

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 27.01.2024 11:58:19  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943d74a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

Утверждаю  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
25.01.2023 г.



### КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ  
для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические  
системы и технологии» (бакалавр)

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: А.А.Кузьмин

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

Конструирование и технология биотехнических систем: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» (бакалавр) / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А.Кузьмин. - Курск, 2023. - 38 с.

Содержат методические рекомендации к проведению лабораторных работ по дисциплине «Конструирование и технология биотехнических систем». Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» (бакалавр)

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.09.23 Формат 60x84 1/16

Усо.печ.л. 2,2. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 30 экз. Заказ: 1079. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## **Лабораторная работа №1**

Выполнение предпроектных работ. Обоснование актуальности проблемы. Формирование цели и задач проекта.

1. Цель работы: научиться проводить предпроектные работы, обосновывать актуальность проблемы, формировать цели и задачи проекта.

2. Информационные материалы

### ***Проведение предпроектных работ при создании новых аппаратов и приборов***

#### ***1. Техническое предложение***

На основе исходных данных заказчика, а также изучения спроса и состояния научно-технического уровня данной области техники разработчик разрабатывает техническое предложение (ТП). Техническое предложение может быть результатом выполнения научно-технической работы (НИР).

Техническое предложение - это совокупность КД, которая должна содержать конструкторские и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации на изделие на основании исходных данных, а также предложения о возможных путях решения проблемы, сравнительные оценки решений с учетом конструкторских, технологических и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий. В техническом предложении представляются результаты патентных и научно-технических исследований по данной теме.

Техническое предложение разрабатывается с целью выявления дополнительных или уточненных требований к изделию (технических характеристик, показателей качества и др.), которые не могли быть указаны в исходных требованиях (или проекта ТЗ) заказчика и должны быть сделаны на основе предварительной конструкторской проработки и анализа различных вариантов построения изделия.

Стадия «Техническое предложение» не предусматривается при наличии аванпроекта на продукцию.

Техническое предложение после рассмотрения и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки технического задания (ТЗ) или эскизного проекта.

## ***2 Эскизный проект***

Эскизный проект - это совокупность КД, содержащих принципиальные схемно-конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Эскизный проект разрабатывается с целью установления принципиальных решений (схемных, конструктивных и др.) изделия, дающие общее представление о принципе работы и устройстве изделия, когда это целесообразно сделать до разработки технического проекта или рабочей документации.

После рассмотрения и утверждения эскизный проект служит основанием для разработки технического задания, технического проекта или рабочей конструкторской документации.

## ***3 Разработка технического задания***

Техническое задание (тактико-техническое задание) является основным исходным документом для разработки продукции. Содержание ТЗ должно отражать требования продукции и основные этапы разработки (ГОСТ 25123-82, ГОСТ 15101-79).

В ТЗ должна указываться лимитная цена, если ее необходимость для данной продукции установлена.

Для получения достоверной оценки свойств продукции в предусмотренных условиях ее эксплуатации в ТЗ устанавливается необходимое количество (изготовления) опытных образцов или объем опытной партии.

В перечень документов, требующих совместного рассмотрения, рекомендуется включать такие документы, как технические условия, программу и методику испытаний, патентный формуляр, эксплуатационные и ремонтные документы, если, конечно, они рассмотрены к разработке. Кроме того, необходимо указать на необходимость согласования между разработчиком и заказчиком ведомости комплекта технических документов, в состав которой заказчик вправе включать наряду с другими документами и документ об оценке технического уровня и качества разрабатываемого изделия.

лия (карта технического уровня и качества продукции, сравнительная таблица, если она не помещена в ТЗ, отчет о патентных исследованиях, экспериментальные заключения и т.д.).

В ТЗ указывается порядок сдачи и приемки результатов разработки, который в общем случае включает:

- виды изготовленных образцов (экспериментальные, опытные, головные);
- категории испытаний;
- место проведения испытаний;
- необходимость рассмотрения результатов на приемочной комиссии и ее состав (организация, предприятие, органы);
- документы, представляемые на приемку.

При разработке продукции по индивидуальным требованиям, отличным от требований стандартов, необходимо получать в Госстандарте заключение о возможности таковой разработки.

В ГОСТ 15.001-88 не устанавливается порядок работ до ТЗ. Необходимость тех или иных работ определяется по договоренности заказчика и разработчика, в том числе и вопрос о разработке, согласовании и утверждении ТЗ.

При отсутствии договоренности рекомендуется принять следующий порядок:

- при наличии исходных требований заказчика ТЗ разрабатывает и утверждает разработчик по согласованию с заказчиком (а лучше оба);
- при отсутствии у заказчика необходимых данных он заказывает разработку аванпроекта или разрабатывает ТЗ совместно с разработчиком.

К разработке ТЗ могут привлекаться (при необходимости) сторонние организации. Разработка ТЗ по инициативной разработке полностью является прерогативой разработчика. При составлении ТЗ допускается воспользоваться порядком построения изложения и оформления, изложенным в действующем ГОСТе 15.001-88, ГОСТе 25123-82, ГОСТе В 15.101-79. Независимо от года издания ГОСТа ТЗ должно включать следующие основные разделы:

1. Основания для выполнения работы;
2. Цели и задачи работы;
3. Требования к выполнению работы;
4. Тактико-технические (или технические) требования к

образцу, предполагаемого к созданию (или модернизации);

5. Основные этапы работы;

6. Требования к разрабатываемой документации;

7. Порядок выполнения и приемки этапов работы.

В качестве ТЗ допускается также использовать любой документ (контракт, протокол, эскиз и др.), признанный сторонами.

Изменения ТЗ вносятся на любой стадии разработки по согласованию с заказчиком. Оно оформляется в виде дополнения к заданию, протоколу или другому документу, подтверждающему согласование с заказчиком, а на титульном листе ТЗ делается запись «Действует совместно с дополнением №\_» и «совместно с протоколом №\_ от\_» и т.д.

Действие ТЗ распространяется на все стадии разработки, включая утверждение акта приемки опытного образца (партии) и доработку технической документации по результатам приемочных испытаний.

После этого (выполнения ТЗ) основным документом на продукцию служит НТД (стандарт, технические условия или другой документ, заменяющий их).

### 3. Порядок работы на занятии

3.1 Оформить Техническое предложение на разработку изделия.

3.2 Провести поиск патентной и другой информации по теме проекта.

3.3 Составить отчет о разработке Технического предложения.

### Вопросы к теме

1. Дать определение конструкторского документа «техническое предложение».
2. Когда и кто разрабатывает техническое предложение?
3. На какие вопросы разработки должно дать ответ техническое предложение?
4. Для разработки каких документов предназначено техническое предложение после его рассмотрения и утверждения?
5. Когда и в каких случаях разрабатывается эскизный проект?
6. Что является основанием для разработки ТЗ?
7. Каково основное назначение ТЗ?
8. Какую информацию содержит в себе конструкторский документ «Техническое задание»?

## **Лабораторная работа №2**

### **Разработка медико-технических требований**

1. Цель работы: научиться разрабатывать медико-технические требования (МТТ) на разработку и освоение новой медицинской техники.

#### **2. Информационные материалы**

Согласно ГОСТ Р 15.013-94 «Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия» медико-технические требования, выполняющие роль технического задания, разрабатывает организация-разработчик изделия совместно с организацией - медицинским соисполнителем на основе изучения и анализа достижений отечественной и зарубежной техники, передовой технологии производства, результатов выполненных научно-исследовательских работ, а также на основе исходных требований, приведенных в заявке или предложении. Медико-технические требования разрабатываются с учетом специфики изделия в соответствии с приложениями Б и В ГОСТ Р 15.013-94 и направляются в Минздравмедпром России, подписанные организацией-разработчиком, организацией - медицинским соисполнителем и другими соисполнителями, на рассмотрение и утверждение.

