рис. 3.1.6), появляющиеся на восстановленных слоях, возможно убрать предвари-тельной фильтрацией теневых проекций и дополни-тельной филь-трацией после реконструкции слоя.



**Рис. 3.1.6. Фильтрация концентрических артефактов**

Таким образом, двумерные сечения объекта могут быть восстановлены из одномерных теневых линий с различных ракурсов. Однако, большинство рентгеновских излучателей не способны генерировать параллельные пучки излучения. В реальности используются точечные источники, производящие конические пучки рентгеновского излучения. В веерной геометрии реконструированные сечения будут иметь некоторые искажения в областях, удалённых от оптической оси пучка (рис. 3.1.7).



Рис. 3.1.7. Геометрия расходящегося пучка

Для решения этой проблемы мы должны использовать алгоритм трёхмерной реконструкции конического пучка, чтобы принимать во внимание толщину объекта. Другими словами, лучи, проходящие сквозь фронтальную и заднюю поверхности объекта, не будут спроецированы на тот же ряд детектора (рис. 3.1.8).

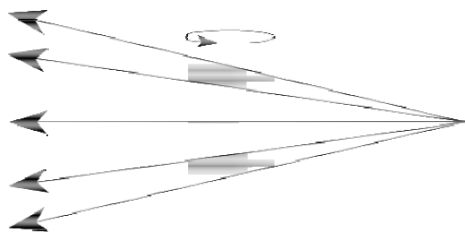


Рис. 3.1.8. Геометрия конического пучка

Таким образом, наиболее быстро реконструируемым сечением является осевое сечение, поскольку оно не требует коррекции на толщину образца.

Из полученной коллекции двумерных изображений затем можно программно создать 3-мерную цифровую модель сканированного образца со всей его внутренней пространственной структурой.

#### 3.1.3. План выполнения практической работы

**Алгоритм работы с полученными снимками : 3D-модели, срезы.** В главном меню программы откройте окно «Реконструкция» → «Менеджер реконструкции».

появившемся окне можно задать различные параметры реконструкции отсканированного образца.

«Срез» задает номер среза в 3D модели образца. Можно задать его числом либо с помощью перемещения зеленой линии на сним-ке образца.

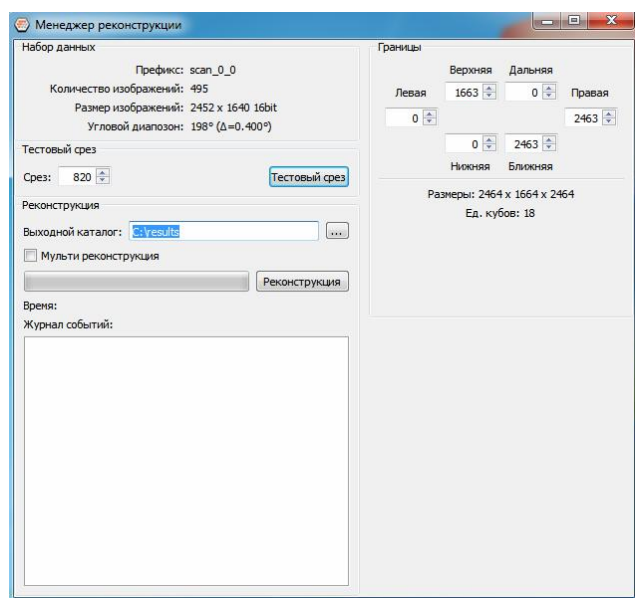


Рис. 3.1.9. Окно настройки параметров реконструкции

«Границы» – задают границы реконструируемого объема. Можно так же задать их с помощью перемещения оранжевых ли-ний на снимке образца (рис. 3.1.9).

«Выходной каталог» задает каталог, куда будут сохранены ре-зультаты реконструкции.

По умолчанию величина реконструируемого куба составляет  $992 \times 992 \times 992$  вокселя . Если ее уменьшить при помощи задания границ (см. выше), то реконструкция будет сделана быстрее, а по-лученное изображение будет занимать меньше памяти.



Рис. 3.1.10. Окно «набор данных» для выбора границ просмотра и среза образца

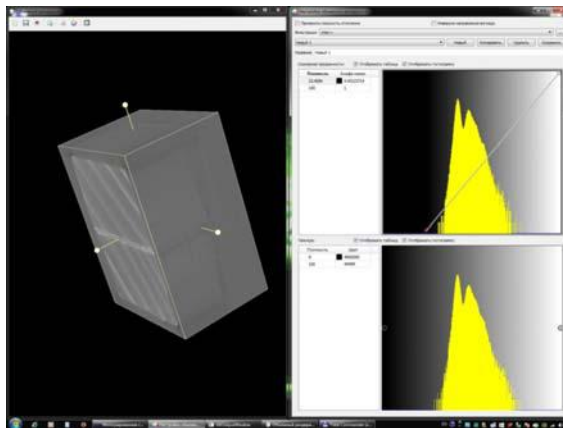


Рис. 3.1.11. Окно рендеринга

### ***Раздел 3. Мехатронная рентгеновская микротомография***

главном меню программы откройте окно «Сервис» → «Настройка рендеринга». Здесь можно настроить параметры 3D модели.

«Фильтрация» – выбор фильтра. Можно выбрать стандартный или свой сохраненный.

«Верхний график» – настройка плотности изображения.

«Нижний график» – контраст и яркость (регулируется одновременно двумя ползунками), цвета изображения – можно поменять в табличке рядом.

главном меню программы откройте окно «Сервис» → «Про-смотр срезов», позволяет просматривать срезы и измерять различными инструментами (рис. 3.1.12, 3.1.13).



*Рис. 3.1.12. Окно для просмотра срезов*

Меню инструментов находится в правом верхнем углу окна. Различные инструменты обозначены графическими символами.

При нажатии на символ инструмента можно перенести его на окно изображения среза, и, манипулируя мышкой (двигая по очереди концы инструмента, растягивая или сжимая его, добавляя новые точки нажатием правой кнопки мыши при необходимости для инструментов сложной геометрии типа многоугольника или ломаной линии), измерить нужный участок изображения

Слева направо:

Простая линейка – предназначена для измерения расстояния от начальной точки до конечной точки (по умолчанию – прямая, возможно добавление дополнительных точек для создания ломаной линии).

Транспортир – предназначен для измерения углов. Многоугольник – предназначен для измерения площадей многоугольных фигур (количество углов от 4×).

Окружность – предназначен для измерения площадей окружностей.

Надпись – предназначен для создания надписей на снимках. Гистограмма – показывает распределение (всплески) плотности вещества на выделенном участке.

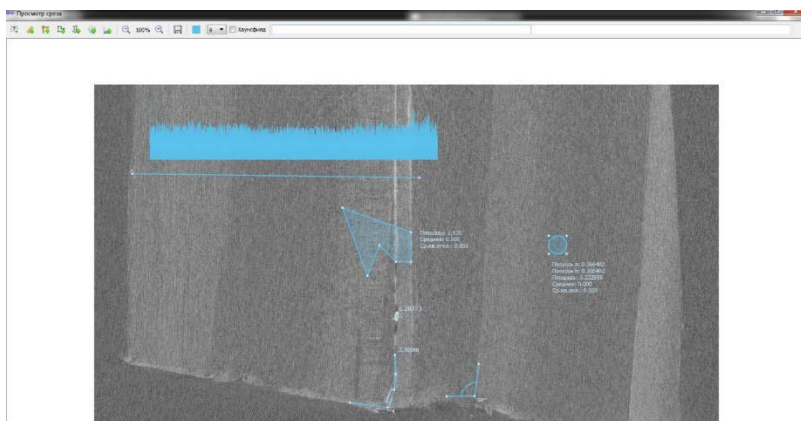
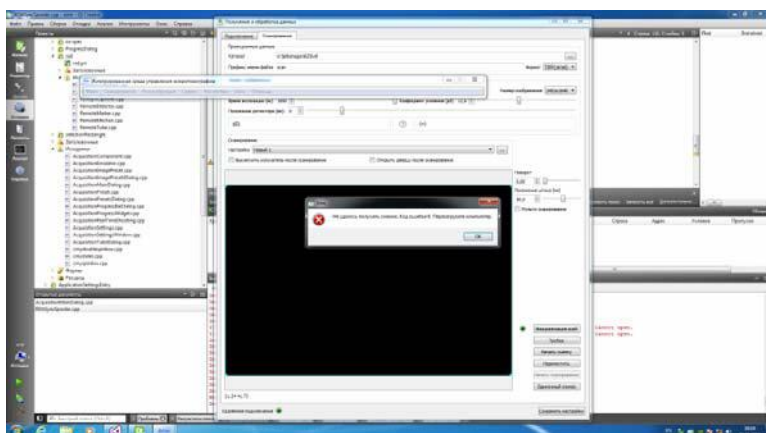


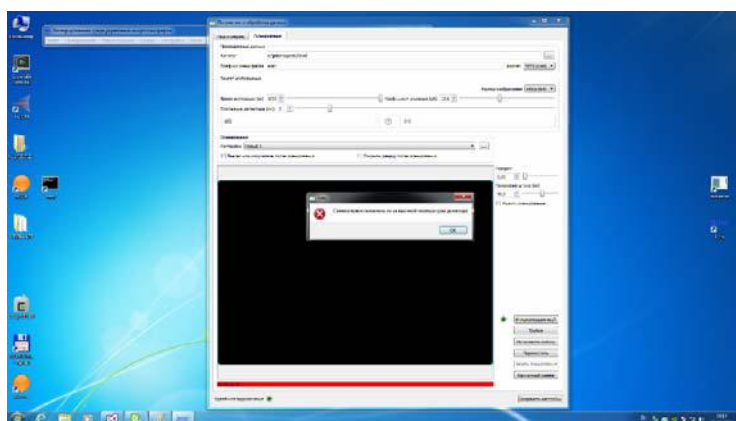
Рис. 3.1.13. Инструменты для измерения деталей срезов

#### **Нештатные ситуации**

Код ошибки 6 – необходимо перезагрузить ПК.



Превышение рабочей температуры. Подождать пока система остынет и продолжать  
Практическая работа.



---

### **Тестовые вопросы**

Источником излучения в РМТ является ...

- приемник излучения
- блок управления
- источник излучения
- блок питания
- подвижный предметный стол

Детектор на ПЗС-матрице в РМТ является ...

- приемник излучения
- блок управления
- источник излучения
- блок питания
- подвижный предметный стол

Системой позиционирования в РМТ является ...

- приемник излучения
- блок управления
- источник излучения
- блок питания
- подвижный предметный стол

Какие необходимы функциональные блоки для проведения рентгеновской томографии:

- приемник излучения
- блок управления
- источник излучения
- блок питания
- подвижный предметный стол
- корпус РМТ
- персональный компьютер
- програмное обеспечение

С увеличением числа теневых проекций качество реконструкции ...

- ухудшается
- улучшается

остается неизменной

**Контрольные вопросы**

Какие функциональные блоки нужны для проведения рентгеновской томографии?

Что такое компьютерная томография?

Принцип работы РМТ.

Что такое плоская проекция?

Что такое воксель?

**Литература**

Богомоллов Е.Н., Бразовский В.В., Казтаев А.Ж., Сырямкин В.И., Юрченко А.В. Выбор оптимальных характеристик цифровых рентгеновских микротомографов // Контроль. Диагностика. М. : Спектр, 2012.

№ 13. С. 122–125.

Сырямкин В.И., Осипов А.В., Куцов М.С., Вавилова Г.В. Восстановление и анализ изображений в цифровых рентгеновских микротомографах // Контроль. Диагностика. М. : Спектр, 2012. № 13. С. 100–105.

Шидловский С.В., Сырямкин В.И., Шидловский В.С. Реконфигурируемая бинарная система автоматического управления позиционированием микротомографа // Телекоммуникации. 2013. № 3. С. 14–21.

Сырямкин В.И., Горбачев С.В. Улучшение точности калибровки рентгеновского детектора микротомографа на основе нечеткой кластеризующей сети Кохонена // Телекоммуникации. 2012. № 10. С. 25–39.

## Практическая работа 3.2. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ

### 3.2.1. Введение

Решение важнейших научно -технических задач, в том числе проблемы обеспечения качества продукции, в значительной степени зависит от достижения единства и достоверности измерений.

Единство измерений – состояние измерительного процесса, при котором результаты всех измерений выражаются в одних и тех же узаконенных единицах измерения и оценка их точности обеспечивается с гарантированной доверительной вероятностью.

Существуют принципы обеспечения единства измерений, к основным из которых относятся:

- применение только узаконенных единиц физических величин (ФВ);
- воспроизведение ФВ с помощью государственных эталонов;
- применение узаконенных средств измерений, которые прошли государственные испытания и которым переданы размеры единиц ФВ от государственных эталонов;
- обязательный периодический контроль через установленные промежутки времени характеристик применяемых средств измерений;
- гарантия обеспечения необходимой точности измерений при использовании поверенных средств измерений и аттестованных методик выполнения измерений;
- использование результатов измерений только при условии оценки их погрешности с заданной вероятностью;
- систематический контроль за соблюдением метрологических правил и норм, государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений.

Для реализации этих принципов созданы необходимые научная, техническая и организационная основы. Из необходимости обеспечения единства и требуемой точности измерений формулируются задачи МО (метрологического обеспечения) всех видов метрологической деятельности.

**3.2.2. Метрологическое обеспечение томографов РМТ** состоит из следующих функциональных блоков:

- источник рентгеновского излучения;
- приемник рентгеновского излучения;
- система позиционирования.

Для каждого из функциональных блоков следует рассчитать параметры и характеристики, для чего необходимо рассмотреть возможные погрешности в работе и результатах измерений.

Для вычисления погрешностей РМТ используется следующая структурная схема (рис. 3.2.1).



Рис. 3.2.1. Структурная схема погрешностей РМТ

Суммарная погрешность обусловлена погрешностями в следующих блоках РМТ.

*Генератор высокого напряжения.* Необходимым условием для достижения высокой точности измерений интенсивностей рентгеновского излучения и точности получаемых результатов является стабильность питания рентгеновской трубки. Стабильность высокого напряжения, создаваемого высоковольтным гене-

ратором, поддерживается на уровне 0,01–0,5% процента. Примерно на этом же уровне стабилизируется анодный ток трубки.

*Система позиционирования.* Необходимо обеспечить точность позиционирования при перемещении подвижных источника

приемника вдоль горизонтальной оси, рабочего стола по вертикальной оси Z, а также стабильность скорости вращения вокруг вертикальной оси Z.

Точность измерений интенсивности рентгеновского излучения во многом зависит от правильности установки образца в поле облучения пучком рентгеновской трубки. Поэтому к системе позиционирования предъявляются достаточно жесткие требования.

*Детектор рентгеновского излучения.* В рентгеноспектральной аппаратуре в настоящее время используются детекторы, для которых средняя амплитуда электрических импульсов пропорциональна энергии квантов регистрируемого излучения. Это в первую очередь полупроводниковые детекторы. Их принцип действия базируется на способности рентгеновского излучения ионизировать атомы вещества. Амплитудная селекция импульсов, соответствующих попавшим в детектор квантам, позволяет подавить высокие порядки дифрагировавшего на кристалле рентгеновского излучения и повысить тем самым контрастность выделяемого сигнала.

