

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ  
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОВ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Методические указания  
по проведению  
лабораторных работ.

I семестр обучения

Москва 2012 г.

Составитель: Д.В. Евстигнеев

Материал предназначен для студентов дневного отделения, проходящих обучение по дисциплине «Проектирование роботов и робототехнических систем» (I семестр обучения) и может быть использован для самостоятельной работы при освоении данной дисциплины.

## **Лабораторная работа №1. Проектирование конструкции мобильного робота**

**Цель работы:** получение практических и теоретических навыков проектирования конструкции мобильных роботов.

### **Задание:**

С помощью программного комплекса 3D Studio MAX разработать собственную уникальную модель конструкции дистанционно-управляемого мобильного робота, предназначенного для проведения аварийно-спасательных и разведывательных работ на открытой местности в опасных для человека зонах. Модель должна быть адаптирована для экспорта в программный комплекс Dyn-Soft RobSim 5. Мобильный робот должен отвечать следующим требованиям:

1. Ширина не более 40 см;
2. Высота (в сложенном виде) не более 80 см;
3. Наличие 3- 6-звенного манипулятора с захватным устройством для открывания дверей домов, дверей автомобилей и переноса грузов массой до 0,5 кг;
4. Максимальная высота рабочей области манипулятора не менее 1 м.
5. Наличие одной или нескольких видеокамер, позволяющей оператору дистанционно управлять роботом;
6. Скорость движения шасси робота не менее 1 м/с;
7. Робот должен быть предназначен для самостоятельного движения в район проведения работ и обратно на расстояние не менее 1 км.
8. Продолжительность проведения работ после прибытия в заданный район не менее 1 ч.

**Обязательное требование: МАХ-файл с роботом обязательно должен совпадать с фамилией студента!**

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.

2. Габаритные размеры робота.
3. Внешний вид робота (экранная распечатка) с указанием мест размещения двигателей, элементов питания и видеокамер.
4. Вывод о соответствии конструкции разработанной модели требованиям задания к лабораторной работе.

### **Порядок работы:**

Для разработки модели робота необходимо использовать программный комплекс 3D Studio MAX (версии 5 и выше).

Модель следует создавать, переключив единицы измерения в 3D Studio MAX (пункт меню Customize | Units Setup) на сантиметры (по умолчанию все размеры в условных единицах, соответствующих дюймам).

Геометрический центр робота должен находиться в плоскости в начале координат, а по высоте колесами стоять на плоскости  $Z=0$ . Передняя часть робота должна быть ориентирована в положительном направлении по оси  $Y$  (на виде сверху передняя часть робота должна быть вверху экрана).

Работа на программном комплексе 3D Studio MAX состоит из следующих основных этапов:

- создание геометрической модели;
- наложение материалов;
- создание кинематических связей.

Создание трехмерного изображения производится в трех проекциях (вид сверху, вид слева, вид спереди). Три вида дополняет вид «перспектива». Редактирование рекомендуется производить на трех основных видах, а вид «перспектива» использовать лишь для наблюдения за полученным результатом.

Для создания модели необходимо использовать любой из примитивов (сфера, цилиндр, труба, параллелепипед и др.) с командной панели из закладки «Create» с подзакладки «Geometry». Выбрав примитив необходимо кликнуть мышкой в один из видов и, удерживая кнопку мыши, отвести мышку в сторону, задав один из параметров объекта. Затем, отведя мышку в сторону, задать второй параметр объекта, если он есть, и кликнуть мышкой, чтобы его подтвердить. И т.д. Создав объект,

на командной панели можно изменить его параметры (высота, длина, число сегментов и т.д.).

Созданный объект можно перетащить в нужное место, выбрав на панели инструментов инструмент «перемещение». С помощью инструмента «вращение» можно повернуть объект.

Если необходимо создать копию объекта, то его следует перемещать, удерживая клавишу SHIFT на клавиатуре. Удалить выделенный объект можно клавишей DELETE на клавиатуре.

Если параметры объекта следует изменить, но объект был создан уже давно, то необходимо зайти на вкладку «Modify», расположенную на командной панели.