Содержание приложения Е ГОСТ Р 15.013-94 приведено ниже:

### **Приложение Е Гост Р 15.013-94**

#### **Содержание\* Медико-Технических Требования**

\* Содержание разделов зависит от вида изделия и определяется разработчиками медико-технических требований.

#### **1 Наименование и область применения изделия**

1.1 Наименование и обозначение изделия (полное и сокращенное).

1.2 Область применения.

#### **2 Основание для разработки**

2.1 Полное наименование документов и номера их позиций, на основании которых планируется разработка изделия, организации, утвердившие эти документы, и Дата утверждения, в том числе номер и дата рекомендации Минздравмедпрома России о целесообразности разработки (модернизации) изделия.

#### **3 Исполнители разработки**

3.1 Полное наименование:  
организации-разработчика;  
организации-соисполнителя (при наличии);  
организации - медицинского соисполнителя;  
предприятия-изготовителя образцов;  
предприятия-изготовителя серии (если оно определено).

#### **4 Цель и назначение разработки**

4.1 Основная цель разработки и ожидаемый медицинский, технический, экономический или социальный эффект при использовании изделия.

4.2 Непосредственно функциональное назначение изделия в лечебно-диагностическом процессе, область использования (применения), в соответствии с методикой диагностических исследований, лечебных воздействий (с указанием величины воздействия), измерений (с указанием измеряемых величин), хирургических вмешательств, вспомогательных операций и т.п.

4.3 Возможности разрабатываемого изделия, расширяющие целевое назначение и обеспечивающие преимущества по сравнению с существующими аналогами.

#### **5 Источники разработки**

5.1 Исходные требования заявки или предложения на разработку, отчетов по НИР, ОКР, предшествовавших разработке, стандартов на общие технические требования, конструкцию, размеры и основные параметры разрабатываемого изделия и т.д.

#### **6 Медицинские требования**

6.1 Требования к выполнению изделием функциональных задач в лечебно-диагностическом процессе.

Оценка медицинских последствий нарушения функционирования изделия во время его применения.

6.2 Физический, медико-биологический, биохимический и т.д. эффекты или явление, на которых основан принцип действия изделия.

6.3 Количество каналов, объектов исследования рабочих мест, число обслуживаемых пациентов, пропускная способность или производительность изделия.

6.4 Требования к средствам установки, контроля и регулирования режимов работы.

6.5 Требования к способам и средствам отображения и регистрации медико-биологической информации.

6.6 Требования к порядку взаимодействия между персоналом (медицинским, инженерно-техническим) и пациентом в процессе применения изделия.

6.7 Требования об отсутствии отрицательных побочных эффектов в результате применения разрабатываемого изделия (при необходимости).

6.8 Специальные медицинские требования, определяемые назначением и принципом действия изделия

## **7 Технические требования**

### 7.1 Состав изделия

7.1.1 Основные составные части изделия

7.1.2 Запасные части и принадлежности

7.1.3 Эксплуатационные документы (при необходимости).

### 7.2 Показатели назначения

7.2.1 Технические параметры

7.2.2 Метрологические характеристики средств измерения медицинского назначения по ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.256, ГОСТ 22261 и стандартам на виды средств измерений.

7.2.3 Характеристики энергопитания

7.2.4 Временные характеристики

7.2.4.1 Требуемое время непрерывной работы

7.2.4.2 Характеристики рабочего цикла

7.2.4.3 Время готовности (подготовки) к работе.

7.3. Условия эксплуатации (использования, транспортирования и хранения)

7.3.1 Требования устойчивости разрабатываемого изделия к воздействующим факторам внешней среды.

7.3.1.1 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при эксплуатации по стандартам на виды изделия.

7.3.1.2 Требования устойчивости к воздействиям медико-биологической среды применения или медицинских условий использования изделия.

7.3.1.3 Требования устойчивости изделия и (или) его составных частей к стерилизации или дезинфекции.

7.3.1.4 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при транспортировании.

7.3.2 Виды транспортных средств, необходимость крепления при транспортировании и защиты от ударов при погрузке и выгрузке.

7.3.3 Требования к медицинскому и техническому персоналу.

7.3.4 Требования к периодичности и видам контроля технического состояния, обслуживания.

7.4 Требования безопасности по стандартам на виды изделий

7.4.1 Требования к уровням шума, радиации, излучений и т.д.

7.4.2 Требования к уровню вредных и опасных воздействий, возникающих при работе изделия.

7.4.3 Требования безопасности при монтаже, использовании, техническом обслуживании и ремонте (при необходимости).

7.4.4 Требования электробезопасности (для изделий, имеющих физический или электрический контакт с пациентом по ГОСТ Р 50267.0).

7.4.5 Требования радиационной, пожаро- и взрывобезопасности - для соответствующих видов изделий (при необходимости).

7.4.6 Токсикологические требования к изделию, материалам и покрытиям (при необходимости).

7.4.7 Требования к температуре наружных частей изделия.

7.5 Требования к надежности

7.5.1 Класс изделия и (или) его составных частей и зависимости от последствий отказов по ГОСТ Р 50444.

7.5.2 Показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости изделий и (или) его составных частей (каналов, блоков и т.п.) по РД 50-707.

7.5.3 Метод и стадия контроля показателей надежности.

7.6 Требования к конструктивному устройству

7.6.1 Габаритные размеры, масса (объем) изделия.

7.6.2 Площадь, занимаемая изделием.

7.6.3 Требования к материалам, полуфабрикатам и комплектующим изделиям.

7.6.4 Требования к покрытиям и средствам защиты от коррозии.

7.6.5 Требования к параметрическому и конструктивному сопряжению с другими изделиями для работы в комплексе.

7.6.6 Специфические конструктивные требования.

7.6.7 Требования взаимозаменяемости сменных сборочных единиц и частей.

7.7 Эргономические требования

7.7.1 Требования, обеспечивающие соответствие изделия антропометрическим возможностям человека.

7.7.2 Требования, обеспечивающие соответствие изделия физиологическим возможностям человека.

## 7.8 Эстетические требования

## 7.9 Требования патентной чистоты и патентоспособности

7.9.1 Требования по обеспечению патентной чистоты разрабатываемого изделия.

7.9.2 Наличие в разрабатываемом изделии технических решений, защищенных патентами:

- на изобретение;
- на полезную модель;
- на промышленный образец.

## 7.10 Требования к маркировке и упаковке

7.10.1 Требования к качеству маркировки, содержанию, способу и месту нанесения маркировки.

7.10.2 Требования к консервации и упаковке изделия, в том числе требования к таре, материалам, применяемым при упаковке, и т.д.

## 8 Метрологическое обеспечение

8.1 Требования к разработке, аттестации и постановке на производство специальных средств поверки, стендовой аппаратуры, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, при необходимости в них при испытаниях и эксплуатации.

8.2 Требования к разработке и включению в состав изделия средств и устройств его калибровки, самоконтроля и технического диагностирования.

## 9 Экономические показатели

9.1 Источник финансирования

9.2 Ориентировочная стоимость изделия на момент разработки.

9.3 Ориентировочная потребность.

## 10 Стадии и этапы разработки

10.1 Стадии и этапы разработки и сроки их выполнения указывают в табличной форме (см. таблицу). Указывают необходимые этапы разработки конкретного изделия, определяемые организацией-разработчиком по ГОСТ 2.103 и настоящим стандартом.

Наименование этапа	Сроки выполнения (квартал, год)	Исполнители, соисполнители	Характер работы (по исполнителям)
--------------------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------------

## 11 Порядок испытаний и приемки

11.1 Порядок испытаний и приемки по разделу 5 настоящего стандарта.

В разделе указывают количество образцов, представляемых на приемочные испытания, а также ориентировочные сроки проведения медицинских испытаний.

## **12 Дополнительные требования**

12.1 Раздел составляют при необходимости.