*Блок регистрации и обработки электрических импульсов.*

Электрические импульсы с детектора после усиления и формирования в предусилителе поступают в амплитудный анализатор.

Определяемые показатели и точность их измерений приведены в таблице.

#### **Программы испытаний**

| Пункт программы испытаний | Наименование показателя                                                                | Ед. изм. |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1                         | Проверка на соответствие габаритных характеристик (не более)                           | мм       |
| 2                         | Проверка опытного образца системы РИМ на защиту от рентгеновского излучения (не более) | мкЗв/ч   |
| 3                         | Проверка мощности потребления опытного образца системы РИМ (не более)                  | Вт       |
| 4                         | Проверка параметров электрической сети                                                 | В        |

### **Раздел 3. Мехатронная рентгеновская микротомография**

| Пункт программы испытаний | Наименование показателя                                                                                        | Ед. изм. |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                           |                                                                                                                | ГЦ       |
| 5                         | Проверка точности позиционирования электро-мехатронных модулей движения в системе позиционирования системы РИМ | МКМ      |

#### **3.2.3. План выполнения практической работы**

Проверка на соответствие габаритных характеристик производится следующим образом:

- габаритные размеры опытного образца системы РИМ проверяются с помощью рулетки;
- опытный образец системы РИМ считается выдержавшим проверку, если габаритные характеристики соответствуют требованиям.

Проверка опытного образца системы РИМ на защиту от рентгеновского излучения производится следующим образом:

Основные радиационные параметры источников измеряют в условиях, соответствующих рабочим условиям для используемой аппаратуры.

Подготовка к работе дозиметра ДРГ-01Т1:

- ☐ произвести внешний осмотр. Установить в отсеке питания батарею «Корунд», соблюдая полярность;
- ☐ включить дозиметр, для чего установить переключатель поддиапазона в одно из положений: мР/ч или Р/ч, а переключатель режимов работы в положение КОНТР;
- ☐ осуществить сброс показаний нажатием кнопки СБРОС.

Порядок работы:

- установить переключатель режимов работы в положение ПО-ИСК, переключатель поддиапазонов измерения в положение мР/ч;
- произвести сброс показаний нажатием кнопки СБРОС;
- определить направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло, ориентируя дозиметр в про-

---

странстве. Отсчет показаний производится непосредственно в единицах установленного поддиапазона измерения;

- в режиме работы «Поиск» смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически в такт с миганием запятой в младшем разряде;
- для повышения точности измерения при уровнях мощности дозы в пределах до 9,999 мР/ч или до 9,999 Р/ч соответствующих поддиапазонов, определение действительного значения целесообразно производить в положении ИЗМЕР переключателя режима работы;
- в режиме работы «Измерение» на цифровом табло отображаются нули во всех разрядах и мигает запятая в младшем разряде. Отсчет показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой младшего разряда. Показания на цифровом табло сохраняются до момента нажатия кнопки СБРОС и запуска дозиметра на новый цикл измерения;
- при уровнях мощности дозы, превышающих предельные значения на каждом поддиапазоне измерения, на цифровом табло отображается переполнение – высвечивается символ «П» и отсутствует мигание запятой младшего разряда;
- при отображении переполнения на поддиапазоне мР/ч в режиме работы «Измерение» переключатель режимов работы перевести в положение ПОИСК. Если в этом режиме работы отображается переполнение, необходимо переключатель поддиапазонов перевести в положение Р/ч и нажатием кнопки СБРОС запустить дозиметр;
- при эксплуатации дозиметра в условиях повышенной влажности воздуха и минусовой температуре необходимо использовать форсированный режим работы преобразователя высокого напряжения, для чего нажать кнопку СБРОС и удерживать ее в течение всего цикла измерения в режимах работы «Поиск» или «Измерение».

Перед началом испытания необходимо замерить фоновое излучение.

Произвести по пять обязательных замеров на сварных швах корпуса и на крышке корпуса, которые показаны на рис. 3.2.2.

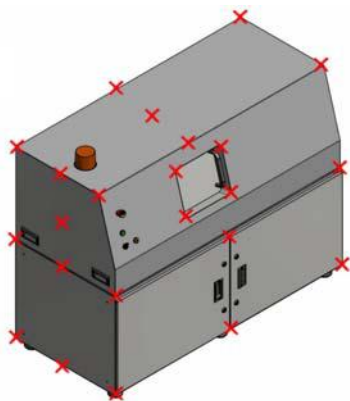


Рис. 3.2.2. Опытный образец системы РИМ

6. После обязательных замеров выполнить десять произвольных замеров по всей области корпуса.
7. При обнаружении резко отклоняющегося результата от нормы, срочно покинуть помещение.
8. По завершении измерений выключить аппаратуру и заполнить протокол испытаний, в протокол занести максимальное значение.
9. Формула перевода из мР/ч в мкЗв/ч:

$$1 \text{ мкЗв/ч} = 0,1 \text{ мР/ч.}$$

Опытный образец системы РИМ считается выдержавшим проверку, если измеренная мощность эквивалентной дозы излучения соответствует требованиям, приведенным в п. 5.2 настоящей программы и методики.

Проверка мощности потребления опытного образца системы РИМ производится при помощи ваттметра согласно ГОСТ 8476-93.

Опытный образец системы РИМ считается выдержавшим проверку, если мощность потребления соответствует требованиям.

Проверка параметров электрической сети производится следующим образом: подключается вольтметр в электрическую сеть, производится 10 измерений в течение 30 минут. Отклонение сред-

---

него арифметического полученных результатов от величины 230В переводится в % и сравнивается с требованиями ТЗ.

Опытный образец системы РИМ считается выдержавшим проверку, если параметры электрической сети соответствует требованиям.

Проверка точности позиционирования электромехатронных модулей движения в системе позиционирования системы РИМ производится следующим образом:

ЭМСП устанавливается на испытательный стол, с помощью прецизионного брускового уровня, выполняется регулировка изделия по уровню в горизонт. Далее производится крепление ЭМСП к испытательному столу в штатные отверстия, указанные КД.

Производится внешний осмотр ЭМСП, проверяется легкость перемещений подвижных площадок источника и приемника рентгеновского излучения по оси X, проверяется легкость вращения, подъем и опускание рабочего стола для испытуемого образца по оси Z. По окончании внешнего осмотра ЭМСП производятся кабельные соединения блока управления с ЭМСП в соответствии с КД.

Производится регулировка блока управления согласно ЭД. Далее производится проверка работоспособности всей системы, здесь проверяется движение каждого ЛЭМД и СЭМД по отдельности, и в паре по осям X и Z.

Проверка движения ЭМД выполняется с заданной скоростью и замером пройденного расстояния согласно требованиям ТЗ. Для проверки показателей точности позиционирования ЭМД на специально отведенное место платформы оси X ЭМСП устанавливается и закрепляется штатив Ш-ПН. В него закрепляют на стержне стойки в державке штатива зажимным винтом индуктивный циферблатный компаратор 2001 Millimess, предназначенный для измерения линейных размеров абсолютным контактным методом. Настройка Индуктивного циферблатного компаратора 2001 Millimess производится в соответствии с ЭД. Далее осуществляется проверка точности позиционирования ЭМД по осям X и Z поочередно.

### Раздел 3. Мехатронная рентгеновская микротомография

Ось X, 1-я платформа. С помощью БУ устанавливается в нулевое положение. К подвижной части платформы опускают подключенный к ПК, Индуктивный циферблатный компаратор 2001 Millimess, по колонке штатива Ш-ПН так, чтобы его нако-нечник был параллелен оси измерений и соприкасался с по-верхностью подвижной части испытуемой платформы, на табло компаратора показания должны быть отличны от нулевого положения. Зафиксировав положение компаратора, шкалу ус-танавливают на нулевое положение, поворачивая ободок штатива. По окончании всех необходимых настроек начинают из-мерения. Та же операция производится с платформой 2 оси X.

Для проверки точности позиционирования Оси Z, рабочего стола испытуемого образца с помощью БУ оператором уста-навливается нулевое положение, и к подвижной части рабочего стола Оси Z подводится Индуктивный циферблатный компара-тор 2001 Millimess на штативе, ранее установленном и закреп-ленном на специально отведенном месте платформы оси X, ЭМСП. Компаратор устанавливают так, чтобы его наконечник был параллелен оси измерений и соприкасался с поверхностью рабочего стола, на табло компаратора показания должны быть отличны от нулевого положения. Зафиксировав положение ком-паратора, шкалу устанавливают на нулевое положение, пово-рачивая ободок штатива. По окончании всех необходимых настро-ек начинают измерения. При измерении точности перемещения рабочего стола, оператор подает сигнал с БУ на ЛЭМД рабочего стола – 1 шаг, равный  $\pm 0,5$  мкм (1 мкм). Отсчет по шкале ком-паратора показывает подъем (опускание) рабочего стола, реаги-рующей на сигнал о перемещении с БУ. Полученные данные ав-томатически заносятся в таблицу измерений, и производится ус-реднение полученных данных. Полученный результат является точностью перемещения рабочего стола ЭМСП по оси Z.

Далее Индуктивный циферблатный компаратор 2001 Millimess закрепленный все на том же штативе устанавливается, так чтоб его наконечник был перпендикулярен оси измерения Z, и со-прикасался с приливом, расположенным на радиусе рабочего стола. На табло компаратора показания должны быть отличны от нулевого положения. Зафиксировав положение компаратора,

---

шкалу устанавливают на нулевое положение, поворачивая обо-док штатива. По окончании всех необходимых настроек начинают измерения. При измерении точности перемещения рабочего стола, оператор подает сигнал с БУ на СЭМД рабочего стола – 1 шаг, равный  $\pm 0,5$  мкм (1 мкм). Отсчет по шкале компаратора показывает перемещение рабочего стола, реагирующей на сигнал о перемещении с БУ. Полученные данные автоматически заносятся в таблицу измерений, и производится усреднение полученных данных. Полученный результат является точностью перемещения рабочего стола ЭМСП по перпендикулярно оси Z. Опытный образец системы РИМ считается выдержавшим проверку, если точность позиционирования соответствует требованиям.

### **Тестовые вопросы**

Габаритные размеры системы РИМ проверяются с помощью какого инструмента

- штангенциркуль
- линейки
- дозиметра
- рулетки
- мультиметр
- индуктивный циферблатный компаратор

Защиту от рентгеновского излучения системы РИМ проверяются с помощью какого инструмента

- штангенциркуль
- линейки
- дозиметра
- рулетки
- мультиметр
- индуктивный циферблатный компаратор

Какие необходимы функциональные блоки для проведения рентгеновской томографии:

- корпус РМТ
- персональный компьютер

### Раздел 3. Мехатронная рентгеновская микротомография

программное обеспечение  
приемник излучения  
блок управления  
источник излучения  
блок питания  
подвижный предметный стол

Какие необходимы инструменты для измерения точности по-зиционирования электромехатронных модулей движения в сис-теме позиционирования системы РИМ

штангенциркуля  
линейки  
дозиметра  
рулетки  
мультиметр  
индуктивный циферблатный компаратор

Какой необходимо инструмент для проверки мощности по-требления системы РИМ

- ☐ штангенциркуля
- ☐ линейки
- ☐ дозиметра
- ☐ рулетки
- ☐ мультиметр
- ☐ индуктивный циферблатный компаратор

#### **Контрольные вопросы**

Из каких функциональных блоков состоит РМТ?

Что такое единство измерения?

Перечислить основные принципы обеспечения единства изме-рений.

Как производится проверка опытного образца системы РИМ на защиту от рентгеновского излучения?

Как производится проверка точности позиционирования электромехатронных модулей движения в системе пози-ционирования системы РИМ?

---

□ Какая структурная схема используется для вычисления погрешностей РМТ?

### Литература

Хорошевский В.Г., Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С. Патент на полезную модель «Ячейка однородной среды» № 123188 от 27.03.2012. Заявитель: ТГУ.

Хорошевский В. Г., Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С. Патент на полезную модель «Ячейка однородной среды» № 118087 от 03.02.2012.

Хорошевский В. Г., Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С. Патент на полезную модель «Ячейка однородной среды» № 117197 от 03.02.2012.

Сырякин В.И., Горбачев С.В., Сунцов С.Б. Адаптивные нейросетевые алгоритмы диагностики материалов, оборудования и радиоэлектронной аппаратуры. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 269 с.

Авдеюк О.А., Горбачев С.В., Муха Ю.П., Секачев В.А., Титов В.С., Шибакина Т.А. Математические методы информатики в задачах и примерах. Опыт применения в проектировании сложных систем. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2012. 405 с.

Осипов О.Ю., Осипов Ю.М., Щербинин С.В. Мультикоординатные электромехатронные системы движения. Томск, 2010. 320 с.

Murray R., Li Z., Sastry S. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. CRC Press, 1994. 474 p.

Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф., Кожин С.С. Физические принципы структуры электрического дробления шага в дискретном электроприводе // Тр. Моск. энерг. ин-та. 1979. Вып. 440. С. 5–20.

Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. М. : Изд-во стандартов, 1986. 553 с.

Progressive Bi-level Image Compression, Revision 4.1 // ISO/IEC JTC1/SC2/WG9. CD 11544. September 16, 1991.

Blume H., Amer A. Parallel Predictive Motion Estimation using Object Recognition Methods. Proceedings of the European Workshop and Exhibition on Image Format Conversion and Transcoding, March 22, 23. 1995. Berlin, Germany.

Mansour M. A PC based System for the Control of an Object Manipulator Movements in an X-Ray Tomograph // Lecture Notes in Engineering and Computer Science. 2008. Vol. 2170, is. 1. P. 280–282.

### **Раздел 3. Мехатронная рентгеновская микротомография**

Mansour M. A Bluetooth Solution For Manipulating An Object Manipulator Within An X-Ray Tomograph // Lecture Notes in Engineering and Computer Science. 2009. Vol. 2176, is. 1. P. 250–252.

## РАЗДЕЛ 4. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ

### Практическая работа 4.1. РОБОТЫ В ОБРАЗОВАНИИ

Российской Федерации насчитывается более 20 млн школьников, из них около 90 тыс. детей имеют нарушения физического статуса, что затрудняет их передвижение в пространстве и доступ

социально-образовательным ресурсам и ещё около 500 тыс. имеют иные проблемы со здоровьем, которые не позволяют им регулярно посещать занятия в школах.

Детям, у которых имеются проблемы со здоровьем, крайне сложно добираться до образовательных учреждений. Чтобы облегчить жизнь особенных детей и был разработан робот телеприсутствия Вебот (Webot)



Рис. 4.1.1

Робот Вебот оснащен видеокамерой хорошего разрешения, встроенным микрофоном и динамиками. С их помощью можно общаться с

другими людьми. В основании робота находится трёхколёсная тележ-ка, которая обеспечивает хорошую маневренность и устойчивость ро-бота. Нижнее камера и система парктроники в основании тележки позволяет аккуратно преодолевать всевозможные препятствия. «Голо-ва» и «шея» робота могут вращаться во всех направлениях, также Ве-бот может следить взглядом за выбранным объектом.