Для создания сложных объектов рекомендуется использовать модификаторы Edit Mesh. Применяв этот модификатор к объекту можно переместить его опорные точки (Vertex), модифицировать поверхности (faces и polygons), а также объединять геометрии.

Нередко для создания сложной формы удобно использовать лофт-объекты (фигура вращения или перемещения). Для создания лофт-объекта следует создать двухмерную замкнутую фигуру с помощью примитивов на закладке закладке «создать» и подзакладке «фигуры» (shade). После создания фигуры при необходимости ее можно изменить с помощью модификатора «Edit Spline» («редактировать сплайн»). Кнопка этого модификатора находится на командной панели на закладке «Modify». Далее для создания поверхности вращения или перемещения следует использовать модификаторы «Extrude» (выдавить, для создания поверхности перемещения) и «Lathe» (вращать, для создания поверхности вращения). При создании поверхности перемещения в параметрах модификатора следует написать глубину выдавливания.

При рисовании каких-либо гладких объектов можно использовать инструменты FFD(box) или FFD(Cyl).

Поощряется использование материалов и текстур. Для этого необходимо открыть редактор материалов (клавиша “M” или пункт меню «Rendering | Material Editor»). Модель материала


следует использовать «Blinn». При этом важно задавать свойство Specular Level отличное от нуля.


В Dyn-Soft RobSim 5 поддерживаются три цвета материала (Ambient, Diffuse и Specular), а также Self-Illumination.

Возможно использование текстур, наложенных на различные карты (Maps). Поддерживается карта текстур Diffuse Color, Bump, Reflection. В качестве текстуры Diffuse Color поддерживается несколько типов текстур, однако для разработки робота следует использовать только текстуры типа Bitmap (картинка). Все файлы текстур должны храниться в подпапке «Тех» программного комплекса RobSim 5. Поддерживаются типы файлов JPG, PNG, BMP, GIF, DDS, TGA. Рекомендуется создавать текстуры, размер которых кратен степени двойки, а также при возможности использовать формат DDS.

Картой текстуры Bump не следует злоупотреблять из-за вычислительных сложностей ее реализации (не на всех видеокартах в Dyn-Soft RobSim 5 поддерживается карта текстур Bump).

В качестве карты текстры Reflection рекомендуется использовать уже готовую текстуру reflection.dds из папки «Тех» в Dyn-Soft RobSim 5.

Для того чтобы материал отображался на объекте также, как в редакторе материалов, у материала следует нажать кнопку «Show Map in Viewport» ()

Для того чтобы поместить материал из редактора материалов на выделенный объект (объекты) следует нажать кнопку в редакторе материалов «Assign Material to Selection» () или просто перетащить материал из слота на выделенный объект.

Если на объект накладывается материал с текстурой, то для размещения материала следует использовать модификатор «UVW-mapping». В параметрах модификатора имеется несколько типов размещения материала: плоское, сферическое, цилиндрическое и т.д.

Dyn-Soft RobSim 5 поддерживает мультиматериал, автоматически формируемый при наложении нескольких материалов на разные грани объекта.

Геометрические объекты должны быть связаны между собой с помощью инструмента «Select and link».

Созданного робота необходимо сохранить в МАХ-файл, совпадающий с фамилией студента.

## **Лабораторная работа №2. Экспорт модели робота в Dyn-Soft RobSim 5**

**Цель работы:** экспортировать модель робота в Dyn-Soft RobSim 5 для проведения его испытаний в виртуальной среде.

### **Задание:**

1. С помощью программного комплекса 3D Studio MAX разметить на модели робота, созданной в предыдущей лабораторной работе, следующие объекты:

- поверхность столкновения (объекты «Тело»);
- оси вращения и перемещения (объекты «Ось» и «Линейное звено»);
- двигатели;
- колеса;
- батареи питания.

2. Связать объекты между собой.

3. Экспортировать модель в программный комплекс Dyn-Soft RobSim 5.

4. Путем сложения масс используемых объектов рассчитать массу робота.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Внешний вид робота в среде Dyn-Soft RobSim 5.
3. Внешний вид робота в 3D Studio MAX с отображением на нем вспомогательных объектов.
4. Расчет массы робота.