Дополнительные требования формируют и включают в процессе согласования и утверждения МТТ.

## **13 Приложения (перечень)**

13.1 Таблицы сравнительных данных с аналогами для оценки технического уровня разработки (для современных и перспективных отечественных и зарубежных аналогов), выполненные по формам 2 и 4 ГОСТ 2.116.

13.2 План-график проведения медико-биологических исследований и работ, выполняемых медицинским соисполнителем с целью обеспечения разработки.

13.3 Дополнительные приложения при необходимости.

Пример оформленных и утвержденных Минздравом МТТ приведен ниже.

### 3. Порядок работы на занятии

3.1 Изучить ГОСТ Р 15.013-94.

3.2 Разработать медико-технические требования на прибор, разрабатываемый в рамках проекта.

4 Пример разработки МТТ:

## **МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

### **НА РАЗРАБОТКУ И ОСВОЕНИЕ**

**"Автономный носимый микропроцессорный прибор суточного контроля величины рН при ионометрическом обследовании желудочно-кишечного тракта и кардиомониторинга от 3-х грудных отведений".**

Шифр "ГАСТРОКАРДИОМОНИТОР ГКМ-01

1999 г.

## **1 Наименование и область применения изделия**

Автономный носимый прибор суточного мониторинга концентрации ионов водорода верхних отделов желудочно-кишечного тракта и кардиомониторинга от трёх грудных отведений.

Шифр "ГАСТРОКАРДИОМОНИТОР ГКМ-01"

## **2 Основание разработки**

Тематический план НИОКР ГНПП "Исток-Система", программа "Медицинская электроника" и решение комиссии по клинико-диагностическим приборам и аппаратам Комитета по новой медицинской технике МЗ РФ протокол № 7 от 15.09.98.

## **3 Исполнители разработки**

Организация-исполнитель ГНПП "Исток-Система". Организация медицинский соисполнитель Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова, кафедра внутренних болезней №2 лечебного факультета. Организация изготовитель опытных и серийных образцов ГНПП "Исток-Система".

## **4 Цель и назначение разработки**

4.1 Целью разработки - является создание автономного носимого прибора суточного мониторинга концентрации ионов водорода верхних отделов желудочно-кишечного тракта и кардиомониторинг от трёх грудных отведений.

Ожидаемый эффект от использования изделия:

- уменьшение времени обследования больных;
- возможность проведения быстрой дифференциальной диагностики между заболеваниями сердца и верхних отделов пищеварительного тракта;
- возможность индивидуального подбора методики лечения при комбинированном поражении;

4.2 Прибор ГАСТРОКАРДИОМОНИТОР ГКМ-01" предназначен:

- для проведения быстрой дифференциальной диагностики между заболеваниями верхних отделов ЖКТ и сердца;
- исследования кислотопродуцирующей функции желудочно-кишечного тракта;
- исследования электрокардиограммы;
- для диагностики заболеваний верхних отделов ЖКТ и индивидуального подбора лекарственной терапии;

- для индивидуального подбора методики лечения при комбинированном поражении;

4.3 Существующие приборы для внутрижелудочной рН-метрии и кардиомониторинга разделены функционально, что не позволяет осуществить одновременный анализ гастро- и кардиосигналов.

Разрабатываемый прибор, имея малые массогабаритные характеристики и автономное питание и будучи закреплен на теле пациента, позволит исследовать кислотопродуцирующую функцию желудка и кардиосигнал в наиболее естественных для пациента условиях в течение 24 часов, что позволит укоротить время обследования больных.

## **5 Медицинские требования**

5.1 Прибор должен обеспечивать измерение концентрации ионов водорода в ед. рН одновременно в трех зонах желудочно-кишечного тракта.

5.2 Прибор должен обеспечивать измерение кардиосигнала от трех грудных отведений.

5.3 Число одновременно обследуемых пациентов - 1.

5.4 Время обследования не менее 24 часа.

5.5 Прибор должен быть прост в эксплуатации для пациента и медицинского персонала.

5.6 Программно-аппаратный комплекс должен быть прост и удобен в использовании для медицинского персонала.

## **6 Технические требования**

6.1 Состав изделия.

б. 1.1 Основные составные части:

- прибор "ТАСТРОКАРДИОМОНИТОРГКМ-01";
- ПЭВМ типа РС/АТ (по требованию заказчика).

6.1.2 Съёмные и составные части:

- преобразователь первичный (рН-зонд);
- электроды для съёма кардиосигнала.

6.1.3 Эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601 -68.

6.2 Показатели назначения:

- диапазон измерения, рН  $1,68+9,18$ ;
- основная абсолютная погрешность измерения рН, не более  $\pm 0.5$ ;

- количество рН-электродов на одного пациента до3;
- диапазон измерения кардиосигнала, мВ 0,03+5;
- относительная погрешность измерения напряжения кардиосигнала в диапазонах:
  - 0,1+0,5 мВ, %, не более  $\pm 15$ ;
  - 0,5 + 4 мВ, %, не более  $\pm 7$ ;
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазонах частот:
  - 0,5+60 Гц, % 90+105;
  - 60+75 Гц, % 70+105;
- количество одновременно обследуемых пациентов 1;
- максимальное время обследования, час, не менее 24;
- встроенный источник питания аккумулятор;
- габаритные размеры, мм 200x120x60;
- масса, г, не более 1000.

### 6.3 Условия эксплуатации.

6.3.1 Прибор предназначен для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями исполнения УХЛ категории 4.2. ГОСТ 15150.

6.3.2 По воспринимаемым механическим воздействиям прибор должен соответствовать требованиям, предъявляемым к группе 3 по ГОСТ Р 50444.

6.3.3 По последствиям отказов прибор должен соответствовать требованиям, предъявляемым к изделиям класса В по ГОСТ Р 50444.

6.3.4 Прибор должен удовлетворять требованиям устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при транспортировании по ГОСТ Р 50444 и по группе условий хранения 5 ГОСТ 15150 (в части воздействия температуры).

6.3.5 Прибор и первичный преобразователь должны быть устойчивы к санитарной обработке по ОСТ 42-21-2.

### 6.4 Требования безопасности.

6.4.1 Уровень радиопомех, создаваемый при работе прибора не должен превышать значений, установленных ГОСТ 23511.

6.4.2 По электробезопасности прибор относится к изделиям с внутренним источником питания, тип защиты ВР ГОСТ Р 50267.0.

6.5 Требования к надежности.

Надежность прибора в условиях и режимах эксплуатации, установленных п.п. 6.3.1 -6.3.5 МТТ, должна характеризоваться следующими значениями показателей:

- средняя наработка на отказ, не менее, ч 5000;
- среднее время восстановления, не более, ч 24;
- средний срок службы, не менее, лет 7.

*Примечание - Соответствие требования п. 6.5 подтверждается расчетным путем на основе результатов испытаний конструктивно-технологических аналогов.*

6.6 Требования к конструктивному устройству.

6.6.1 В приборе и датчиках допускается применение дефицитных и драгоценных металлов и сплавов (гальванические покрытия, пайка припоями и т.д.).

6.6.2 Прибор может содержать серийно выпускаемые промышленностью комплектующие элементы, содержащие драгоценные металлы.

## 7 Этапы разработки

Перечень этапов работ	Сроки исполнения	Организация исполнитель
1. Разработка и согласование МТТ. Разработка и испытание макетного образца	февраль 1999 г.-- июнь 1999 г.	ГНПП "Исток-Система", ММА им Сеченова.
2. Разработка рабочей КД. Изготовление и предварительные испытания опытных образцов (3 шт.).	июль 1999 г.-- декабрь 1999 г.	ГНПП "Исток-Система", ММА им Сеченова.
3. Технические испытания.	январь 2000 г.-- февраль 2000 г.	ГНПП "Исток-Система", НПО "Экран".
4. Медицинские испытания опытных образцов. Коррекция КД по результатам технических и медицинских испытаний Получение разрешения МЗ РФ на производство изделия.	март 2000 г.--июнь 2000 г..	ГНПП "Исток-Система", ММА им Сеченова.