Управление роботом происходит через сервис в сети интернет. Доступ к роботу может быть как публичным (роботы в музеях и прочих публичных местах), так и частным, т.е. запароленным. Высота робота 140 см, вес 26 кг. Продолжительность работы от бата-реи без подзарядки достигает 9 часов.

Робот Webot разрабатывается российской компанией ООО «Викрон». Компания Практическая работает над проектом создания робота We-bot с 2012 года. Свою деятельность осуществляют при поддержке фонда «Сколково».

Производители готовы предоставить вам возможность собст-венноручно поуправлять этим роботом. Для этого нужно оставить заявку на официальном сайте компании (<https://wicron.com/ru>) и дождавшись своей очереди вам будет предоставлено до 10 минут управления (управление реализуется только через браузеры Google Chrome и Opera Next).

Характеристики робота (базовая конфигурация):

управление: Приложения для Windows, Mac OS и Linux;

зрение: 2 видеокamеры;

высота: 1,5 метра;

вес: 16 кг;

время автономной работы: до 12 часов;

скорость движения: 0.4 м/с;

прямая видимость: 100 м, угол обзора робота: 360 градусов, угол поворота головы робота по горизонтали – 300 граду-сов, по вертикали – 90 градусов;

высота преодолеваемого препятствия: 20 мм.

Цена такого робота составляет около 148 000 рублей или \$2335.

---

#### 4.1.1. Робот-учитель

Разработка французского бренда Aldebaran Robotics уже довольно давно используется в школах и все время модернизируется.

данного робота имеются модули эмоциональности, автономности, а так же поддержана функция разговора с человеком.

Сейчас на рынке широко представлена версия NAO H25 Evolution V5, она обладает следующими достоинствами:

- улучшенное распознавание объектов и лиц;
- улучшенное определение источников звука (4 микрофона);
- улучшенное определение препятствий.

NAO Humanoid robot Aldebaran Robotics обладает системой зрения, которая позволяет ему фотографировать и отправлять изображения, снимать видео, различать цвета, находить и распознавать лица и в режиме реального времени передавать информацию на ПК или в сеть. NAO самостоятельно ориентируется в пространстве и выбирает оптимальный путь, обходя препятствия. Робот сам найдет базу зарядки, когда у него израсходуется энергия.

Одно из инновационных отличий Nao от многих других роботов – это то, что он запрограммирован на самообучение. Собирая данные об окружающей его среде и, обрабатывая их, робот выстраивает собственное представление о мире, и учится предсказывать последствия собственных действий.

Nao можно управлять через пользовательскую программу «Choregraphe», с программируемыми модулями C++, можно использовать языки программирования Python или Urbi. Nao поставляется с полной документацией и множеством примеров кода программирования. Весь код поведения робота является открытым, чтобы можно было внести свои изменения. Благодаря межплатформенной разработке (Linux, Mac OS и Windows), можно создать новые поведения для Nao, через увеличивающийся массив языков включая C, C++, Urbi, и Python.

##### **Характеристики:**

- управление со смартфона: нет;
- рост: 58 см;
- автономность: полная;
- возможность сборки-разборки: нет;
- вес: 4,3 кг;

60 минут активной работы, 90 минут в обычном режиме (Батарея 27,6 Вт/ч);

степени свободы: от 21 до 25;

процессор: Intel Atom 1,6 ГГц, второй – ARM9;

встроенная ОС: Linux;

совместимые ОС: Windows, Mac OS, Linux;

зрение: 2 камеры HD 1280x960;

связь: Ethernet, Wi-Fi;

2 гироскопа и 1 акселерометр, 8 датчиков давления на ступнях, 9 тактильных датчиков на голове и руках;

голосовой синтезатор для разговора с человеком.

распознавание и произношение речи на 19 языках мира (русский в том числе).

Цена такого робота составляет около 850 000 рублей от представителей в России и \$9500 на официальном сайте производителя.

### **4.1.2. Роботы для детей-аутистов**

Гуманоид был разработан специалистами американского Университета Вандербильта, чтобы обучать детей с аутизмом, страдающих от дефицита социального взаимодействия.

Робот Russel – робот, способный отслеживать ответы и реакцию детей, а так же определяет, насколько успешен выбранный им подход для общения с детьми.

Робот KASPAR – робот, позволяющий детям с аутизмом развивать свои навыки социального взаимодействия.

Роботы все еще находятся в экспериментальной стадии и не представлены на рынке, однако они широко используются в исследованиях и уже Практическая работают с детьми-аутистами. Известно, что ученые на создание робота KASPAR потратили 1300 евро.

### **4.1.3. Робот-учитель SAYA**

Одна из самых популярных японских разработок для образовательных целей. Гуманоид способен общаться на разных языках, читать из какого-либо источника, раздавать задания, выражать настроение и менять мимику.

---

Робот был создан японцем Хироси Кобаяси и первоначально позиционировался как робот-секретарь, затем выпустили робота Saya-сиделка, а недавно данного робота предложили в качестве учителя.

На данный момент, конечно же, при проведении экспериментальных уроков робот Saya управляется дистанционно реальными учителями, хотя, как утверждают создатели, он вполне способен на автономную работу.

дальнейшем планируется выпуск и продажа данного робота, пока же подробных технических характеристик и цен нет.

Японцы верят, что данные роботы смогут решить проблему малочисленности учителей в сельских школах, а так же сиделок в престарелых домах.

### **Тестовые вопросы**

Робот, имеющий высоту 1.5 метра и вес 16 кг:

- а) NAO H25 Evolution V5 б) SAYA
- в) Webot

Робот, способный самостоятельно отыскать базу зарядки, когда энергия будет израсходована:

- а) Webot
- б) NAO H25 Evolution V5 в) KASPAR

В качестве какого персонала можно использовать робота SAYA?

- а) учитель, сиделка, секретарь
- б) учитель, гид, воспитатель в детском саду в) учитель, сиделка, медсестра

Робот для обучения детей, страдающих от дефицита социального взаимодействия:

- а) SAYA
- б) NAO H25 Evolution V5 в) KASPAR

С помощью чего происходит управление роботом Webot?

- а) пульт управления Futaba
- б) сервис в сети интернет
- в) робот полностью автономен

### Контрольные вопросы

В каких целях может быть использован робот телеприсутствия VGO?

Назовите робота, который способен самостоятельно ориентироваться в пространстве, запрограммирован на самообучение и способен выстраивать собственное представление о мире.

Для детей с каким недугом могут быть крайне полезны роботы-гуманоиды KASPAR и Russel?

Для каких целей изначально создавался японский робот SAYA?

Кто является производителем робота Webot?

### Литература

Сырымкин В.И. Информационные устройства и системы в робототехнике и мехатронике : учеб. пособие. (Серия: Интеллектуальные технические системы). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2016. 524 с.

Топ-5 лучших роботизированных преподавателей мира. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robot-ex.ru/ru/article/top-5-luchshih-robotizirovannih-prepodavateley-mira> (дата обращения: 30.01.2017).

Первый в мире робот учитель? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://roboting.ru/618-pervyyj-v-mire-robot-uchitel.html> (дата обращения: 30.01.2017).

Kaspar the friendly robot teaches autistic children how to enjoy a simply hug. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-1364585/Autism-Kaspar-friendly-robot-teaches-autistic-children-enjoy-simple-hug.html> (дата обращения: 30.01.2017).

Мальчик-робот возьмет под опеку детей-аутистов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravda.ru/science/eureka/discoveries/15-05-2009/310843-kaspar-0/> (дата обращения: 30.01.2017).

KASPAR – социальный робот, представлен на High Profile Science Fair в Лондоне. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robogeek.ru/chelovekopodobnye-roboty/kaspar-sotsialnyi-robot-predstavlen-na-high-profile-science-fair-v-londone> (дата обращения: 30.01.2017).

KASPAR the social robot. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.herts.ac.uk/kaspar/meet-kaspar/kaspars-journey> (дата обращения: 30.01.2017).

---

Humanoid robot "Russell" engages children with autism. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.nsf.gov/news/special\\_reports/science\\_nation/autismrobot.jsp](https://www.nsf.gov/news/special_reports/science_nation/autismrobot.jsp) (дата обращения: 30.01.2017).

Гуманоидный робот NAO H25 Evolution V5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glavofistorg.ru/products/gumanoidnyj-robot-nao-h25-evolution-v5> (дата обращения: 30.01.2017).

NAO H25 Evolution V5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robot96.ru/catalog/android-roboty/nao-h25-evolution-v5/> (дата обращения: 30.01.2017).

NAO V5 STANDARD EDITION. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robotlab.com/store/nao-standard-edition> (дата обращения: 30.01.2017).

Андроидные роботы NAO H25 Evolution V5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nanojam.ru/products/nao-h25-evolution-v5#?tab=tabOptions> (дата обращения: 30.01.2017).

Робот телеприсутствия Webot. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sdelki.ru/p/420132-robot-teleprisutstviya-webot> (дата обращения: 30.01.2017).

Робот Webot. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itis-time.ru/robot/webot/> (дата обращения: 30.01.2017).

Посещение Skolkovo Robotics через роботов Webot. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/wicron/blog/214279/> (дата обращения: 30.01.2017).

Wicron. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wicron.com/> (дата обращения: 30.01.2017).

Роботы удаленного присутствия для обучения детей с ограниченными физическими возможностями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/247590/> (дата обращения: 30.01.2017).

## ***Раздел 4. Применение роботов***

### **Практическая работа 4.2. МЕДИЦИНСКИЕ РОБОТЫ**

#### **4.2.1. Обзор**

Стремительное развитие робототехники и компьютерных технологий открывает новые возможности во многих областях деятельности человека, в том числе и в медицине. Если проанализировать хронологию сообщений о новых разработках роботов, то можно заметить, что в период 2005–2010 гг. наблюдался резкий скачок сообщений о проектах по созданию медицинских роботов в большинстве ведущих стран мира.

Будущее, в котором в больницах Практическая работают роботы и многочисленные инженеры по их технической поддержке, становится всё более реальным. По меткому выражению американского инженера

предпринимателя Д. Энгельбергера, получившего титул «отца робототехники», больницы – это идеальное место и идеальная окружающая среда для использования роботов.

Полностью заменить человека роботы в обозримом будущем, к счастью, пока не способны, тем более в медицине, однако быть курьером в пределах одной больницы, брать интервью и собирать жалобы у пациентов, помогать им передвигаться в пределах клиники без непосредственного участия человека, роботы могут уже сегодня.

Уже сегодня существует множество разнообразных медицинских роботов, выполняющих как простые санитарные или медсестринские задачи, помощь в передвижении больных, уход за ними, забор крови так и сложные дорогостоящие роботы позволяющие производить диагностику и сложнейшие операции. Количество их ежегодно увеличивается примерно на 20%. Уже в ближайшие годы аналитики ожидают значительного прогресса в создании медицинских роботов, способных делать более сложные операции.

Первые намеки на специализированные медицинские роботы появились в конце 1980-х – начале 1990-х гг. в виде хирургических манипуляторов. Робот Да Винчи стал применяться начиная с 2000 г. Механические руки значительно уменьшили разрез и кровопотери при операции, повысили точность движений, снизили время операции и послеоперационный реабилитационный период. Наибольшее распространение по всему миру на данный момент времени получила

---

хирургическая система хирургических манипуляторов «Да Винчи» («da Vinci»). Она состоит из операционной консоли с четырьмя манипуляторами, управляющей панели и приборной доски. С помощью джойстика ведется управление действиями механических манипуляторов. В режиме реального времени робот копирует движения хирурга, сидящего за пультом управления.

Специальная видеокамера позволяет проецировать на экран трехмерную картину происходящего в операционном поле. Именно создание технологии трехмерного видения сделало возможным весь этот проект, т.к. обычная двумерная картинка на экране монитора не позволяет оператору точно позиционировать хирургический инструмент в пространстве, особенно по «глубине» изображения.



#### 4.2.1. «Да винчи»



Основное преимущество этого «робота-хирурга» – создание возможности человеку-хирургу проводить дистанционно микро-манипуляции с любым инструментом без опасности совершить случайное неловкое движение (робот блокирует такие движения),

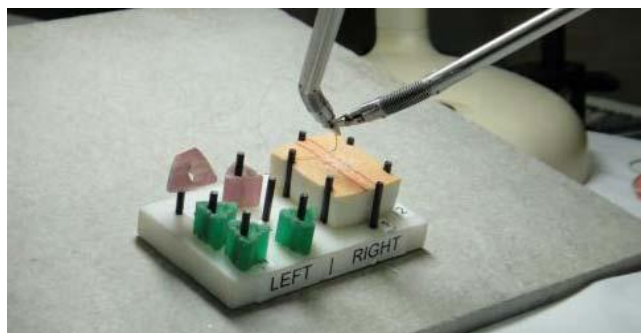
том числе – возможность проводить сложные хирургические операции дистанционно, например, не входя непосредственно в операционный блок (там находятся лишь ассистенты и младший медперсонал), т.е. не теряя время на длительную предоперационную подготовку (переодевание, дезинфекция рук и пр.). Только в Европе и США насчитывается сегодня в работе около 800 таких систем. В России робот «Да Винчи» также присутствует. В ведущих клиниках по всему миру на практике 70% урологических процедур совершается с помощью роботов, в основном для простатэктомий, но в некоторых случаях для абляций почек или коррекции аномалий мочевой системы.

Соединенных Штатах, примерно 80% простатэктомии при раке предстательной железы выполняются с помощью хирургического робота Да Винчи (больше чем 73 000 операций в год). Во Франции эта доля составляет только 25%. Распространение техно-логии связано со значительными преимуществами данной уникальной роботизированной системы при проведении минимально инвазивной хирургии: уменьшение послеоперационных болей, снижение кровотечения и рубцов. В конечном счете, более короткое пребывание в больнице и скорое возвращение к привычной жизни пациентов. Главным недостатком хирургического робота Да Винчи является его высокая стоимость от 1,5 до 2,3 млн евро, а также высокие эксплуатационные расходы.

### **4.2.2. Японский робот-хирург**

2013 г. командой молодых японских ученых был представлен новый робот-хирург. Робот управляется дистанционно. В отличие от большинства других роботов-хирургов с электрическим приводом японский робот имеет пневматический привод. Это позволяет ему более аккуратно и мягко прикасаться к объектам. Хирург может ощущать давление, оказываемое на кончики пальцев робота. По словам разработчиков, еще одно преимущество системы в ее компактности и легкости. Настройки робота легко меняются в за-

висимости от конкретных задач. Например, можно сделать так, чтобы робот не реагировал на дрожание рук. Также возможно изменить скорость движения и силу оказываемого давления. Исследователи намерены сделать робота не слишком дорогим. Его стоимость будет в 3–10 раз ниже стоимости робота-хирурга da Vinci.