### **Порядок работы:**

1. Работы проводятся на персональном компьютере, на котором установлены 3D Studio MAX (версии 5 и выше),

средство моделирования Dyn-Soft RobSim 5 и средства разработки Dyn-Soft RobSim 5, включая плагин для 3D Studio MAX.

2. Необходимо разметить на работе тела (объект «Тело» с панели RobSim5). Тела должны аппроксимировать внешнюю конструкцию робота, а также при необходимости размечать внутренние перегородки и элементы крепления. Каждому объекту «Тело» следует задать материал и способ изготовления (монолитный, пустой, имеет каркас). Разработчику рекомендуется следить за массой каждого объекта «Тело». Объекты «Тело» должны быть привязаны к объекту, который они аппроксимируют.

3. Для создания осей вращения и перемещения следует использовать объекты «Ось» и «Линейное звено». В параметрах данных объектов следует задавать адекватные моменты и силы трения. Объект «Ось» должен быть привязан к объекту, вокруг которого производится вращения, а вращаемый объект должен быть привязан к оси. Аналогично с линейными звеньями.

4. Двигатели и батареи питания создаются с помощью соответствующих объектов панели «RobSim5», а их модель выбирается из базы данных. Рекомендуется использовать двигатели со встроенным редуктором. Установив и привязав двигатель к соответствующему геометрическому объекту, следует привязать оси вращения и перемещения к двигателям путем выбора двигателя в параметрах объектов «Ось» и «Линейное звено».

5. Объект «Колесо» может быть задан параметрически, однако рекомендуется использовать готовые колеса из базы данных. Объект «Колесо» должен аппроксимировать геометрическое колесо. Геометрические объекты, образующие колесо, должны быть привязаны к объекту «Колесо», а сам объект колесо привязан к объекту крепления колеса. К осям колеса привязывать не требуется. Двигатель, вращающий колесо, задается в параметрах объекта «Колесо».



6. Для экспорта в Dyn-Soft RobSim 5 сохраните робота в МАХ-файл, а затем выберите в 3D Studio МАХ пункт меню «File | Экспорт робота».

7. Масса робота рассчитывается вручную путем сложения масс всех объектов «Тело» и масс объектов «Колесо», «Двигатель» и «Батарея».

### **Лабораторная работа №3. Аппаратура мобильного робота и его пульта управления**

**Цель работы:** Получение практических навыков по выбору и настройке бортовой аппаратуры, аппаратуры пульта управления роботом и средств и систем связи.

**Задание:**

1. В программном комплексе 3D Studio МАХ установить на модель мобильного робота, разработанного в предыдущей лабораторной работе, следующие компоненты:

- батарея питания;
- бортовой вычислитель;
- камера (одна или несколько);
- печатная плата (для создания контроллеров управления двигателями);
- кнопка или выключатель;
- преобразователи напряжения (при необходимости);
- антенны (при необходимости);
- сетевые коммутаторы и WiFi-роутеры (при необходимости);

Необходимо произвести обоснованный выбор конкретной модели того или иного компонента робота.

2. При необходимости произвести коррекцию модели робота так, чтобы выбранные элементы размещались внутри конструкции робота и не пересекались друг с другом. При размещении компонентов конструкции за пределами робота

необходимо нарисовать в 3D Studio MAX внешний вид данных компонентов и аппроксимировать их объектами «Тело».

3. С помощью средств разработки Dyn-Soft RobSim 5 создать на схеме блок «Пульт управления». Внутри данного блока разместить при необходимости аппаратуру для связи с роботом. Подключить аппаратуру к персональному компьютеру пульта управления.

4. Внутри персонального компьютера пульта управления создать интерфейс с пользователем, временно состоящий из одного или нескольких органов управления.

5. Подключить бортовой вычислитель к источнику питания, подключить к нему видеокамеры и средства связи.

6. С помощью встроенного редактора структурных схем создать модель простейшего программного обеспечения для пульта управления и бортового вычислителя, решающего следующие задачи:

- Организация канала передачи данных от пульта управления в бортовой вычислитель робота.
- Передача данных от органов управления пульта управления в бортовой вычислитель робота.
- Передача видеоизображения от бортовых камер робота в интерфейс с пользователем.