## 8 Порядок приемки работы

8.1 Для проведения технических испытаний предъявляются три опытных образца и следующая документация:

- утвержденные МТТ;

- проект ТУ и эксплуатационной документации, КД с литерой "О";
- проект программы и методики испытаний;
- протоколы предварительных испытаний опытных образцов.

## 8.2 Приемка работы в целом.

Приемку работы осуществляет МЗ РФ в соответствии с ГОСТ Р 15.013.

### Лабораторная работа № 3

Формирование обязательного перечня комплекта конструкторской документации для технического проекта

1. Цель работы: научиться разрабатывать ведомость комплекта конструкторской документации.

#### 2. Информационные материалы к занятию

Согласно ГОСТ 2.102-68 «Виды и комплектность конструкторских документов» к конструкторским документам (именуемым в дальнейшем словом "документы") относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Документы подразделяют на виды, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Виды конструкторских документов

Вид документа	Определение
Чертеж детали	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля
Сборочный чертеж	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж
Чертеж общего вида	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия
Теоретический чертеж	Документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей
Габаритный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами
Электромонтажный чертеж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия

Монтажный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия
Упаковочный чертеж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия
Схема	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними
Спецификация	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта
Ведомость спецификаций	Документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости
Ведомость ссылочных документов	Документ, содержащий перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделия
Ведомость покупных изделий	Документ, содержащий перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии
Ведомость разрешения применения покупных изделий	Документ, содержащий перечень покупных изделий, разрешенных к применению в соответствии с ГОСТ 2.124-85
Ведомость держателей подлинников	Документ, содержащий перечень предприятий (организаций), на которых хранят подлинники документов, разработанных и (или) примененных для данного изделия
Ведомость технического предложения	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение
Ведомость эскизного проекта	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект
Ведомость технического проекта	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в технический проект
Пояснительная записка	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при

Технические условия	его разработке технических и технико-экономических решений Документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах
Программа и методика испытаний	Документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля
Таблица	Документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведенные в таблицу
Расчет	Документ, содержащий расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность и др.
Эксплуатационные документы	Документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации
Ремонтные документы	Документы, содержащие данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях
Инструкция	Документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приемке и т. п.)

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация).

Наименования конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения и характера использования приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Наименования конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения

Наименование документа	Определение
------------------------	-------------

Оригиналы	Документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников
Подлинники	Документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий. Допускается в качестве подлинника использовать оригинал, репрографическую копию или экземпляр документа, изданного типографским способом, завизированные подлинными подписями лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль
Дубликаты	Копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий
Копии	Документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий Копиями являются также микрофильмы-копии, полученные с микрофильма-дубликата

При определении комплектности конструкторских документов на изделия следует различать:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторских документов;
- полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав.

За основные конструкторские документы принимают:

для деталей - чертеж детали;  
для сборочных единиц, комплексов и комплектов - спецификацию.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартом Единой системы конструкторской документации, записывают в документы других изделий, в которых оно применено, за обозначением своего основного конструкторского документа. Считается, что такое изделие применено по своему основному конструкторскому документу.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленные на все данное изделие в целом), например, сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы.

Конструкторские документы составных частей в основной комплект документов изделия не входят.

Полный комплект конструкторских документов изделия составляют (в общем случае) из следующих документов:

основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;

основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

Пример построения полного комплекта конструкторских документов комплекса приведен в приложении.

В основной комплект конструкторских документов изделия могут входить также групповые конструкторские документы, если эти документы распространяются и на данное изделие, например, групповые технические условия.

Номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия, в зависимости от стадий разработки приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия, в зависимости от стадий разработки

Код документа	Наименование документа	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация на				Дополнительные указания
					детали	сборочные единицы	комплексы	комплекты	
-	1. Чертеж детали	-	-	о <sup>1</sup>	• <sup>1</sup>	-	-	-	Допускается не выпускать чертеж в случаях, оговоренных в ГОСТ 2.109-73
СБ	2. Сборочный чертеж	-	-	-	-	• <sup>2</sup>	-	-	-
ВО	3. Чертеж общего вида	о	о	•	-	-	-	-	-
ТЧ	4. Теоретический чертеж	-	о	о	о	о	о	-	-
ГЧ	5. Габаритный чертеж	о	о	о <sup>1</sup>	о <sup>1</sup>	о <sup>2</sup>	о	-	-
МЭ	5а. Электромонтажный чертеж	-	-	-	-	о	-	-	-
МЧ	6. Монтажный чертеж	-	-	-	-	о <sup>2</sup>	о	о	-
УЧ	6а. Упа-	-	-	-	о	о	о	о	-

	ковочный чертеж								
По ГОСТ 2.701 -84	7. Схемы	o	o	o	-	o	o	o	Номенклатура различных видов схем установлена ГОСТ 2.701-84
-	8. Спецификация	-	-	-	-	•	•	•	Спецификацию комплектов монтажных, сменных и запасных частей, инструмента, принадлежностей и материалов, упаковок, тары допускается не составлять, если изделия и материалы, входящие в комплект, целесообразно записывать непосредственно в спецификацию изделия, для которого они предназначены
ВС	9. Ведомость спецификаций	-	-	-	-	o	o	o	Ведомость спецификаций рекомендуется составлять на комплексы и сборочные единицы, имеющие две и более ступени входимости составных частей и пред назначенные для самостоятельной поставки. При передаче конструкторской документации предприятию-изготовителю составление ведомости спецификаций на эти изделия обязательно
ВД	10. Ведомость ссылочных документов	-	-	-	-	o	o	o	Ведомость ссылочных документов составляют при передаче конструкторской документации предприятию-изготовителю, ее допускается выпускать к моменту передачи документации. При передаче документации на комплекс допускается составлять только одну (общую) ведомость на всю передаваемую документа-

									цию комплекса
ВП	11. Ведомость покупных изделий	-	о	о	-	о	о	о	Ведомость покупных изделий рекомендуется составлять на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки
ВИ	12. Ведомость разрешения применения покупных изделий	-	о	о	-	о	о	о	Ведомость разрешения применения покупных изделий рекомендуется составлять на изделия, предназначенные для самостоятельной поставки
ДП	13. Ведомость держателей подлинников	-	-	-	-	о	о	о	Ведомость технического предложения, ведомость эскизного проекта,
ПТ	14. Ведомость технического предложения	•	-	-	-	-	-	-	ведомость технического проекта и пояснительную записку для сборочных
ЭП	15. Ведомость эскизного проекта	-	•	-	-	-	-	-	единиц и комплексов не составляют, если они входят в состав более
ТП	16. Ведомость технического проекта	-	-	•	-	-	-	-	сложного изделия (например, в комплекс), на которое составлены эти
ПЗ	17. Пояснительная записка	• <sup>3</sup>	• <sup>3</sup>	• <sup>3</sup>	-	-	-	-	документы, содержащие все необходимые сведения по входящим в них сборочным единицам и комплектам
ТУ	18. Технические	-	-	о	о	о	о	о	Технические условия составляют на изделия, предназна-