#### **4.2.3. Самособирающийся робот ARES**

Итальянская разработка – *самособирающийся робот ARES* (Assembling Reconfigurable Endoluminal Surgical System, Самособирающаяся эндолюминальная хирургическая система с изменяемой конфигурацией) для проведения операций без разреза кожных покровов. Робот разработан для проведения операций без повреждения кожных покровов пациента. Этому робота сначала нужно съесть: пациент проглатывает его по частям, а выходит робот через кишечник. Робот внутри человека собирает сам себя. Сам робот по беспроводной связи полностью контролируется оператором. Каждый из отдельных узлов системы может быть отсоединен

любой момент времени в случае, если он, например, перестанет функционировать, или в нем отпадет необходимость. Причем модуль может быть не просто отсоединен, он может быть заменен на необходимый даже во время операции.



### 4.2.3. Калифорнийский робот-тренажер

На данный момент известен ряд завершенных разработок роботов, призванных помочь людям при таких заболеваниях, как инсульт, аутизм, болезнь Альцгеймера. В Калифорнийском университете ведутся исследования, как роботы могут помочь жертвам инсультов восстановить мобильность их конечностей. В этом исследовании уже приняло участие 15 пациентов.

Все они страдали от инсульта не менее 10 лет. Пациенты проходили лечение у робота, который помогал человеку сжимать свою руку. Робот создает условия для формирования различных положений кисти руки и помогает через разные упражнения работе соответствующих мышц пальцев.

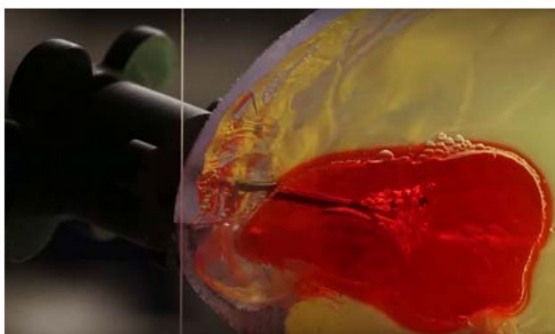
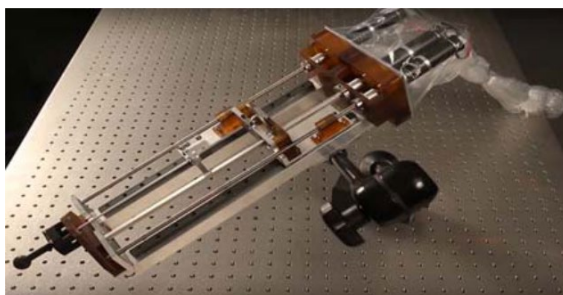
это позволяет дать сигналы мозгу о правильном действии мышц руки. После нескольких месяцев лечения состояние пациентов улучшалось. Следует отметить, что эта технология может существенно снизить время потери трудоспособности больного после инсульта.



---

#### 4.2.4. Робот-пылесос, очищающий мозг от тромбов после инсульта

По статистике только 40% людей, переживших инсульт, доживают до конца первого месяца. Все дело в тромбах (кровяных сгустках), образующихся в мозге, которые очень сложно удалить. Команда разработчиков из американского Университета Вандер-бильта разрабатывает роботизированную хирургическую систему, с помощью которой возможно эффективное и минимально травматичное удаление кровяных сгустков из тканей головного мозга. Через просверленное в черепе крошечное отверстие робот под заданным углом вводит тонкую иглу в мозг, пока она не достигнет внешней поверхности сгустка. Затем из нее выдвигается еще более тонкая внутренняя игла, которая проникает непосредственно в сгусток. Включается аспиратор и содержимое тромба высасывается. Робот контролирует и регулирует направление движения крошечного «пылесоса».



### 4.2.5. Кибер-Нож G4

*Кибер-Нож G4 (CyberKnife G4)* – роботизированная система радиохирургии для лечения рака и удаления опухолей, представляет собой современнейшую автоматизированную систему стерео-таксической радиохирургии самого последнего поколения, которая состоит из трех основных компонентов:

Прогрессивный, легкий линейный ускоритель. Это устройство используется для генерации радиоактивных «убивающих лучей» высокой энергии.

Робот с очень подвижной «рукой», который может манипулировать закреплённым на ней линейным ускорителем под самыми разными углами.

Несколько рентгеновских камер (устройства слежения и обработки изображений), которые объединены с мощным программным обеспечением для отслеживания позиций пациента и опухоли. Рентгеновские камеры в процессе лечения постоянно получают частые изображения пациента и используют эту информацию для нацеливания пучка излучения, испускаемого линейным ускорителем.

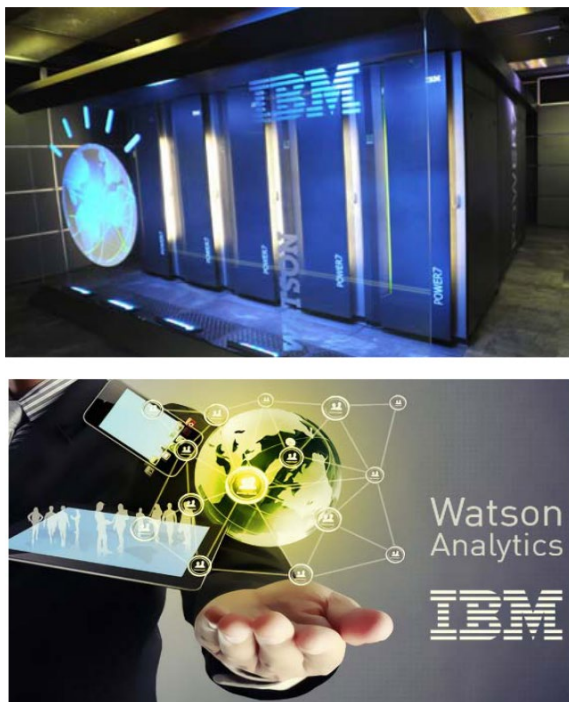
Робот играет важную роль в нацеливании именно этим устройством – линейным ускорителем. Когда во время лечения пациент перемещается, рентгеновские камеры обнаруживают и фиксируют изменение в его позиции, а робот соответствующим образом подстраивает и направляет линейный ускоритель еще до введения пучка излучения. Этот процесс непрерывного обнаружения и исправления обеспечивает точное направление излучения во время.

Кибер Нож обеспечивает беспрецедентную точность облучения опухолей высокой дозой радиации, при котором не затрагиваются здоровые ткани. Стоимость может достигать до \$5,000,000.

Кибер Нож (CyberKnife) – это пример самых совершенных достижений отрасли высоких технологий, примененных для создания уникального медицинского прибора, в котором сочетаются лучевая хирургия, робототехника и компьютерная навигация.

---

#### 4.2.6. Робот-диагност IBM Watson



*IBM Watson* – суперкомпьютер из 90 серверов по 4 восьмиядер-ных процессора в каждом , а его оперативная память – 16 терабайт. «Ватсон» самостоятельно изучает источники информации и делает выводы. Прежде чем приступить к работе, будущий диагност про-анализировал 605 000 медицинских документов, общей сложности 2 миллиона страниц текста. Перед началом врачебной практики компьютер проанализировал 25 тыс. историй болезни и прорабо-тал 14,7 тыс. для тонкой настройки алгоритмов. С целью пополне-ния базы знаний компания IBM заключила соглашение с одним из ведущих центров изучения рака Memorial Sloan Kettering, где соб-ран огромный архив медицинской информации. Врач загружает в память робота историю болезни и через несколько минут получает вероятный диагноз и курс лечения.

2013 г. шесть «Ватсонов» были приняты в клиники США в качестве онкологов-диагностов. Результаты превзошли все ожидания: суперкомпьютеры ставят диагноз и выбирают курс лечения на 40% точнее, чем живые врачи. Впрочем, итоговое решение все равно остается за онкологом-человеком. С суперкомпьютером можно посоветоваться. Например, отправить сообщение вроде «Пациент ночью кашлял» или – «Ватсон» тут же пересмотрит историю болезни и уточнит вердикт.

### 4.2.7. Робот «Simroid» для обучения студентов-дантистов

На Международной выставке в Токио в 2007 г. состоялась презентация робота-девушки «Simroid» (сокращение от «Simulator Humanoid»), созданного доктором N.Shibui совместно с компанией «Kokoro». Робот предназначен для обучения практическим навыкам студентов-дантистов. «Simroid» открывает и закрывает рот при помощи аэромышц, которые покрыты силиконовой кожей. Весь рот робота заполнен сенсорами, поэтому если студент-стоматолог допускает ошибку, механическая девушка корчит гримасу, показывая дискомфорт.

2009 г. норвежская фирма «Laerdal» в Сан-Диего представила свою последнюю модель манекена-тренажера «SimMan». Он может истекать кровью, хрипеть и стонать – то есть воспроизводить разные реальные реакции человека. Во время занятий он может имитировать типичную для несчастных случаев пульсацию сердца, нормальные и патологические движения легких, сокращения кишечника и т.п.



#### 4.2.8. Робот-симулятор HPS (Human Patient Simulator)

Стационарный робот-манекен, предназначенный для моделирования разнообразных клинических ситуаций в самых различных областях – от анестезиологии и реанимации, до военной медицины. Имеет самую мощную среди серии симуляторов-манекенов управляющую аппаратную часть (сервер, компрессор, газовое оборудование, подача жидкостей и пр.), позволяющую воспроизводить самые мельчайшие нюансы человеческой физиологии, вплоть до газообмена в легких, кровотечения, выделения пота, мочи, слез и пр. Предназначен для оснащения крупных университетских и корпоративных центров. Позволяет отрабатывать навыки врачебной, сестринской и доврачебной помощи в кардиологии, пульмонологии, эндокринологии, акушерстве, анестезиологии и реаниматологии, токсикологии, военной медицине и пр.

Робот-манекен HPS обладает целым рядом особенностей конструкции и функциональных характеристик. Робот вдыхает и поглощает кислород, выдыхает углекислый газ, причем степень газообмена зависит от физиологического статуса и введенных препаратов. Зрачки реагируют на свет, а также на другие факторы, например, находится ли пациент в сознании. Фармакологическая система-робот распознает не только само лекарство, но и введенную дозу, в зависимости от чего автоматически происходит изменение жизненных параметров.



#### 4.2.9. Автономный робот STAR

STAR (Smart Tissue Autonomous Robot) – американский умный автономный робот для работы с тканями.

5 мая 2016 г. стало известно, что впервые в истории роботу удалось провести операцию на мягких тканях живого организма – наложение кишечного анастомоза. Об этом сообщил журнал Science News.

настоящее время роботы практически не способны действовать в качестве хирургов: они точно делают надрезы, продевают

нитки и затягивают их в узлы – однако качество их визуальных систем оставляет желать лучшего. Машины плохо различают гра-ницы между внутренними органами, кровеносными сосудами и другими элементами организма человека, и поэтому пока приме-нялись только «на подхвате» у живых хирургов.

STAR частично решил эту проблему за счет флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне и техники пленоптической ви-зуализации – он создает трехмерную модель мира, сопоставляя изображения с нескольких видеокамер. Для максимально точного контроля над своими движениями STAR применяет манипулятор с восемью степенями свободы. При накладывании анастомоза очень важно соблюдать промежутки между швами и не натягивать чрез-мерно нить. STAR справился с этой задачей. При осуществлении манипуляций он ориентировался по предварительно нанесенным на ткани флуоресцентным меткам.

Под руководством человека STAR удалось наложить швы и кишечный анастомоз (соединение элементов тонкой кишки) так же хорошо, как это делают живые хирурги. Однако времени на все эти манипуляции роботу понадобилось в пять раз больше.

отличие от обычной практики применения роботов-хирургов, где они выступают в качестве вспомогательного инструмента, STAR большую часть времени действовал самостоятельно под надзором врачей, которые иногда поправляли робота или помога-ли ему, например, придержать шовный материал. По оценкам ис-следователей, робот действовал целиком самостоятельно около 60 процентов всего времени проведения операции.

Основываясь на выполненном обзоре, можно сказать, что сего-дня, среди всего многообразия медицинских роботов, можно более обоснованно вычлени-ть те отдельные специализированные на-правления, опираясь на которые возможна общедоступная класси-фикация медицинских роботов по типу решаемых роботами задач:

Робот манипулятор-врач («хирург», «терапевт» и т.п.) – авто-матизированные электронно-механические манипуляторы, спо-собные проводить хирургические операции, диагностическое обследование или терапевтическое лечение под непосредст-венным контролем и управлением со стороны человека-врача.

---

Робот манекен – робот-симулятор анатомического строения, функциональной организации и поведения человека, предназначенный для обучения медработников.

Реабилитационный робот – робот, предназначенный для занятий с больным в целях ускорения реабилитации пациентов после различных заболеваний.

Роботизированные протезы, включая целые экзоскелеты – «интеллектуальные» электронно-механические устройства, исполняющие у пациента роль утраченной или потерявшей работоспособность части тела, органа, конечности.

Роботы помощники – роботы, запрограммированные самостоятельно выполнять работу низкой и средней квалификации, поддающуюся точной алгоритмизации: отнести документы, подать нужный инструмент хирургу, рассортировать лекарства, взять интервью у больного по определённому шаблону, измерить ему температуру и т.п.

Медицинские микро- и нанороботы – роботы малых размеров, способные выполнять различные медицинские задачи внутри организма пациента.

### ***Тестовые вопросы***

Что делает робот пылесос в медицине а) высасывает мозг б) очищает мозг в) удаляет мозг

Назовите количество игл в Кибер Ноже G4

а) 2 б) 3 в) 4

Из скольких основных компонентов состоит система Кибер Но-же G4

а) 2 б) 3 в) 4

Количество серверов IBM Watson

а) 70 б) 82 в) 90

#### **Контрольные вопросы**

Из чего состоит хирургическая система манипуляторов «Да-винчи».

Из сколько серверов состоит суперкомпьютер IBM Watson.

Расскажите о Кибер Нож G4

Назовите основные функции само разбирающегося робота ARES.

Какой робот используется при таких заболеваниях как инсульт, аутизм, болезнь Альцгеймера.

#### **Литература**

Саврасов Г.В., Ющенко А.С. Основные направления развития медицинской робототехники // Мехатроника. 2000.

Саврасов Г.В. Медицинская робототехника: учеб. пособие. Ч.1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2003. 35 с.

Медицинские роботы [Электронный ресурс] : <http://medrobot.ru/> (дата обращения: 15.12.2016).

Медицинские роботы [Электронный ресурс] : <http://roboting.ru/medical-robots/> (дата обращения: 15.12.2016).

Семь самых перспективных роботов [Электронный ресурс] : <http://www.vokrugsveta.ru/article/201490//> (дата обращения: 15.12.2016).

Хирургический робот Да Винчи [Электронный ресурс] : <http://www.rusmedserv.com/davinci/Da-Vinci-roboticoperationsMoscow/> (дата обращения: 15.12.2016).

Демонстрация работы робота-хирурга давинчи  
<https://www.youtube.com/watch?v=JT1b3QHi64o>.

## Практическая работа 4.3. **ВОЕННЫЕ РОБОТЫ**

лабораторной работе представлены характеристики и внешний вид военных роботов.