7. Проверить работу канала связи с помощью средств моделирования Dyn-Soft RobSim 5.

8. Последовательно подключая двигатели через кнопку/выключатель, проверить работу каждого двигателя.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Схемы подключения бортовой аппаратуры.
3. Схемы подключения аппаратуры пульта управления.
4. Структурные схемы программного обеспечения бортового вычислителя.
5. Структурные схемы программного обеспечения пульта управления.

6. Описание работы схем и параметры настройки каналов связи.

### **Порядок работы:**

1. Запустить 3D Studio MAX и разместить на схеме компоненты, согласно заданию. При установке указанных элементов система предложит выбор конкретных моделей компонентов из своей базы данных. Следует внимательно отнестись к характеристикам каждого устройства и заранее продумать взаимодействие с другими устройствами. При необходимости студент может использовать ссылку на технические характеристики устройства, предоставляемые компанией-производителем.

2. Для создания схем подключения необходимо нажать кнопку «Схема» на панели RobSim5. При этом открывается редактор схем и подключений, с размещенными в нем компонентами, созданными в 3D Studio MAX.

3. Для создания пульта управления необходимо использовать соответствующую кнопку из панели компонентов внутри редактора схем и подключений. Открывать окно настройки или внешнюю схему можно двойным щелчком или пунктом «Свойства» во всплывающем меню.

4. После очередных изменений схему робота следует сохранять (меню «Файл | Сохранить»). Система автоматически выбирает имя файла для сохранения. Если изменяется модель какого-либо компонента в 3D Studio MAX, то редактор схем и подключений необходимо перезапускать, чтобы параметры устройств синхронизировались с изменениями, сделанные в 3D Studio MAX. Переэкспортировать робота в 3D Studio MAX имеет смысл только в случае внесения изменений в модель в 3D Studio MAX, а в случае изменений на схеме это делать не требуется.

5. Кнопку/выключатель, расположенную на роботе, можно нажимать в системе моделирования Dyn-Soft RobSim 5 путем подхода к роботу, наведения «крестика» на кнопку и нажатием клавиши «ИСПОЛЬЗОВАТЬ» (по умолчанию «Е») на клавиатуре.

## **Лабораторная работа №4. Проектирование электрической схемы и печатной платы контроллера управления роботом**

**Цель работы:** Получение практических навыков по разработке электрических схем и программного обеспечения контроллеров управления роботами.

### **Задание:**

1. Разработать принципиально-электрическую схему и макет печатной платы контроллера управления роботом на базе микропроцессора AVR с помощью средств разработки Dyn-Soft RobSim 5. На плате предусмотреть и выбрать подходящую модель:

- разъемов;
- микропроцессоров;
- силовых ключей;
- схем организации канала связи с бортовым вычислителем.

2. Контроллер должен иметь возможность управления мощностью и направлением вращения каждого двигателя робота по команде с бортового вычислителя.

3. С помощью редактора структурных схем Dyn-Soft RobSim 5 для микроконтроллеров разработать модель программного обеспечения, обеспечивающего функциональность контроллера.

4. Модифицировать при необходимости интерфейс с пользователем и модели программного обеспечения пульта управления и бортового вычислителя для создания полноценного дистанционного управления роботом.

5. Провести испытания модели робота на виртуальном полигоне. При необходимости внести изменения в модель робота для получения адекватного управления.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Принципиально-электрическая схема контроллера.
3. Общая схема подключения бортовых устройств.

4. Отчет о результатах испытания (движение вперед-назад, повороты, подъем по наклонной поверхности и т.п.).

### **Порядок выполнения:**

1. Необходимо открыть схему робота в редакторе схем и подключения Dyn-Soft RobSim 5. В нем открыть редактор печатных плат путем двойного клика по блоку «Печатная плата», установленного на робота в предыдущей лабораторной работе.

2. Редактор печатных плат состоит из двух закладок: макет печатной платы и электронная схема. Для создания новых компонентов печатной платы их необходимо разместить на макете печатной платы. В электронной схеме компоненты размещаются автоматически после их установке на макете. На закладке «электронная схема» возможно установить только элемент «Земля» и различные измерительные средства.