	условия									<p>ченные для самостоятельной поставки (реализации) потребителю. По согласованию потребителя (заказчика) и поставщика (разработчика) конструкторской документации технические условия могут быть составлены на отдельные составные части изделия.</p> <p>Технические условия на изделия народнохозяйственного назначения единичного производства разового изготовления не составляются. Разработка, изготовление, приемка и поставка таких изделий осуществляется по техническому заданию, разработанному в соответствии с ГОСТ 15.001-88</p>
ПМ	19. Программа и методика испытаний	-	о	о	о	о	о	о	-	-
ТБ	20. Таблицы	о	о	о	о	о	о	о	о	<p>Номенклатура необходимых таблиц, расчетов, инструкций и прочих документов устанавливается разработчиком в зависимости от характера и условий производства изделий</p>
РР	21. Расчеты	о <sup>3</sup>	о <sup>3</sup>	о <sup>3</sup>	о	о	о	о	о	
И...	21а. Инструкции	-	-	-	о	о	о	о	о	
Д...	22. Документы прочие	о	о	о	о	о	о	о	о	
По ГОС Т 2.601-68	24. Документы эксплуатационные	-	-	-	о	о	о	о	о	<p>Номенклатура и обязательность выполнения эксплуатационных документов установлена ГОСТ 2.601-68</p>
По ГОС Т	25. Документы ремонт-	-	-	-	о	о	о	о	о	<p>Номенклатура и обязательность выполнения ремонтных документов уста-</p>

2.602 -68	ные									новлена ГОСТ 2.602-68
--------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

Условные обозначения:

- - документ обязательный;
- - документ составляют в зависимости от характера, назначения или условий производства изделия с учетом требований, изложенных в графе "Дополнительные указания";
- - документ не составляют.

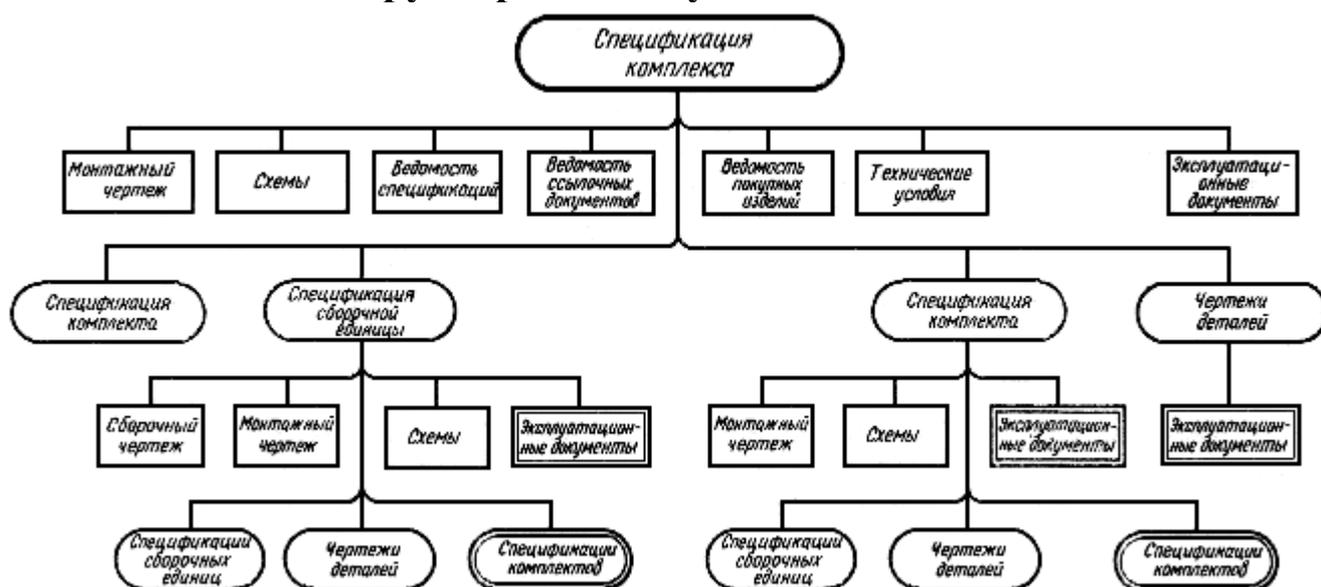
Примечания:

1. Документы, для которых над условными обозначениями представлены одинаковые цифры, могут быть по усмотрению разработчика совмещены. При этом совмещенному документу присваивается код и наименование документа, имеющего наименьший порядковый номер по табл. 3.

2. Номенклатура конструкторских документов изделий, разрабатываемых по заказам Министерства обороны, должна быть с ним согласована.

3. Документы, предназначенные для изделий единичного и вспомогательного производств, допускается выполнять с упрощениями, указанными в ГОСТ 2.109-73 и ГОСТ 2.503-90.

## Пример построения полного комплекта Конструкторских документов комплекса



Примечания к примеру:

- Основной конструкторский документ изделия показан в овале.
- Документы основного комплекта показаны в прямоугольниках (в примере показана только часть документов основного комплекта, предусмотренных в табл. 3).
- Документы, обведенные в двойные рамки, предусматриваются только для изделий, предназначенных для самостоятельной поставки.
- Число ступеней входимости для комплексов, сборочных единиц и комплектов, а также число входящих комплектов сборочных единиц, комплектов и деталей не ограничиваются.

### 3. Порядок работы на занятии

3.1 Изучить ГОСТ 2.102-68.

3.2 Оформить ведомость комплекта конструкторской документации на проект.

## Лабораторная работа № 4

Проведение системного анализа изделий. Обоснование структурной схемы прибора.

1. Цель работы: научиться разрабатывать схемы устройств для комплекта конструкторской документации.

### 2. Информационные материалы к занятию

Общие правила выполнения схем регламентированы ГОСТ 2.701-84, который устанавливает виды и типы схем, общие требования к их выполнению.

### Виды и типы схем

Схемы - это графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы

подразделяются на следующие виды, обозначаемые буквами:

электрические - Э

гидравлические - Г

пневматические - П

газовые (кроме пневматических) - Х

кинематические - К

вакуумные - В

оптические - Л

энергетические - Р

деления - Е

комбинированные - С

В зависимости от основного назначения схемы делятся на следующие типы, обозначаемые цифрами:

структурные - 1

функциональные - 2

принципиальные - 3

соединений - 4

подключения - 5

общие - 6

расположения - 7

объединения - О

Наименование и код схемы определяется её видом и типом, например, схема

кинематическая принципиальная - КЗ.

Наименование комбинированной схемы и её код определяется комбинированными

видами схем и типом схемы, например, схема гидropневматическая функциональная -

С2.

Наименование схемы объединенной и её код определяется видом схемы и объединенными

типами схем, например, схема электрическая принципиальная и соединений - ЭС.

Вместо одной схемы определенного вида и типа, выполненной на нескольких листах,

допускается выпускать совокупность схем того же вида и типа, оформленных как

самостоятельный документ.

При выпуске на изделие нескольких схем определенного вида и типа в виде

самостоятельных документов допускается для удобства пользования схемами в

наименование схемы указывать наименование функциональной цепи или функциональной

группы. Например, «Схема электрическая принципиальная привода», «Схема

электрическая принципиальная цепей автоматики» и т.д. В этом случае каждой схеме

присваивается обозначение по ГОСТ 2.201-80 как самостоятельному конструкторскому

документу. При этом, начиная со второй схемы, к коду схемы в обозначении добавляется

через точку арабскими цифрами, порядковый номер схемы, например, АБВГ ХХХХХХ

ХХХ ЭЗ, затем Э 3.1, Э 3.2.

## Номенклатура схем

Номенклатура схем на изделие определяется в зависимости от особенностей изделий. Количество типов схем определенного вида должно быть минимальным, но в совокупность они должны содержать сведения достаточные для разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Между схемами определенного вида должна быть установлена однозначная связь, обеспечивающая возможность быстрого отыскания на них одних и тех же элементов (устройств, функциональных групп), связей или соединений.

## Построение Схем

Схемы выполняются без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения на схеме графических обозначений элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющих их линий связи должно обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. Для этого при построении изображения схемы необходимо соблюдать следующие условия.