Предназначение военных роботов минимизировать непосредственное участие человека в боевых действиях с целью сокращения или исключения вовсе людских потерь. Роботы способны выполнять задачи, которые непосильны для человека, – они не знают усталости, не чувствуют боли и способны выполнять боевые задачи в самых критических условиях. Разновидностей военных роботов столько же, сколько и боевых задач для войсковых подразделений: БПЛА, разведывательные роботы, подводные и надводные аппараты, роботы-саперы, роботы-минеры, роботы-патрульные, боевые роботы, роботы для переноски военной амуниции. Охранные роботы выполняют задачи по защите территорий. Данные роботы могут патрулировать охраняемые периметры и в случае фиксации проникновения злоумышленников сигнализировать об этом дежурным операторам.

### **4.3.1. Воздушные роботы (БПЛА)**

Главным предназначением БПЛА долгое время являлась разведывательная деятельность, но со временем сфера их применения значительно расширилась. Современные беспилотные летательные аппараты предназначены для выполнения миссий, представляющих существенную опасность для людей. Беспилотники могут быть запрограммированы на выполнение различных задач в автономном режиме, то есть без участия человека. Беспилотные летательные аппараты принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полёта. Выделяют следующие классы аппаратов:

- «микро» (условное название) – массой до 10 килограммов, временем полёта около 1 часа и высотой до 1 километра;
- «мини» – массой до 50 килограммов, временем полёта несколько часов и высотой до 3–5 километров;
- средние («миди») – до 1 000 килограммов, временем 10–12 часов и высотой до 9–10 километров;

– тяжёлые – с высотами полёта до 20 километров и временем полёта 24 часа и более.



ZALA 421-08M – сверхмалый беспилотный летательный аппарат марки ZALA. Предназначен для наблюдения, целеуказания, корректировки огня, оценки ущерба. Эффективен в проведении аэрофото- и видеосъемки на небольшом удалении. Является беспилотным самолётом тактической дальности с системой автоматического управления (автопилот), навигационной системой с инерциальной коррекцией (GPS/ГЛОНАСС), встроенной цифровой системой телеметрии, цифровым широкополосным видеопередатчиком C-OFDM-модуляции, модулем удержания и активного сопровождения цели (Модуль АС), цифровым встроенным фотоаппаратом, навигационными огнями, встроенным трехосевым магнитометром, радиомодемом с приемником СНС <Диагональ ВОЗ-ДУХ> с возможностью работы без сигнала СНС (радиодально-мер), системой самодиагностики, отцепом парашюта и поисковым передатчиком. Встроенный модуль АС позволяет беспилотному самолету в автоматическом режиме вести наблюдение за статичными и подвижными объектами как на суше, так и на воде. ZALA 421-08M обладает следующими характеристиками.

Радиус действия видео / радиоканала: 15 км / 25 км

Продолжительность полета: 80 мин

Размах крыла БЛА: 810 мм

---

Длина БЛА: 425 мм  
Максимальная высота полета: 3 600 м  
Запуск: За корпус БЛА  
Посадка: Парашют / в сеть  
Тип двигателя: Электрический тянущий  
Скорость: 65–130 км/ч  
Максимальная взлетная масса: 2,5 кг  
Масса целевой нагрузки: 300 г  
АКБ: 10000 мАч 4S  
Максимально допустимая скорость ветра: 20 м/с  
Диапазон рабочих температур: –30 °С...+40 °С



Дозор-600 (Дозор-3) – российский разведывательно-ударный беспилотный летательный аппарат. Разрабатывается компанией «Транзас». Относится к классу тяжелых средневысотных БПЛА большой продолжительности и дальности полета.

БПЛА Дозор-600 решает задачи идентификации и обнаружения объектов в режиме реального времени, вне зависимости от времени суток, а также от метеоусловий. Передача данных осуществляется при помощи спутникового канала связи и радиолинии в пределах зоны прямой видимости. Управление БЛА осуществляется в автономном (по программе), ручном (дистанционное пилотирование пилотом-оператором) или комбинированном (автономное и ручное) режимах. Полетное задание может содержать 250 опорных точек маршрута, при этом точность навигации составляет 15–30 м.

Функционально корпус аппарата разбит на 3 отсека:

Носовую часть занимают системы навигации и управления.

В средней части расположен топливный бак.

Хвостовая часть состоит из системы энергоснабжения и силовой установки.

Полезная нагрузка комплекса Дозор-600 для получения данных:

- ☐ радиолокационная (РЛС переднего и бокового обзора с син-тезированной апертурой),
- ☐ оптико-тепловизионная (видеокамера и тепловизор)
- ☐ фотографическая (фотокамера высокого разрешения со сменными объективами)

Также на борту Дозор-600 располагается:

- ☐ система автосопровождения и целеуказания,
- ☐ система передачи фото-, видео-, РЛ- и тепловизионного изображения,
- ☐ систему архивации и хранения информации на борту. Тактико-технические характеристики:

Взлетный вес, кг: 640,00

Дальность, км: 3 700,00

Скорость, км/ч: 210,00

Практический потолок, м: 7 500,00

Длина, м: 6,7

Высота, м: 2,3

Размах крыла, м: 12

Полезная нагрузка, кг: 220

Двигатель: Rotax 914 мощностью 115 л.с.

Продолжительность полета, ч: 30

БЛА MQ-9 Reaper (изначально названный Predator B) – беспилотный летательный аппарат разрабатываемый компанией General Atomics. Он был создан на основе MQ-1 Predator для использования в ВМС Соединенных Штатов, ВВС США, и Британских Королевских военно-воздушных силах. Reaper предназначен для долго-срочных полетов, выполнения разведывательно-наблюдательных, также боевых задач.



Прототип «Predator B»:

Predator B-001 – первая модернизация БПЛА MQ-1 Predator. На него установлен турбовинтовой двигатель (712 кВт). Визуальное отличие от MQ-1 представляют крылья, они увеличены с 14,8 м до 20 м. B-001 может нести 340 кг полезной нагрузки на высоте 15,2 км, со скоростью 390 км/ч. Время полета до 30 часов.

Predator B-002 – следующая модернизация БЛА. Грузоподъемность 215 кг, верхний потолок высоты 18,3 км, время полета часов.

Predator B-003 или «Альтаир» – снова увеличен размах крыльев, до 25,6 м. Следовательно, увеличенная грузоподъемность БЛА до 1 360 кг, а максимальная высота полета 15,8 км. Время полета увеличено до 36 часов!

Боевая версия беспилотного летательного аппарата может нести:

14 AGM-114 «Хеллфайр» ракеты «воздух – земля»

4 AGM-114 «Хеллфайр» и две бомбы лазерного наведения –

GBU-12 Paveway II

Тактико-технические характеристики: Взлетный вес, кг: 4 760.00 Дальность, км: 5 920.00

Скорость, км/ч: 482.00 Практический потолок, м: 15 000.00 Длина, м: 11

Высота, м: 3,8

Размах крыльев, м: 20

Полезная нагрузка, кг: 1700

Продолжительность полета, ч: 28



RQ-11 Raven – малый разведывательный БПЛА американского производства компании AeroVironment. Разработана на основе конструкции беспилотного аппарата FQM-151 «Пойнтер», выпускается в нескольких модификациях. RQ-11 Raven может транспортироваться в трёх небольших контейнерах. Беспилотный летательный аппарат оснащен зарядным устройством и запасной аккумуляторной батареей. RQ-11 Raven управляется оператором вручную, или ориентируется по GPS. Стоимость БПЛА RQ-11 Raven составляет 35 тыс. долл.

Существует 2 версии БПЛА:

БПЛА первой версии, названный Block I Raven. Его недостатками является трудность посадки БПЛА и неудовлетворительная устойчивость БПЛА в полёте.

Block 2 Raven. Были произведены работы над модернизацией БПЛА и после успешного испытания в Афганистане, аппарату было дано официальное обозначение RQ-11A.

Тактико-технические характеристики: Взлётный вес, кг: 1.70 Дальность, км: 10.00 Скорость, км/ч: 95.00

---

Практический потолок, м: 5 000.00

Длина, м: 0,96

Размах крыльев, м: 1,5

Продолжительность полета, ч: 1



«Гермес 900»(Hermes 900) – всепогодный тактический беспилотный летательный аппарат, разработанный израильской компанией Elbit Systems. Первый полёт совершил в декабре 2009 года. Серийное производство ведётся в Израиле с середины 2010 года. Гермес 900 оснащается оптико-электронными системами наблюдения, РЛС с синтезированием апертуры, РЛС индикации движущихся целей, инфракрасными датчиками, лазерным целеуказателем-дальномером, системой спутниковой связи, средствами радио-электронной борьбы, а также системой обмена данными, позволяющей передавать в центр управления изображение в режиме реального времени. В этом БПЛА установлена система автоматического взлета и посадки. «Гермес 900» имеет высокую дальность полёта и предназначен для разведки, ведения наблюдения, патрулирования с воздуха. Как опция предусмотрена возможность оснащения аппарата ударными комплексами.

Тактико-технические характеристики:

Взлетный вес, кг: 1 150.00

Дальность, км: 4 000.00

Скорость, км/ч: 222.00

Практический потолок, м: 9 144.00

Длина, м: 9,1

Размах крыльев, м: 15,3

Продолжительность полета, ч: 36

Полезная нагрузка, кг: 450

### 4.3.2. Сухопутные роботы

Современных наземных военных роботов можно разделить на следующие группы:

- разведывательные;
- инженерные;
- боевые;
- тыловые.

Хотя, следует отметить, что для многих автоматизированных аппаратов подобное разделение несколько условно. Они представляют собой унифицированные платформы, на которые в зависимости от потребностей устанавливаются разные модули. Так что робот-сапера можно легко превратить в боевого робота и наоборот.

Также военные роботы можно условно разбить на три большие группы:

- ☐ легкие;
- ☐ средние;
- ☐ тяжелые.

Военный робот состоит из аппарата, управляемого дистанционно и пульта, с которого происходит управление. Роботизированные механизмы отличаются по степени автономности, они могут в большей или меньшей степени следовать вложенной программе и обходиться без постоянного вмешательства человека. Уже сегодня существует десятки видов военных роботов, которые отличаются своими размерами, формой корпуса, шасси, наличием разнообразных манипуляторов.

---

## Разведывательные роботы



Автоматизированные системы давно используются для сбора разведанных, поиска целей и целеуказания, наблюдения за обстановкой. Для таких целей используют и беспилотные летательные аппараты, и наземных роботов. Одним из самых миниатюрных роботов-разведчиков, используемых сегодня армией США, является *Recon Scout*. Он имеет вес 1,3 кг и длину 200 мм. Этому робота можно забрасывать за препятствия, он ударопрочен и выдерживает сильные броски дальностью свыше 35 метров на твердые поверхности благодаря корпусу из титанового сплава. Встроенная видео-камера, Практическая работающая в обычном и инфракрасном диапазоне, позволяет поддерживать устройству возможность видеотрансляции в режиме онлайн. Это позволяет следить за обстановкой вокруг робота в радиусе до 25 метров. Управление производится удаленно с помощью пульта управления, мощности сигнала которого хватает

закрытом помещении до 30,5 метров, а на открытом пространстве – 91 метр. При использовании более мощных приемопередающих станций, это расстояние можно увеличить до километра.



*110 FirstLook* – это робот для использования в военных операциях (во время проведения очисток зданий, для исследования не-больших помещений вроде тоннелей или окопов). Он способен перевернуться, если упадет вверх тормашками, и продолжить за-программированную миссию. Его габариты 25×23×10 см, вес 2,5 кг с, имеет гусеницы и управляется с пульта, размещенного у оператора на запястье. Робот оснащен четырьмя камерами и может безболезненно падать с высоты 4,5 метра и погружаться в воду на глубину 90 см, способен преодолевать небольшие препятствия. Робот может проПрактическая работать в обычном режиме на протяжении 6 ча-сов и 10 часов в режиме стационарной слежки. Максимальная скорость передвижения составляет 5,5 км/ч. На него можно устанавли-вать другие датчики: тепловизоры, индикаторы биологического, химического и радиационного заражения.



*Dragon runner* – это небольшой дистанционно управляемый ро-бот., который активно используется в армии США для разведыва-тельных миссий. Этот робот также оснащен гусеничным шасси, он предназначен для передней линии боевых действий. Dragon Runner переносится в ранце , он очень прост и требует минимальных на-выков от оператора, его можно забрасывать через любые препят-ствия. Dragon Runner оснащен манипулятором, который позволяет ему захватывать и перемещать предметы, а также копать грунт. Робот может подорвать подозрительный объект небольшим заря-дом или разобрать с ним при помощи кусачек. Информация опе-ратору поступает с видеокамер (до 6 штук) и микрофонов . Благо-даря наличию инфракрасной системы ночного видения Dragon Runner может использоваться в темное время суток.

Тактико-технические характеристики:

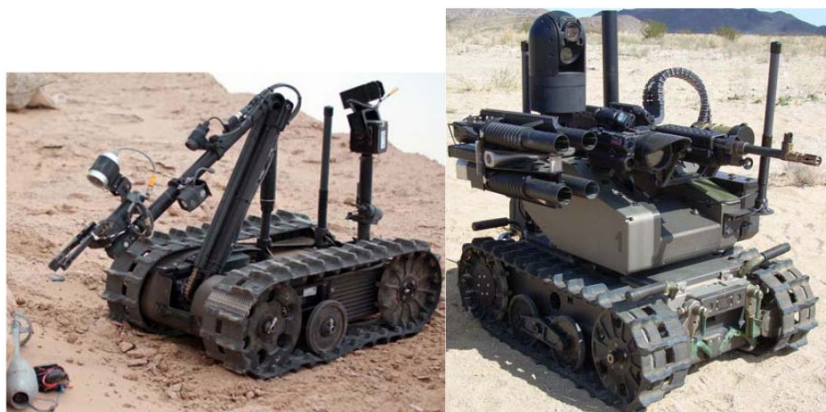
Максимальная скорость движения: до 10 км/ч;

Длина: 38 см

Ширина: 30 см

Высота: 13 см

Масса: 6,4 кг



*SWORDS* – специальная боевая система наблюдения и разведки, разрабатываемая и производимая компанией Foster-Miller. Этот робот прекрасно подходит не только для разведки, но и для обезвреживания взрывных устройств. Рассчитан на 8,5 часов работы от батарей в нормальном эксплуатационном режиме и до 7 суток в режиме ожидания. Контролируется оператором на расстоянии до 1 000 метров. Он весит около 45 кг или 27 кг в версии для разведки. Стоимость одной единицы составляет \$230 тыс. Есть целый ряд различных видов оружия, которые могут быть размещены на *SWORDS*: винтовки M16, 5,56-мм SAW M249, 7,62 мм пулемёт M240, винтовки Barrett M82, шестиствольный 40-мм гранатомёт или четырёхствольный 66 мм M202A1 FLASH.

---

## **Инженерные роботы**

Инженерные роботы используются для обезвреживания мин и фугасов, создания проходов в минных полях, подъема тяжестей и расчистки завалов.



Машина разминирования *MV-4* (или *M160*) массой 5,32 т предназначена для нейтрализации (обезвреживания) противопехотных мин и неразорвавшихся боеприпасов.