3. Перед разработкой контроллера необходимо заранее продумать интерфейс обмена данными с бортовым вычислителем (RS-232, USB или UART). Каждый вариант требует своих схемотехнических решений.

4. Также необходимо продумать способ питания цифровых схем и силовой электроники. Обычно используют два напряжения: +12В с аккумуляторной батареи (силовое питание) и +5В через преобразователь напряжений или от USB (приборное питание). Причем преобразователь напряжения может быть как внешний (по отношению к контроллеру), так и внутренний на плату. Оба напряжения должны иметь общую «землю».

5. Удобно начать разработку платы с установки разъемов. Необходимо выбирать разъемы, исходя из предполагаемых токов, текущих через них. После установки разъемов на плату можно разместить AVR-контроллер, силовые ключи (рекомендуется L6203) и схемы, образующие канал связи (MAX232, FT232RL или выводы UART, если этот интерфейс поддерживается бортовым вычислителем). Не рекомендуется использовать один микропроцессор для управления более чем 4-5 электродвигателями.

6. Рекомендуется использовать техническую документацию (datasheet) на используемые микросхемы. В них можно найти не только описание выводов, но и правильные схемы их подключения.

7. Для подключения силовых ключей к микропроцессору рекомендуется использовать аппаратные возможности микропроцессора по формированию ШИМ. Для этого один из входов силового ключа (например, IN1) следует подключить к одному из выходов микропроцессора с обозначением ОСхх, а другой вход (IN2) на любую другую ножку одного из портов (РА.х, РВ.х, РС.х, РD.х, РЕ.х, РF.х).

8. Для создания модели программного обеспечения микропроцессора необходимо кликнуть по нему на закладке «Электрическая схема» в редакторе печатной платы. При этом открывается редактор структурных схем программного обеспечения.

9. При разработке структуры программного обеспечения микропроцессора необходимо помнить об его ограниченной производительности и объеме памяти, поэтому не использовать операции с плавающей запятой и максимально задействовать аппаратные функции микропроцессора, в частности ШИМ (Timer/Counter) и UART. Dyn-Soft RobSim 5 следит за этими ограничениями. Поэтому параметры команд, подаваемые на микропроцессор, рекомендуется формировать целочисленными (удобно использовать тип char, который изменяется от -127 до +127). При этом знак числа (бит 7) может подаваться на выход управления направлением вращения, а младшие 7 бит (биты от 0..6) могут подаваться на формирователь ШИМ.

10. Перед созданием модели программного обеспечения рекомендуется сначала проверить канал связи с микропроцессором. Для этого создать простейшую программу, которая принимает по каналу связи какое-нибудь число, модифицирует его (например, вычитает его из числа 255) и отправляет обратно.

11. Для отладки схемы можно использовать средства измерения. Для этого в любую часть схемы можно установить

блок «Мультиметр». Таких блоков можно установить несколько. Результат их работы можно будет увидеть, запустив робота в среде моделирования. После запуска необходимо нажать кнопку «Измерительный инструмент» (по умолчанию «U»).

12. Для проведения испытаний схему робота необходимо сохранить и запустить средства моделирования Dyn-Soft RobSim 5. Необходимо проверить движение робота вперед/назад, повороты робота. При этом важно, чтобы робот двигался в направлении, указанном органом управления (джойстиком), в противном случае, вероятно, перепутана полярность двигателей или левый/правый двигатель. Также рекомендуется провести эксперимент по движению по наклонной поверхности, т.к. только этот эксперимент показывает достаточность момента, создаваемого двигателями.

## ОГЛАВЛЕНИЕ:

Лабораторная работа №1. Проектирование конструкции мобильного робота .....	3
Лабораторная работа №2. Экспорт модели робота в Dyn-Soft RobSim 5 .....	7
Лабораторная работа №3. Аппаратура мобильного робота и его пульта управления.....	9
Лабораторная работа №4. Проектирование электрической схемы и печатной платы контроллера управления роботом .....	12