- а) элементы, совместно выполняющие определенные функции, должны быть сгруппированы и расположены соответственно развитию процесса слева на право;
- б) расположение элементов внутри функциональных групп должно обеспечивать наиболее простую конфигурацию цепей с минимальным количеством изломов и пересечений линий связи;
- в) дополнительные и вспомогательные цепи (элементы и связи между ними) должны быть изображены вне зоны, занятой основными цепями.

На устройства, входящие в изделие, которые могут быть применены самостоятельно или в составе других изделий следует выполнять самостоятельные принципиальные схемы.

Такие устройства изображаются на схеме в виде прямоугольников сплошными линиями,

равными по толщине линиям связи или в 2 раза толще их.

Устройства, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, или функциональная

группа изображаются на схемах в виде прямоугольника штрихпунктирной линией, равной по толщине линиям связи. Допускается выделять часть схемы фигурами не прямоугольной формы.

Устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, рассматриваются как элементы схемы, изображаются в виде прямоугольников или условных графических обозначений. Им присваивается позиционное обозначение, и они записываются в перечень элементов одной позиции.

Если в состав изделия входят несколько функциональных групп или несколько одинаковых устройств, не имеющих самостоятельных принципиальных схем, то допускается на схеме изделия не повторять схемы этих функциональных групп или устройств. При этом функциональные группы и устройства изображаются в виде прямоугольников, а схема такого устройства или функциональной группы изображается внутри одного из прямоугольников или помещается на поле схемы с соответствующей надписью, например, «Схема панели АБВГ ХХХХХХ ХХХ».

### **Графические изображения**

Элементы и устройства на схемах изображаются в виде:

- а) условных графических обозначений, установленных соответствующими стандартами 7 группы ЕСКД, а также построенных на их основе;
- б) прямоугольников;
- в) упрощенных внешних очертаний;

При необходимости могут применяться и стандартизованные условные графические обозначения с приведением на схеме соответствующих пояснений.

При наличии вариантов выполнения стандартизованных условных графических

обозначений следует применять тот или иной вариант в зависимости от передаваемой информации, исходя из вида и типа схемы. На всех схемах одного типа определенного вида должен применяться один выбранный вариант обозначения.

Применение на схемах тех или иных графических обозначений определяется правилами выполненных схем определенного вида и типа.

Графические обозначения должны выполняться линиями толщиной, равной толщине линии связи на этой же схеме.

Размеры изображений условных графических обозначений элементов должны соответствовать размерам, установленным в стандартах на эти условные графические обозначения.

Если размеры в указанных стандартах не установлены, то условные графические обозначения элементов должны изображаться в соответствии с размерами изображения их в стандартах.

Размеры условных графических обозначений, а также толщины их линий должны быть одинаковыми на всех схемах для данного изделия.

Условные графические обозначения элементов изображаются в положении в соответствии с их изображением в стандартах или повернутыми на угол, равный 90, если в стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается изображать условные графические обозначения повернутыми на угол, кратный 45, или в зеркальном изображении, если при этом не нарушается смысл.

Условные графические обозначения, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, могут изображаться повернутыми против часовой стрелки только на угол 90 или 45.

## **Линии связи**

Линии связи выполняются толщиной от 0.2 до 1.0мм в зависимости от формата схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуется толщина линий от 0.3 до 0.4мм. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и пересечений. Допускается применять и наклонные отрезки линий связи, длина которых по возможности должна быть ограничена.

Линии связи в пределах одного листа изображаются полностью, но при затруднении чтения схемы их допускается обрывать. При этом линии связи заканчиваются сведения для правильного нахождения продолжения линии и (или) характеристики цепей, например, полярности, давления и т.д.

Линии связи, переходящие с одного листа или документа на другой, обрывается за пределами изображения схемы без стрелок. Рядом с обрывом линии связи указывается обозначение или наименование этой линии и в круглых скобках номер листа схемы и (или) зоны, при ее наличии, при выполнении схемы на нескольких листах, или обозначение документа - при выполнении схем в виде самостоятельных документов, на которые переходят линии связи.

## **Перечень элементов**

Перечень элементов помещается на первом листе схемы или выпускается в виде самостоятельного документа. При выполнении перечня элементов на первом листе схемы он располагается над основной надписью. Расстояние между перечнями элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов располагается с лева от основной надписи, оставляя место для продолжения таблицы изменений.

При этом головка перечня элементов повторяется.

Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняется на листах формата

A4 с основной надписью и дополнительными графами к ней по ГОСТ 2.104-68.

Перечню элементов как самостоятельному документу присваивается код, состоящий из

буквы «П» и кода схемы, к которой он выпускается. Например, перечень элементов к принципиальной электрической схеме - ПЭЗ. В графе 1 основной надписи указывается наименование изделия и наименование документа «Перечень элементов». Перечень элементов записывается в спецификацию изделия после схемы, к которой он выполняется.

Перечень элементов оформляется в виде таблицы. Элементы в перечне записываются группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений по возрастанию порядковых номеров в пределах каждой группы, а при цифровых обозначениях - в порядке их возрастания. Для удобства внесения изменений рекомендуется между отдельными группами элементов, а при большой группе и между элементами оставлять незаполненные строки.

Для сокращения перечня элементов допускается:

а) однотипные элементы с одинаковыми параметрами и последовательными порядковыми номерами записывать одной строкой, указывая только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: С4, С5;R2...R5.

В графе «Кол» в этом случае указывается общее количество таких элементов;

б) при записи однотипных элементов, примененных по разным документам, не повторять их наименование, а приводить его в виде общего заголовка к соответствующей группе элементов, например «Резисторы».

в) при записи однотипных элементов, примененных по одним и тем же документам, в общем заголовке приводить наименование, тип и обозначение документа, например: «Резисторы МЛТ ГОСТ....»

Если позиционные обозначения присваиваются элементам в пределах устройств или одинаковых функциональных групп, то эти элементы записываются в перечень элементов отдельно для каждого устройства или функциональной группы под заголовком наименования устройства и функциональной группы. Эти заголовки подчеркиваются, а ниже заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше - не менее одной свободной строки. В графе «Кол» в этих случаях указывается общее количество одинаковых устройств или функциональных групп, а для элементов - количество элементов, входящих в одно устройство или функциональную группу. В перечень элементов сначала записываются элементы, не входящие в устройства с самостоятельными принципиальными схемами. Затем записываются устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, и функциональные группы с входящими в них элементами. Пример оформления перечня элементов приведен на рисунке.

Поз. Обозна-	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Дешифратор АБВГ ХХХХХХ 021 ТУ	1	
Л1	Микросхема К 15 5ЛА3 бко 348 006-01 ТУ	1	
Л2 Л3	Микросхемах! 55 ИЕ5 бко 348 006-04ТУ	2	
	Резисторы МЛТожо.467 180ТУ		
R3..R4	МЛТ 0 25-1 ком ±5%-А	4	
R5	МЛТ 0.25-330Ом ±5%-А	1	
S1	Микротумблер МТ1 0100 360 016ТУ	1	
A2 A3	1 Блок включения ФЭУ	2	
	АКВГ ХХХХХХ 112		
С	Конденсаторы ГОГТ 25814-83		
С.2 Г.3	К10-78-ПЗЗ-62тгФ±5%	2	
	Микросхемы		
Л5..Л6	К155ЛИ1 бко 348.006-13ТУ	2	
	Измеритель	1	
АС1	Блок сигнализации АБВГ ХХХХХ 110	1	
Л8	МикоосхемаК155ЛН1 бко 348.006-13ТУ	1	

### Текстовая информация

На схемах при необходимости помещаются различные текстовые данные, характер

которых определяется назначением схемы. Такие сведения в зависимости от их содержания приводятся: около графических обозначений, внутри графических обозначений на линиях связи, около концов линий связи, на свободном поле схемы. На изображении схемы помещаются соответствующие подписи, знаки, обозначения, а на свободном поле схемы-диаграммы, таблицы, технические требования. Таблицы, помещаемые на свободном поле схемы, должны иметь наименования, раскрывающие их содержание, например: «Таблица соединений». Конкретные правила выполнения схем определяемых видом, а также условные графические обозначения элементов приведены в соответствующих стандартах ЕСКД.