Дистанционное управление этим средством предусмотрено на расстоянии до 2 км. Поиск и обезвреживание мин осуществляется на глубине их залегания до 320 мм. Кроме бойкового минного тра-ла машина может оборудоваться бульдозерным ковшом, культиватором, катком или захватывающим механизмом.

Штурмовые машины разминирования *M1 ABV* (Assault Breacher Vehicle) находятся на вооружении армии и Корпуса морской пехоты США с 2010 г. *ABV* оборудована минным тралом и зарядами для разминирования, она может ставить дымовые завесы. Базой для штурмовой машины разминирования стал основной американский танк *M1 Abrams*.



Оборонительным вооружением машины является 12,7-мм пу-лемет М2. Стандартная комбинированная броня боевой машины была дополнительно усилена блоками ERA (Explosive Reactive armour, взрывчатой реактивной брони), говоря по-русски динами-ческой защитой или ДЗ. Никуда не делись и бортовые экраны, ко-торые не только обеспечивают дополнительную защиту от куму-лятивных боеприпасов, но и уменьшают пылеобразование при движении. Дополнительно на танк были установлены элементы системы дистанционного разминирования MICLIC, общий боеза-пас зарядов С4 составляет 3175 кг. Ракета, выпускаемая из пуско-вой установки на борту машины, разматывает за собой стропу из соединенных между собой 5-фунтовых компонентов (2,25 кг) взрывчатки С4. После укладки такой стропы (общая ее масса до-ходит до 800 кг) на минном поле проводится ее подрыв для безо-пасного дистанционного разминирования. Также по необходимо-сти на M1 Assault Breacher Vehicle может быть установлен минный плуг, глубина вспашки грунта которым определяется лыжами-полосьями, скользящими по поверхности земли или бульдозерный отвал шириной 4,5 метра. Общая длина боевой машины 12 метров, вес до 72 т. Если учесть тот факт, что силовая установка не претер-пела изменений, используется двигатель Honeywell AGT1500С, раз-вивающий мощность 1500 л.с.



Наиболее тяжелой российской роботизированной боевой системой является «Уран». Вес этой машины достигает восьми тонн. На базе «Урана» создана машина огневой поддержки, минный трал и пожарная машина. «Уран» неоднократно принимал участие в различных учениях.

«Уран-6» представляет собой гусеничный самоходный радио-управляемый минный трал. В зависимости от задач, которые ставятся перед комплексом, на него может быть установлено до 5 различных тралов, а также бульдозерных отвалов. Оператор может управлять комплексом на удалении до 1000 метров (на устройстве имеется 4 видеокамеры, которые обеспечивают круговой обзор). Роботизированный саперный комплекс «Уран-6» в состоянии обнаружить, идентифицировать и по команде уничтожить любой взрывоопасный предмет, мощность которого не превышает 60 кг в тротиловом эквиваленте. При этом робот обеспечивает полную безопасность личного состава. Обнаруженные на местности боеприпасы «Уран -6» обезвреживает либо разрушая их физическим способом, либо приводя их в действие. Двигаясь по ровной местности, робот-сапер «Уран-6» может производить разминирование со скоростью до 3 км/ч, а на каменистой местности его скорость работы снижается до 0,5 км/ч. Вес бронированного робота-сапера порядка 6–7 тонн в зависимости от комплектации. При этом робот оснащается двигателем, обеспечивающим ему удельную мощность

#### ***Раздел 4. Применение роботов***

---

около 32–37 л.с. на тонну. Этот робот-сапер, имеющий высоту 1,4 метра, в состоянии преодолевать препятствия высотой до 1,2 м.



*MarkV-A1* – специальная боевая телеуправляемая система., соз-данная американской компанией Northrop Grumman Corporation. На нем установлены несколько видеокамер, а также водяная пуш-ка для уничтожения бомб , или, если это необходимо, дробовик. MarkV весит 320 кг. С поднятым манипулятором робот имеет вы-соту 2,4 м.

---

### **Боевые роботы**

Большинство боевых роботов сегодня имеют колесное или гу-сеничное шасси, они управляются через кабель или радиосигнал.



*Guardium* – беспилотный военный автомобиль созданный изра-ильской фирмой G-NIUS. Предназначен для патрулирования, со-провождения автоколонн, ведения разведки и охраны. *Guardium* построен на базе четырехколесного багги, обеспечивающего по-вышенную проходимость на пересеченной местности . Поступил на вооружение Армии обороны Израиля в начале 2009 г. Оснаща-ется четырехтактным дизельным двигателем Lombardini. Имеет 38-сантиметровый клиренс, 34-сантиметровый ход подвески. *Guardium* Может патрулировать по заданному маршруту по дороге

пересеченной местности без вмешательства оператора. Развивает скорость до 80 км/ч. Имеет полный дистанционный контроль, двухстороннюю аудио связь, может перемещать до 300 кг полез-ной нагрузки, на него можно устанавливать оружие.



*Warrior* (также называется Warrior 700 или X700) – роботизированная платформа разрабатываемая компанией iRobot для военных целей. Собственный вес Warrior составляет 129 кг; при этом робот может перемещать до 227 кг полезной нагрузки. Перемещается со скоростью до 15 км/ч. Warrior оснащен манипулятором, способным перемещать грузы массой до 68 кг. Робот может перемещаться по лестницам, двигаться вверх по наклонной поверхности под углом в  $45^\circ$ , а также преодолевать препятствия высотой до 47 см. Основными задачами робота являются проведение работ по разминированию, расчистка дорог, пожаротушение, разведка, удаленное наблюдение за местностью, оказание помощи при чрезвычайных ситуациях, перемещение грузов и проведение сварочных работ. Так же робот способен увозить раненых солдат с поля боя.

отличие от большинства военных роботов, выполняющих только действия заданные оператором, Warrior способен выполнять некоторые операции самостоятельно. В частности, если с роботом потеряна связь, он способен самостоятельно вернуться к месту, на котором сеанс связи возможен. Warrior способен передавать оператору видео и аудио информацию по радиоканалу.

комплектацию робота входит система гранатометов и пулеметов Metal Storm с электронной схемой управления стрельбой и дальностью 800 метров. Скорострельность пулемёта доходит до

16 выстрелов в секунду. На него можно установить пулемет калибра 7,62 мм, автоматический дробовик, ПТРК и другое оружие.



*SaMEL* – это среднеразмерная беспилотная наземная машина (UGV), предназначенная для выполнения заданий нескольких типов, включающих в себя снижение нагрузки на бойцов; проведение эвакуации раненных; расчистку проходов в противопехотных минных полях, а также перевозку боеприпасов для минометного расчета. Он также может служить в качестве мобильной коммуникационной платформы, перевозчика боеприпасов для буксируемой артиллерии, платформы сетевого ретранслятора и роботизированной системы вооружения, а также может быть использован для снабжения боеприпасами, материалами для постановки препятствий, пищей и водой.. Это плоская платформа на колесном ходу, которая кроме вооружения может нести еще и 550 кг груза. На колеса можно одевать резиновые гусеницы, что значительно повышает проходимость *SaMEL* по пересеченной местности. Робот может сопровождать боевые подразделения и двигаться автономно, ориентируясь на сигналы GPS. *Samel* в своей конфигурации системы огневой поддержки может перевозить различное оружие, в том числе 40-мм автоматический гранатомет МК-19, тяжелый пулемет М2, пулемет М240/249,

также 25-мм и 30-мм системы вооружения. Он также может перевезти 400 кг. оборудования с максимальной скоростью 9 км/ч по пересеченной местности. Гибридная конструкция *SaMEL* – дизельный двигатель в сочетании с аккумулятором – не только обес-

печивает более 20 часов непрерывной работы на 16 литрах топли-ва, но и вырабатывает энергию, которую можно экспортировать и использовать для зарядки батарей питания или других систем.



*Crusher* – полноприводная роботизированная боевая разведыва-тельная машина повышенной проходимости на базе более раннего опытного прототипа – роботизированной платформы *Spinner*, раз-рабатывавшаяся с 2004 г. Это колесный автомобиль с весом 6,5 т. Его особенностью является высокая проходимость и способность преодолевать значительные препятствия. *Crusher* оборудован не-сколькими видеокамерами, лазерным дальномером, тепловизором, на него можно устанавливать различные виды вооружения. Ис-ходно, машина разрабатывалась как многоцелевая единица робо-тизированной бронетехники, предназначенная для действий в ав-тономном режиме и самостоятельного решения широкого круга боевых задач, в первую очередь, в условиях исключаяющих или сильно затрудняющих действия конвенциональной бронетехники с человеческими экипажами (химико-биологическое и/или радиаци-онное заражение местности, многочисленные минно-инженерные заграждения, активное противодействие противника и т. п.) . Регу-лируемый клиренс позволял машине залегать дном на грунт и про-водить в таком положении необходимое количество времени, ведя

---

при этом непрерывное наблюдение за обстановкой и мониторинг атмосферного воздуха на предмет наличия в нём следов применения химического, биологического или ядерного оружия. Таким образом, машина по всем своим параметрам подходила для выполнения разведывательных задач, требующих длительного неподвижного нахождения средств разведки на переднем крае, либо

в тылу противника, что в равной степени позволяло вести патрулирование и выезжать в дозор в любых условиях обстановки, в том числе и в условиях мирного времени, а не только в ходе ведения боевых действий. Однако, недостаточная огневая мощь бортового вооружения не позволяла самостоятельно решать многие огневые задачи, что требовало действий в связке с удалённо расположенными средствами поражения с неуправляемыми боеприпасами (дальнобойной артиллерией, системами залпового огня), средствами-носителями высокоточного оружия (управляемых ракет) и т.п. Таким образом, машина выполняла разведывательно-корректировочные и целеуказательные функции, а в условиях вооружённого конфликта с технически оснащённым противником, тактико-технические характеристики её бортового вооружения были достаточными только для решения оборонительных задач при борьбе

живой силой и легкобронированной техникой противника вне укрытий, что само по себе сужало потенциальный спектр способов её боевого применения и ставило в разряд боевых разведывательных машин.

Боевая масса, кг 6350 длина, мм 5105,4 ширина, мм 2590,8 высота, мм 1524

скорость по пересечённой местности, км/ч 42

Вооружение на борту 2,7-мм крупно-калиберный тяжёлый пулемёт М2НВ.



Самым крупным боевым роботом на сегодняшний день является *Black Knight*, разрабатываемый компанией BAE Systems (США). Длина экспериментальной машины не превышает 5 метров, ширина равняется 2,44 м, высота – не более 2 м. Боевая масса прототипа примерно равно 9,5 тонны. Первый прототип Black Knight оснащен двигателем фирмы Caterpillar мощностью 300 лошадиных сил. Гусеничная ходовая часть имеет в своем составе по пять опорных катков на борт. Имея такую силовую установку и ходовую часть прототип машины «Черный рыцарь», как утверждается, на шоссе может развивать скорость до 77 километров в час. На корпусе машины смонтирована сравнительно крупная башня. Кроме электроники Black Knight несет вооружение, аналогичное оружию БМП M2 Bradley. Это автоматическая пушка M242 калибра 25 миллиметров и спаренный с ней 7,62-мм пулемет M240. Передняя и верхняя части башни «Черного рыцаря» оснащены многочисленными датчиками и системами. Так, рядом с вооружением установлена одна из нескольких видеокамер. Кроме того, на передней части башни имеется четыре (по два на каждой скуле) блока стереоскопических видеокамер. На лобовом листе башни и на скулах имеются четыре лазерных радара (LADAR) на поворотных устройствах. Два средних сканируют местность в горизонтальной плоскости, а два крайних – в вертикальной. На крыше башни в характерном трапециевидном кожухе размещены видеокамеры для вождения и прицеливания. В качестве панорамного наблюдатель-

---

ного прибора используются камеры на поворотно-наклонной установке. Кроме того, на башне имеются антенна передачи данных, приемник навигационной системы GPS и ряд других систем.

Вся собираемая камерами, радаром и датчиками информация по защищенному радиоканалу передается на станцию управления ROCS (Robotic Operator Control Station – «Станция управления роботом»). Предполагается, что пульт управления и все связанные с ним системы будут выполняться в виде компактного переносного пульта или размещаться на какой-либо бронемашине, например, на БМП М2 Bradley или любом другом подходящем транспортном средстве. На экраны станции ROCS выводится вся необходимая для вождения информация о работе систем управляемой машины,

также данные о маршруте, целях и задачах. В качестве основного органа управления используется контроллер с большим количеством кнопок и переключателей. При необходимости часть функций, как то управление движением или поиск целей, может быть возложена на электронику, Практическая работающая в автоматическом режиме.



*Мобильный Робототехнический Комплекс Ижевского радиозавода (МРК) – дистанционно управляемая безэкипажная боевая единица повышенной проходимости на гусеничном ходу, предназначена для обнаружения и уничтожения стационарных и подвижных целей, огневой поддержки и войсковой разведки, маневровых задач. Этот робот невелик, но он располагает весьма внушительным арсеналом: двумя гранатометами, двумя реактивными огнеметами «Шмель», пулеметом «Печенег» или «Корд». МРК*

можно дистанционно управлять на расстоянии в 500 метров. Он оснащен видеокамерой, микрофоном, системой освещения. Этот комплекс изначально создавался для частей РВСН, он предназначен для защиты пусковых установок МБР. Как и большинство других современных боевых роботов, МРК является универсальной платформой, на которую можно устанавливать дополнительное оборудование и вооружение. Отношение массы шасси к мощности двигателя обеспечивают высокую проходимость по заснеженным

заболоченным участкам. Передвижение на пересеченной местности по твердым почвам, в гололедицу, по траве высотой до 2 м, снегу глубиной до 500 мм, в дождь, по залитым водой поверхностям глубиной до 500 мм. Система курсовой устойчивости позволяет, автоматически применяя торможение и изменяя тягу двигателя, корректировать управление МРК при движении по скользкой поверхности или поверхности с разными покрытиями сторон колес.

Комплекс оснащен интеллектуальным блоком сопряжения с бортовой системой дистанционного управления, поэтому:

контролируются все параметры генераторной установки: контроль уровня, температуры и давления масла, рабочих оборотов в зависимости от нагрузки

контролируется температурный режим генераторной установки с функцией активного охлаждения

возможна Практическая работа как в ручном (принудительный пуск системы) так и в автоматическом режиме (автоматический запуск в зависимости от состояния аккумуляторной секции или нагрузки на бортовую сеть).

ТТХ:

Габаритные размеры –  $3700 \times 1750 \times 1400$ ;

Масса – 980 кг;

Скорость движения – 45 км/ч;

Преодолеваемые препятствия на подъем –  $45^\circ$ ;

Преодолеваемые препятствия стенка – 0,4 м;

Максимальная дальность управления по радио – 10 км;

Время автономной работы в движении – 10 часов;

Время автономной работы на боевом дежурстве – 7 суток.



«Уран-9» – это многофункциональный робот, предназначенный для дистанционной разведки и огневой поддержки разведывательных, антитеррористических и общевойсковых подразделений армии. В состав комплекса входят два робота-разведчика, тягач для их транспортировки и передвижной пункт управления.