### 3. Порядок работы на занятии

3.1 Изучить информационные материалы.

3.2 Составить обоснование структурной схемы устройства согласно выданному варианту.

# Лабораторная работа №5.

## Расчет элементов и узлов с использованием САПР

### 1 Краткие теоретические сведения

Система Proteus предназначена для моделирования аналоговых и цифровых электронных схем, в том числе широкой номенклатуры микроконтроллеров. Среди прочих САПР, которые тоже позволяют моделировать электронные схемы, Proteus выгодно отличаются мощные возможности отладки программ для микроконтроллеров, а также интерактивного симулирования схем в реальном времени с вводом-выводом информации на реальные физические порты компьютера (COM, USB).

Proteus состоит из двух основных частей:

ISIS – средство для построения принципиальных схем, схемного моделирования и отладки программ микроконтроллеров.

ARES (Advanced Routing and Editing Software) – модуль для проектирования печатных плат.

Рассмотрим основные приемы работы с модулем ISIS. Запустите ISIS. Вид ISIS версии 7 показан на рисунке 1.

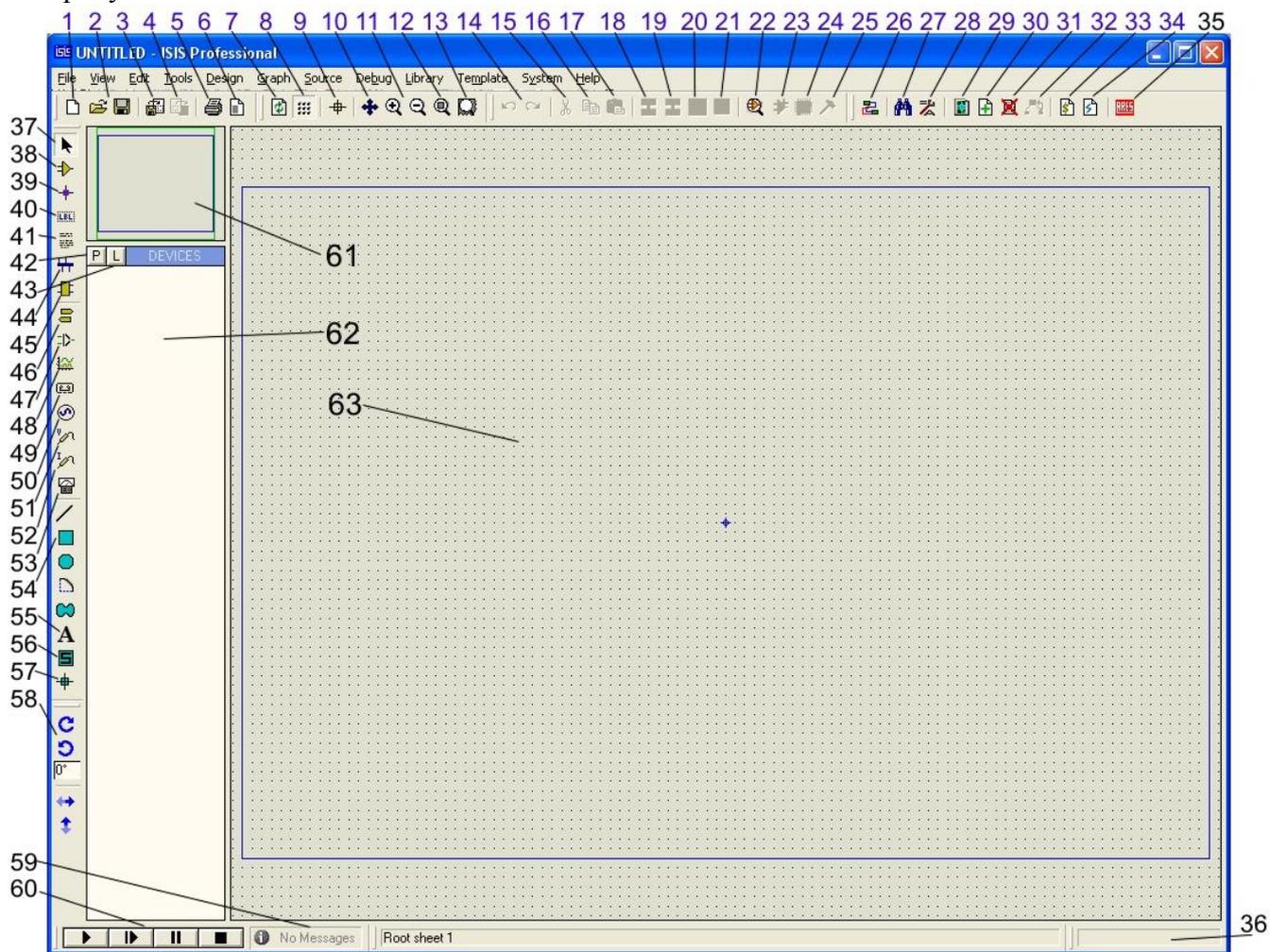


Рисунок 1 - Вид окна ISIS при запуске

Подробнее опишем элементы интерфейса (рисунок 1):

- 1 - создается новый проект с установками по умолчанию;
- 2 – загрузка и запись проекта;
- 3, 4 – загрузка из файла и запись в файл выделенного блока (секции). Операция по действию аналогична кнопке 18;

- 5 – вывод проекта на печатающее устройство (принтер);
- 6 – выделяет область, выводимую на принтер;
- 7 – перерисовка экрана;
- 8 – включает/выключает сетку;
- 9 – установка относительного центра координат. Позволяет установить новый центр координат, после чего в панели 36 будут выводиться новые относительные смещения курсора;
- 10 – установка центра дисплея над позицией курсора;
- 11 – кнопки изменения масштаба. Аналогичная функция присвоена колесу мыши.
- 12 – масштаб изображения – весь лист проекта;
- 13 – масштаб изображения – выделенная область;
- 14 – кнопки отмены/возврата изменений;
- 15 – вырезать выделенные элементы в буфер обмена;
- 16 – скопировать выделенные элементы в буфер обмена;
- 17 – вставить элементы из буфера обмена;
- 18 – скопировать выделенный блок;
- 19 – перенести выделенный блок (доступно также из контекстного меню при выделении объекта – команда Drag Object);
- 20 – повернуть выделенный блок (некоторые варианты поворота доступны также из контекстного меню при выделении объекта);
- 21 – удалить выделенный блок (доступно также из контекстного меню при выделении объекта – команда Delete Object, или повторное нажатие правой клавиши мышки над выделенным объектом);
- 22 – выбор схмотехнического элемента, компонента, устройства. Аналог кнопке 42;
- 23 – вызывает диалог (мастер) объединения выделенной схемы в отдельный компонент и сохранения компонента в библиотеку.
- 24 – вызывает диалог установки корпуса компонента;
- 25 – разбивает выделенный компонент на примитивы;
- 26 – включает/выключает автороутер для проводников (wire autorouter). При включенном автороутере проводники прокладываются автоматически под прямыми углами. Для кратковременного отключения автороутера при прокладывании проводника (например, для диагонального соединения двух точек) нажмите клавишу CTRL;
- 27 – поиск компонентов, свойства которых удовлетворяют заданному критерию;
- 28 – вызов диалога присваивания значений свойствам компонентов;
- 29 – представление проекта в табличном виде для исследования списка элементов, соединений и навигации по ним.
- 30 – создание нового листа проекта. Перемещение между листами осуществляется клавишами PageUp и PageDown.
- 31 – удаление листа проекта;
- 32 – возврат к родительскому листу проекта;
- 33 – создание отчета-списка используемых материалов (Bill Of Materials);
- 34 – проверка правил электрических соединений;
- 35 – создание списка соединений и запуск ARES для дальнейшего проектирования печатной платы;
- 36 – панель вывода относительных координат;
- 37 – режим выбора объектов;
- 38 – режим размещения компонентов и проводников;
- 39 – установка соединений для х-образных пересечений проводов. По умолчанию соединяющимися считаются только т-образные пересечения проводов.
- 40 – установка метки на провод. Провода с одинаковыми метками считаются соединенными.
- 41 – ввод текстовых скриптов;
- 42 – выбор схмотехнического элемента, компонента, устройства. Аналог кнопке 22;