на вооружении робота стоят 30-миллиметровые автоматические пушки 2А72, спаренный 7,62-миллиметровый пулемет и противотанковые управляемые ракеты «Атака». При этом состав вооружения может меняться в зависимости от требований. В систему защиты БР входят система предупреждения о лазерном облучении и оборудование для обнаружения, распознавания и сопровождения целей.



*Платформа-М* – российский серийный роботизированный комплекс, представляющий универсальную самоходную гусеничную дистанционно-управляемую платформу. Разработана в ОАО "НИ-ТИ «Прогресс» по заказу Минобороны РФ. Данная платформа может быть использована для разведки (есть видеокамеры, тепло-визор, РЛС, дальномер), патрулирования местности, поддержки штурмовых подразделений. Может ставить дымовые завесы, дистанционное минирование и разминирование (при размещении минного заградителя или трала), доставлять грузы на небольшие расстояния, проводить аудиопропаганду (при размещении устройств воспроизведения и громкоговорителей). «Платформа-М» может быть вооружена автоматическим гранатометом, пулеметом, ПТРК. Вес машины составляет 800 кг, полезная нагрузка – 300 кг. Управлять «Платформой» можно на дистанции 5 км.

Дальность действия – до 1500 м

Скорость – до 12 км/ч

Проходимость – препятствия высотой (глубиной) 210 мм, уклон не менее  $\pm 25$  градусов

Время непрерывного движения бронированного по 3 классу защиты – не менее 10 часов

Габариты:

– длина – не более 1600 мм

– ширина – не более 1200 мм

– высота – не более 1200 мм



*Платформа-Арго* – российский боевой роботизированный комплекс предназначенный для ведения разведки и патрулирования местности, способен поражать живую силу, а также небронированную или lightly бронированную технику противника. Роботизированная платформа «Арго» имеет защищенное днище, с предельно низким центром тяжести, колесами со специальным протектором. Также комплекс может быть поставлен на гусеницы. РБТК «Арго» может применяться при проведении морских десантных операций. Дистанционно управляемая платформа способна обеспечить огневую поддержку десантно-штурмовым группам, производить разведку побережья, обеспечить доставку грузов и боеприпасов для подразделений ведущих бой на берегу.

Технические характеристики Боевого роботизированного комплекса (РБТК) «Арго»:

Полная снаряженная масса не превышает 1020 кг;

Максимальная скорость передвижения 20 км/ч, по воде – до 2,5 узлов.

Максимальные габариты 3350×1850×1650 мм;

Время непрерывной работы, не менее 20 часов;

Вооружение: Пулемет ПКТ калибра 7,62 мм, 3 РПГ – 26, РШГ – 2.

### Тыловые роботы

Отдельной группой идут роботы, которые используются для перевозки грузов, в том числе и в районе боевых действий. Подобные системы должны сопровождать бойцов и перевозить часть боекомплекта, тяжелое вооружение или другие грузы. Почти все подобные роботы могут выполнять и дополнительные функции: разведки или эвакуации раненых.



Роботизированная платформа поддержки отделения *SMSS (Squad Mission Support System)* создана компанией Lockheed Martin

в инициативном порядке. Впервые представлена в 2011. SMSS имеет массу 1,81–1,95 т, выполнена на 6-колесном внедорожном шасси и предназначена в первую очередь для использования в качестве транспортного средства личного состава подразделения. Машина может перевозить боеприпасы или имущество солдат, следуя за ними в одном боевом порядке. Она может передвигаться по пересеченной местности со скоростью до 40 км/ч и при этом транспортировать на себе груз массой 450–680 кг. Установленный на корпусе лазерный сканер формирует трехмерное изображение местности в передней полусфере, проанализировав которую робот принимает решение на движение вперед, преодоление препятствия или запрашивает помощь оператора. Платформа SMSS имеет длину 3,3 м, ширину 1,8 м, способна преодолевать вертикальную стенку высотой 0,56 м, ров шириной 0,7 м. Запас хода составляет 243

---

около 160 км по шоссе или 80 км по пересеченной местности. Ди-зельный двигатель имеет мощность 80 л.с. Робот имеет четыре ре-жима управления: ручное, непосредственно с борта машины; дис-танционное управление через пульт; автономное передвижение; автономное передвижение под контролем оператора. Дополни-тельной функцией машины может быть экстренная эвакуация ра-неных с поля боя.

Кроме транспортного варианта SMSS, компанией Lockheed Martin разрабатывается также вооруженный разведывательный вариант робота. Для этого на машину был установлен комплекс датчиков на выдвижной телескопической платформе, за счет чего она сможет вести разведку местности, в том числе из-за складок рельефа местности, либо просматривать улицы и заглядывать в здания. Для огневой поддержки машина может быть снабжена 12,7-мм пулеметом, 40-мм гранатометом или пусковой установкой ПТУР Javelin. Прицеливание и ведение огня осуществляется опе-ратором.



*R-Gator* – продукт компании iRobot, раз-Правительственный совместный с Deere&Company. Устройство представляет собой небольшое вспомогательное транспортное средство. R-Gator способен совер-шать некоторые операции в автоматическом режиме – такие как движение к заданной точке с преодолением препятствий. Устрой-

ство способно следовать за другими транспортными средствами и перемещающейся пехотой. Так же возможна Практическая работа в полуавтоматическом режиме – в режиме телеуправления. Устройство находится в стадии разработки.



*Trakkar* является многофункциональной, автономной платформой (4×4) с возможностью нести 250 кг полезной нагрузки и возможностью проходить по бездорожью. Быстро адаптируется в зависимости от миссии благодаря быстрой смене полезной нагрузки. Может быть использован в качестве перевозчика полезной нагрузки, ретрансляционной станции передачи данных, сенсорной платформы, платформы для обезвреживания боеприпасов и проверки маршрута или срочной эвакуации. Двигатель: электрический с двумя свинцово-кислотными батареями 2,5 кВт/ч и одно-цилиндровый дизельный двигатель 3,5кВ.

Характеристики: пустой вес – 250 кг, 1,45×1,615 м (ДхШ), 200– 300 м дорожного просвета. Производительность: скорость – 0– 15 м /ч, машина с задней разгрузкой; продолжительность работы – 70 ч с дизельно-электрическим вспомогательным блоком питания. Канал передачи данных: беспроводной. Система управления: дистанционная или автономная через GPS-навигацию, дневная/ночная камера, лазерный локатор ИК-диапазона. Полезная нагрузка: 250 кг; перевозка полезной нагрузки, оборудование для наблюдения, ретрансляционная система передачи данных, платформа для

---

обезвреживания боеприпасов и проверки маршрута – можно объединить две для дополнительной маневренности.

#### 4.3.3. Морские (надводные или подводные) роботы

На данный момент существует ряд разработок в области создания водных боевых роботов. Основными задачами роботов подобного типа являются автоматическое патрулирование, разведка, охрана береговой линии и портов, поиск мин. Наиболее известные водные роботы, разрабатываемые для военных целей:



*REMUS (Remote Environmental Measuring UnitS)* — автономный подводный аппарат. Разрабатывался в США компанией Hydroid. Предназначен для исследования вод мирового океана, был модернизирован для военных целей. Имеет ряд модификаций.

Применяется для гидрографической съемки, противоминных операций, операций обеспечения безопасности на порту, экологического мониторинга, картографирования районов катастрофы, поисковых и спасательных операций, рыболовных операций и научных исследований.

Максимальный диаметр: 19 см (7,5 дюйма)

Максимальная длина: 160 см (63 дюйма)

Вес: Вес в воздухе: 37 кг

Максимальная рабочая глубина: 100 м

Энергопитание: 1 кВт·ч внутренне перезаряжаемые литий-ионные аккумуляторы

Выносливость: 10 часов при оптимальной скорости 1,5 м/с (3 узла) > 8 часов при 2,6 м/с (5 узлов)

Диапазон скоростей: до 2,3 м/с (4,5 узлов)

Включение / Выключение: Магнитный переключатель

Ретранслятор: диапазон рабочих частот – 20–30 кГц

Отслеживание: аварийный ретранслятор, прерывание миссий, и в миссии capabilities отслеживания

#### Раздел 4. Применение роботов

---

Стандартные датчики: акустический доплеровский профило-граф течений диаграмма акустического каротажа по доплеровской скорости, гидролокатор бокового обзора, навигация данных вклю-чая: длинную базу интерферометра, проводимость, температуру и давление

Дополнительные датчики: двухчастотный гидролокатор бокового обзора, акустический модем, система визуализации аку-стических изображений, видео камеры, инерциальная система на-вигации, GPS, Iridium, цифровой Ultr-Short Базовый уровень (DUSBL). Оптические датчики: флюорометр, рассиватель света, датчики мутности

Программное обеспечение: ноутбук с графическим интерфей-сом пользователя для программирования, обучения, анализа дан-ных после завершения миссии, документации, технического об-служивания и устранения неполадок

Транспортировка: 2 кейса многоразового использования для всего оборудования, каждая менее 150 фунтов (подходит для ноч-ной транспортировки)

Опции: контроль работы нескольких ПБА (до 4 аппаратов REMUS могут Практическая работать одновременно).



«Ариэль II» (*Ariel II*) – автономный шагающий подводный ап-парат (Autonomous Legged Underwater Vehicle – ALUV). Он пред-назначен для поиска и удаления мин и различных препятствий в

системе противодесантной обороны противника, расположенных в прибрежной мелководной зоне и на «пляже». Особенностью робота, по заявлению разработчиков, является его способность оставаться работоспособным и в перевернутом состоянии. «Ариэль II» весит около 11 кг и может брать полезную нагрузку до 6 кг. Длина корпуса аппарата – 550 мм, длина наибольшая по манипуляторам с компасом и креномером – 1150 мм, ширина – 9 см в низком положении и 15 см – на приподнятых «ногах». Робот способен Практическая работать на глубинах до 8 м. Источник питания – 22 никель-кадмиевые батареи. Конструктивно «Ариэль II» представляет собой крабооб-разный аппарат, имеющий основной корпус и шесть прикреплен-ных к нему ног, обладающих двумя степенями свободы. Система управления целевой нагрузкой – распределенная. Робот имеет ре-жим уничтожения мин. Обнаружив мину, робот останавливается и занимает позицию в непосредственной близости от мины, ожидая команды. По получении с КП соответствующего сигнала робот подрывает мину. Таким образом, «стая» этих роботов может одно-временно почти полностью или даже в полном объеме уничтожить противодесантное минное заграждение в районе планируемой вы-садки морского десанта.



*АНПА «Дельфин» – небольшой автономный аппарат, предна-значенный для проведения работ в прибрежных и внутренних во-дах.*

##### **Назначение:**

Обзорно-поисковые работы: поиск и обследование затонувших объектов, инспекция подводной инфраструктуры (трубопроводов, кабелей), подводных сооружений;

Инженерные изыскания на стадии подготовки к подводному строительству: топографическая и фотовидеосъемка морского дна, акустическое профилирование и картографирование рельефа;

Океанографические исследования, мониторинг водной среды, оценка биоресурсов;

Работы специального назначения: обследование потенциально опасных объектов, подводные работы, прокладка кабельных линий;

Работы военного назначения, включающие:

Охрану водных районов и обеспечение безопасности объектов военной техники.

Поиск и обезвреживание мин, противоминное картирование;

Обеспечение связи, измерение характеристик водной среды и дна для обеспечения работы ГАС.

Разведка, сбор данных и постановка помех.

Освещение подводной обстановки, поиск и обнаружение объектов противника.

##### **Особенности конструкции АНПА:**

Малые габариты. Отличительной особенностью подводного аппарата является его портативность и компактность. Компактные размеры аппарата позволяют всей системе уместиться в один водонепроницаемый кейс, масса которого 20 кг. Аппарат готов к использованию в течение 15 минут. Для обслуживания системы достаточно одного человека.

Надежность. Благодаря простой и продуманной архитектуре построения электронной части и современной системе контроля и защите обеспечивается надежная практическая работа подводного аппарата. Вся электронная часть подводного аппарата располагается в герметичном отсеке.

##### **Стандартная комплектация:**

---

Подводный аппарат с датчиком глубины, цифровым компасом, GPS, Li-Ion батареей.

Надводный модуль.

Блок связи WiFi и GSM.

Ударопрочный транспортировочный кейс.

Блок связи (беспроводной и гидроакустической).

Цифровая видеокамера.

Гидролокатор бокового обзора.

Доплеровский лаг 4-луча.

INS.

Гидролокатор впередсмотрящий.

Дополнительное оборудование:

Многолучевой эхолот.

Акустический модем.

Гидролокатор бокового обзора.

Впередсмотрящий гидролокатор.

Цифровая камера.

Датчики CTD, флюоресценции, рассеяния, скорости звука.

DVL, высокоточный INS.

ГАНС ДБ.

Тактико-технические характеристики:

Рабочая глубина: 50 м

Вес в воздухе: 15 кг

Габаритные размеры: 1100 мм, диаметр корпуса 150 мм

Автономность: 8 часов на скорости 3,0 узла

Диапазон изменения скорости: от 1 до 4 узлов

Связь: WiFi, GSM/HSDPA

Питание: 2-штырьковый разъем для зарядки постоянным током

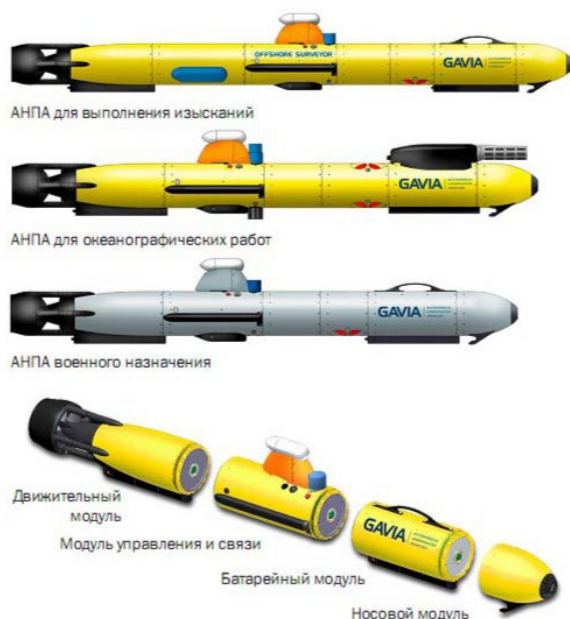
Навигация: GPS, доплеровский лаг, компас, датчик глубины и скорости, INS, ГАНС ДБ

Дистанционное управление: Запуск миссии, дистанционное управление перемещением аппарата

Источник питания: Перезаряжаемые литий-ионные батареи

Вт•ч

Движительная система: Трехлопастной винт (бронза)



Модульная конструкция автономного необитаемого аппарата АНПА «Гавиа» позволяет изменять конфигурацию и оснащения аппарата в соответствии с задачами производимых операций. Для своих массогабаритных характеристик АНПА имеет большую рабочую глубину и автономность.

Назначение АНПА «Гавиа»:

- Поисковые и спасательные операции.
- Освещение подводной обстановки.
- Разведка.
- Использование в качестве средства доставки.
- Проведение операций по разминированию.

Особенности Автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) «Гавиа»:

- Отсутствие функциональной зависимости от судна обеспечения.
- Высокая скорость ПА при поиске.

---

Большая зона покрытия.

Широкий диапазон глубин погружения.

Точность определения координат цели.

Точность удержания своего места в районе дислокации.

Подводная автономность аппарата.

Универсальность при выполнении широкого круга задач.

Сбор данных в непосредственной близости к объекту.

АНПА «Гавиа» имеет модульную конструкцию, обеспечивая возможность изменения конфигурации и перестройки в соответствии с требованиями производимых операций.

Особенности модульной конструкции:

Быстрая установка новых модулей.

Смена модулей в полевых условиях.

Установка модулей в зависимости от поставленных задач. Тактико-технические характеристики:

Длина: 1800 мм

Вес в воздухе: 49 кг

Диаметр: 200 мм

Рабочая глубина: 500 или 1000 м

Аккумулятор: 1,2 кВт литий-ионные батареи; Два батарейных модуля могут быть использованы одновременно

Максимальная скорость: 5,5 узлов

Автономность: В зависимости от конфигурации и скорости перемещения; в среднем: 4–7 часов

Навигация: GPS-приемник (на поверхности); DGPS-приемник с приемом поправок WAAS/EGNOS;

Индукционный компас, датчик ориентации (точность:  $\pm(1-5)^\circ$ );

Инерциальная навигационная система: комплексированная доплер-инерциальная система (ИНС, доплеровский лаг), точность: накопление ошибки 3 м/ч при 3 узлах

Робототехнике уделяется повышенное внимание во всем мире.

настоящее время нельзя сказать, что робототехника сильно влияет на сферу обороны и национальной безопасности. Однако все может измениться мгновенно. Разработка автоматизированных систем находится на переднем крае науки и развития технологий. Чтобы создать по-настоящему эффективного боевого робота, нуж-

но решить большое количество сложнейших технических задач. Это и разработка принципиально новых источников энергии, мощных и компактных, и создания

##### **Тестовые вопросы**

БПЛА-это?

- а) водные роботы
- б) наземные роботы
- в) воздушные роботы

Сколько версий БПЛА?

- а) 1 б) 2 в) 5

МРК это?

- а) безэкипажная боевая машина
- б) защищенная станция
- в) химико-биологическая бронетехника

Вид связи у АНПА «Дельфин» а) Wi-fi, GSM/HSDPA

- б) GSM, Wi-fi в) HSDPA, Wi-fi

Remus?

- а) автономный подводный аппарат
- б) автономный летательный аппарат
- в) автономный наземный аппарат

##### **Контрольные вопросы**

Назовите разновидности военных роботов.

Предназначение БПЛА.

Назовите группы наземных военных роботов.

Виды тыловых роботов.

Основные задачи водных боевых роботов.

##### **Литература**

Слюсар В. Средства связи с наземными роботизированными система-ми: современное состояние и перспективы // Электроника: наука, технология, бизнес. 2014. № 7 (139). С. 66–79.

---

Смирнов А., Тютюк С. Военные роботы на защите жизни // Армей-ский сборник : Научный, практико-методический журнал Министерства обороны Российской Федерации. М. : Редакционно-издательский центр Министерства обороны РФ, 2016. № 09. С. 70–79.

Современные военные роботы – боевые системы будущего. URL: <http://militaryarms.ru/voennaya-texnika/boevye-mashiny/voennye-boevye-roboty/> (дата обращения: 6.11.2016).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **Методические указания**

по организации и проведению самостоятельной работы  
по дисциплине

**«Робототехнические системы и мехатроника»**

для студентов направления подготовки

**09.03.02 «Информационные системы и технологии»**

направленность (профиль)

**«Прикладное программирование в интеллектуальных информационных  
системах»**

**Ставрополь, 2026**

## 1. Общие положения

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Самостоятельная работа по дисциплине «Робототехнические системы и мехатроника» направлена на формирование следующих **компетенций**:

| Код, формулировка компетенции | Код, формулировка индикатора |
|-------------------------------|------------------------------|
|-------------------------------|------------------------------|

|                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ПК-1 Способен разрабатывать программное обеспечение интеллектуальных информационных систем</p>                                                                                          | <p>ПК-1<sub>ид-1.1</sub> – Демонстрирует знания в области применения алгоритмов и их адаптации к практическим задачам</p> <p>ПК-1<sub>ид-1.2</sub> – Разрабатывает приложения на языке высокого уровня в том числе с использованием интеллектуальных технологий</p> <p>ПК-1<sub>ид-1.3</sub> – Применяет современные автоматизированные технологии тестирования и отладки программного обеспечения</p> <p>ПК-1<sub>ид-1.4</sub> – Применяет современные технологии непрерывного развертывания и доставки программного обеспечения</p> <p>ПК-1<sub>ид-1.4</sub> – Применяет современные технологии непрерывного развертывания и доставки программного обеспечения</p> |
| <p>ПК-9 Способен проводить научно-исследовательскую работу на основе анализа передового опыта в сферах проектирования и разработки информационных систем, в том числе интеллектуальных</p> | <p>ПК-9<sub>ид-9.1</sub> – Проводит анализ отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований</p> <p>ПК-9<sub>ид-9.2</sub> – Составляет обзоры, рефераты, отчеты, готовит научные публикации и доклады на научных конференциях и семинарах по тематике своих исследований</p> <p>ПК-9<sub>ид-9.3</sub> – Реализует вычислительные эксперименты в рамках исследований с использованием передовых технологий и методик в области интеллектуальных информационных систем</p>                                                                                                                                                                                   |

## 2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование набора общенаучных, профессиональных и специальных компетенций будущего бакалавра по соответствующему направлению подготовки

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

### 3. Технологическая карта самостоятельной работы студента

| Коды реализуемых компетенций | Вид деятельности студентов                       | Средства и технологии оценки | Объем часов, в том числе (акад.) |                                    |       |
|------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
|                              |                                                  |                              | СРС                              | Контактная работа с преподавателям | Всего |
| 5 семестр                    |                                                  |                              |                                  |                                    |       |
| ПК-1, ПК-9                   | Самостоятельное изучение литературы и источников | Собеседование                | 8                                | 4                                  | 12    |
| ПК-1, ПК-9                   | Подготовка лабораторным занятиям                 | Защита ЛР                    | 70                               | 8                                  | 78    |
| Итого за 5 семестр           |                                                  |                              | 78                               | 12                                 | 90    |
| Итого                        |                                                  |                              |                                  |                                    | 90    |

### 4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

#### 4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста**:

информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)

усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

*Основные виды систематизированной записи прочитанного:*

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

*Методические рекомендации по составлению конспекта:*

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

#### *4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям*

Для того чтобы практические и лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

#### *4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний*

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и

самостоятельно студенту рекомендуется, провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

#### *4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, докладов, эссе, научных статей и т.д.)*

Перед тем, как приступить к написанию научного текста, важно разобраться, какова истинная цель вашего научного текста - это поможет вам разумно распределить свои силы и время.

Во-первых, сначала нужно определиться с идеей научного текста, а для этого необходимо научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важных мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Доклад - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов.

Доклад не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в доклад е должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки  
а студентом.

Выполнение доклада начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания доклада. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать работу.

Рабочий вариант текста доклада предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки доклад сдается на кафедру для его оценивания руководителем.

#### *Требования к написанию доклада*

Написание 1 доклада является обязательным условием выполнения плана СРС по любой дисциплине профессионального цикла.

Тема доклада может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно, исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

Доклад должен быть написан научным языком.

Объем доклада должен составлять 20-25 стр.

#### *Структура доклада:*

- Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект исследования, основные цели и задачи исследования.
- Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор мировой литературы и источников Интернет по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.
- Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются достигнутые при изучении проблемы цели, перспективы развития исследуемого вопроса
- Список использованной литературы (не меньше 10 источников), в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами. В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет и ссылки на ресурсы сети Интернет.
- Приложение (при необходимости).

#### *Требования к оформлению:*

- текст с одной стороны листа;
- шрифт Times New Roman;
- кегль шрифта 14;
- межстрочное расстояние 1,5;
- поля: сверху 2,5 см, снизу – 2,5 см, слева - 3 см, справа 1,5 см;
- доклад должен быть представлен в сброшюрованном виде.

#### *Порядок защиты доклада:*

Защита доклада проводится на практических занятиях, после окончания работы студента над ним и исправления всех недочетов, выявленных преподавателем в ходе консультаций. На защиту доклада отводится 5-7 минут времени, в ходе которого студент должен показать свободное владение материалом по заявленной теме. При защите доклада приветствуется использование мультимедиа-презентации.

#### *Оценка доклада*

Доклад оценивается по следующим критериям:

- соблюдение требований к его оформлению;
- необходимость и достаточность для раскрытия темы приведенной в тексте доклада информации;
- умение студента свободно излагать основные идеи, отраженные в докладе;
- способность студента понять суть задаваемых преподавателем и сокурсниками вопросов и сформулировать точные ответы на них.

#### *Критерии оценки:*

*Оценка «отлично»* выставляется студенту, если в докладе студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует для написания доклада современные научные материалы; анализирует полученную информацию; проявляет самостоятельность при написании доклада.

*Оценка «хорошо»* выставляется студенту, если качество выполнения доклада достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы по теме доклада.

*Оценка «удовлетворительно»* выставляется студенту, если материал доклада излагается частично, но пробелы не носят существенного характера, студент допускает неточности и ошибки при защите доклада, дает недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении материала.

*Оценка «неудовлетворительно»* выставляется студенту, если он не подготовил доклад или допустил существенные ошибки. Студент неуверенно излагает материал доклада, не отвечает на вопросы преподавателя.

#### *4.5. Методические рекомендации по выполнению исследовательских проектов*

Исследовательская проектная работа – это групповая работа, для выполнения которой необходим выбор и приложение научной методики к поставленной задаче, получение собственного теоретического или экспериментального материала, на основании которого необходимо провести анализ и сделать выводы об исследуемом явлении. Выполнение проекта – это всегда коллективная, творческая практическая работа, предназначенная для получения определенного продукта или научно-технического результата. Такая работа подразумевает четкое, однозначное формирование поставленной задачи, определение сроков выполнения намеченного, определение требований к разрабатываемому объекту.

Выполнение 1 группового проекта является обязательным условием выполнения самостоятельной работы по любой дисциплине профессионального цикла. Тема проектного задания может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей

программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно, исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

#### *Требования по выполнению и оформлению проекта*

При выполнении проекта приветствуется работа в группе (2-3 человека). Проект – это исследовательская работа, в ходе которой студенты должны продемонстрировать владение навыками научного исследования, умения проводить анализ, обобщать информацию, делать выводы, предлагать свои решения проблемы, рассматриваемой в проекте.

При подготовке материалов проекта студенты должны продемонстрировать владение современными методами компьютерной обработки данных.

#### *Критерии оценки работы участника проекта.*

Для каждого из участников проекта оцениваются:

- профессиональные теоретические знания в соответствующей области;
- умение работать со справочной и научной литературой, осуществлять поиск необходимой информации в Интернет;
- умение работать с техническими средствами;
- умение пользоваться соответствующими выполняемому проекту информационными технологиями;
- умение готовить материалы проекта для презентации: составлять и редактировать тексты, формировать презентацию проекта;
- умение работать в команде;
- умение публично представлять результаты собственной деятельности;
- коммуникабельность, инициативность, творческие способности.

#### *Критерии выставления оценки участникам проекта*

| Оценка    | Профессиональные компетенции                                                                                                                                                                                       | Компетенции, связанные с использованием соответствующих выполняемому проекту технических средств и информационных технологий | Иные универсальные компетенции (коммуникабельность, инициативность, умение работать в «команде», управленческие навыки и т.д.)                    | Отчетность                             |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| «Отлично» | Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Представленный материал в основном фактически верен, допускаются негрубые фактические неточности. Студент свободно отвечает на вопросы, связанные с проектом. | Технические средства и информационные технологии освоены и использованы для реализации проекта полностью                     | Студент проявил инициативу, творческий подход, способность к выполнению сложных заданий, навыки работы в коллективе, организационные способности. | Проект представлен полностью и в срок. |
| «Хорошо»  | Работа выполнена на достаточно высоком                                                                                                                                                                             | Обнаруживаются некоторые ошибки                                                                                              | Студент достаточно полно                                                                                                                          | Проект представлен                     |

| Оценка                | Профессиональные компетенции                                                                                                                                                                                   | Компетенции, связанные с использованием соответствующих выполняемому проекту технических средств и информационных технологий | Иные универсальные компетенции (коммуникабельность, инициативность, умение работать в «команде», управленческие навыки и т.д.)  | Отчетность                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                       | профессиональном уровне. Допущено до 4–5 фактических ошибок. Студент отвечает на вопросы, связанные с проектом, но недостаточно полно.                                                                         | в использовании соответствующих технических средств информационных технологий                                                | но без инициативы и творческих находок выполнил возложенные на него задачи.                                                     | достаточно полно и в срок, но с некоторыми недоработками. |
| «Удовлетворительно»   | Уровень недостаточно высок. Допущено до 8 фактических ошибок. Студент может ответить лишь на некоторые из заданных вопросов, связанных с проектом.                                                             | Обнаруживает недостаточное владение навыками работы техническими средствами и соответствующими информационными технологиями  | Студент выполнил большую часть возложенной на него работы.                                                                      | Проект сдан с опозданием (более недели) и не полностью    |
| «Неудовлетворительно» | Работа не выполнена или выполнена на низком уровне. Допущено более 8 фактических ошибок. Ответы на связанные с проектом вопросы обнаруживают непонимание предмета и отсутствие ориентации в материале проекта. | Навыков работы с техническими средствами нет, информационные технологии не освоены                                           | Студент практически не работал, не выполнил свои задачи или выполнил лишь отдельные существенные поручения в групповом проекте. | Проект не сдан.                                           |

*Студенты должны:* защитить проект в режиме презентации, предъявить файлы выполненного проекта, уметь рассказать о технологиях, использованных ими при выполнении проекта, дать оценку работы каждого члена группы (если проект групповой).

#### 4.6. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент

демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

### **Контроль самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование, оценка доклада, оценка презентации, оценка участия в круглом столе, оценка выполнения проекта.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

### **Список литературы для выполнения СРС**

#### **Перечень основной литературы:**

1. Жмудь, В. А. Теория автоматического управления. Замкнутые системы : учебное пособие для академического бакалавриата / В. А. Жмудь. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2022. — 234 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05119-3. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/4561B31D-C11D-4353-8A29-602D7F563CB4](http://www.biblio-online.ru/book/4561B31D-C11D-4353-8A29-602D7F563CB4).

2. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации : учебник для академического бакалавриата / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 180 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04428-7. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/8BF68DB1-1C5B-4FA1-8214-13B762A15A5F](http://www.biblio-online.ru/book/8BF68DB1-1C5B-4FA1-8214-13B762A15A5F)

3. Рэндал, У.Б. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / У.Б. Рэндал, У.М. Тимоти ; пер. с англ. А.И. Демьяникова ; ред. пер. Г.В. Анцев. - Москва :