- 43 – менеджер подключаемых библиотек;
- 44 – ввод шин;
- 45 – размещение линий ввода-вывода составных схем (subcircuit);
- 46 – размещение внутрисхемных соединителей (terminals), в том числе и таких как земля, питание и др.
- 47 – размещение выводов компонента;
- 48 – размещение аналитических графиков (переходных процессов, частотного анализа, цифровых диаграмм и т.п.);
- 49 – установка «магнитофона» (tape recorder);
- 50 – размещение генераторов сигналов (постоянного тока, переменного, импульсного, из звукового файла и т.п.);
- 51 – установка пробника напряжения;
- 52 – установка пробника тока;
- 53 – установка интерактивных инструментов (осциллографа, генератора сигналов, логического анализатора, виртуального терминала и т.п.);
- 54 – размещение двумерных графических примитивов (линии, прямоугольника, окружности, дуги, многоугольника);
- 55 – размещение произвольного текста;
- 56 – размещение графического символа из библиотеки;
- 57 – установка различных маркеров при проектировании элементов;
- 58 – элементы вращения и отражения объекта, подлежащего размещению;
- 59 – информационная панель предупреждений и ошибок;
- 60 – панель кнопок запуска/отладки/остановки интерактивной симуляции.
- 61 – предварительный просмотр макета страницы или компонента;
- 62 – список используемых компонентов;
- 63 – рабочая область.

Пусть в системе Proteus требуется смоделировать гирлянду из восьми светодиодов.

Для управления светодиодами будем применять микроконтроллер PIC16F877. Это достаточно функциональный микроконтроллер среднего семейства фирмы Microchip. Все последующие устройства и примеры программ, а также лабораторные макеты будут использовать именно этот микроконтроллер.

Составим необходимый список элементов. Для этого щелкаем на кнопку 42. Получаем диалог поиска элемента (рисунок 2).

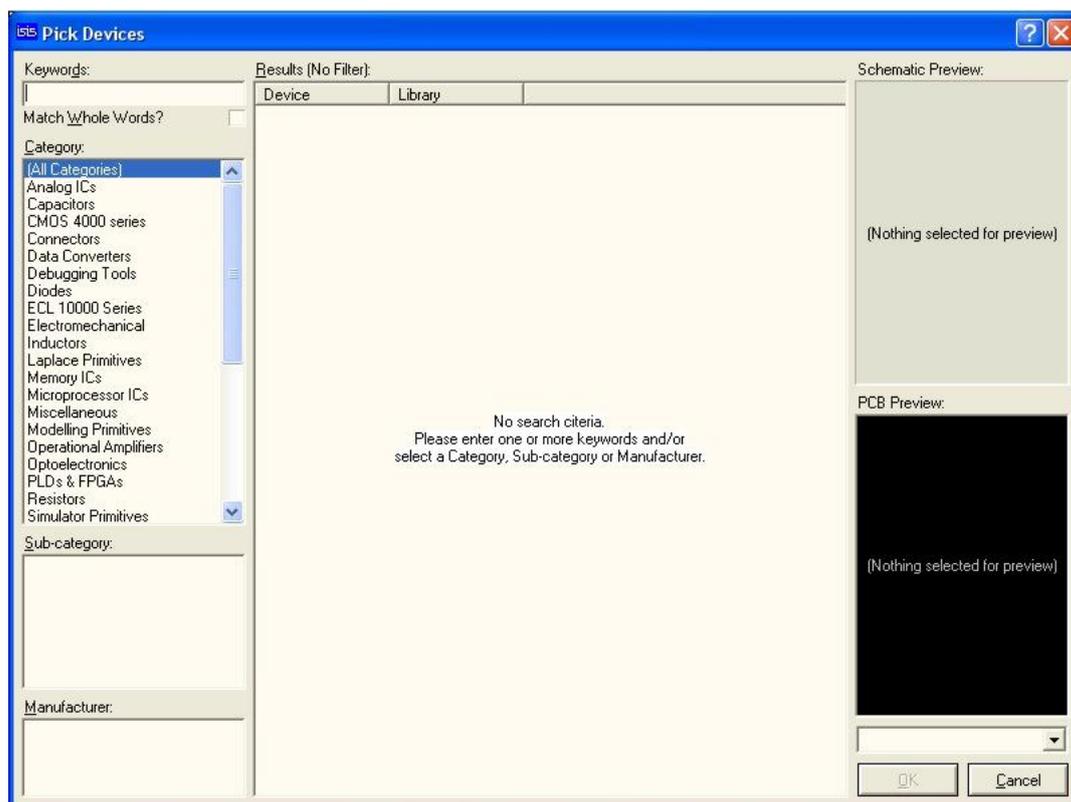


Рисунок 2 – Диалог поиска элемента

В этом диалоге поле «Keywords» необходимо для ввода ключа поиска, список Category позволяет выбрать определенную группу (категорию) компонентов, Manufacturer – производителя. В списке Results отображаются результаты поиска, в картинке Schematic Preview – условное графическое отображение компонента, а также информация о модели компонента или об ее отсутствии, PCB Preview – вид корпуса и контактных площадок.

В поле Keywords вводим ключевые слова для поиска компонента. Для микроконтроллера ключом будет текст «PIC16F877», для светодиода «led-red», для ограничительных резисторов «res». Двойным щелчком по необходимому элементу списка Results добавляем компоненты в список используемых элементов, который отображается в поле b2.

Закрываем диалог поиска элемента и, выбирая необходимые компоненты из сформированного списка используемых элементов, перемещаем их на рабочую область, примерно как показано на рисунке 3. При этом желательно включить режим автоматического назначения позиционных обозначений (пункт меню Tools\Real Time Annotation должен быть включен), иначе позиционные обозначения придется расставлять вручную. Символ схемной земли (GROUND) берется из списка Terminals (кнопка 46). Соединяем между собой элементы проводниками (режим проведения проводника включается по умолчанию – курсор в форме карандаша, а при наведении курсора мыши на вывод элемента карандаш окрашивается в зеленый цвет). При этом если имеются два вывода элементов, то между ними обязательно нужно проложить проводник, чтобы они считались соединенными. То есть нельзя соединить, допустим, светодиод и резистор простым перемещением одного из элементов и визуальным совмещением выводов этих элементов. Необходимо отдельно в рабочую область поместить светодиод, отдельно резистор и соединить их выводы проводом.

Затем можно заменить номиналы по умолчанию всех резисторов (10к) на значение 470, или даже еще меньше, иначе яркость свечения светодиодов будет неудовлетворительной. Для этого двойным щелчком по надписи «10к» рядом с резистором открываем диалог редактирования свойства и заменяем номинал резистора на 470 (Ом). Указание единиц без суффиксов устанавливает значение параметра, выраженное в единицах С, т.е. в вольтах, амперах, омах, фарадах. Если необходимо установить значение в кило- или мега- единицах, то после цифрового значения указывают суффикс «к» или «М». Если необходимо установить значение в мили-, или микро-, или нано-, или пико-единицах, то после цифрового значения указывают соответственно суффикс «m», «u», «n»,

«р». Обратите внимание на различие в значении строчного или заглавного написания суффикса в мили- и мега-единицах!

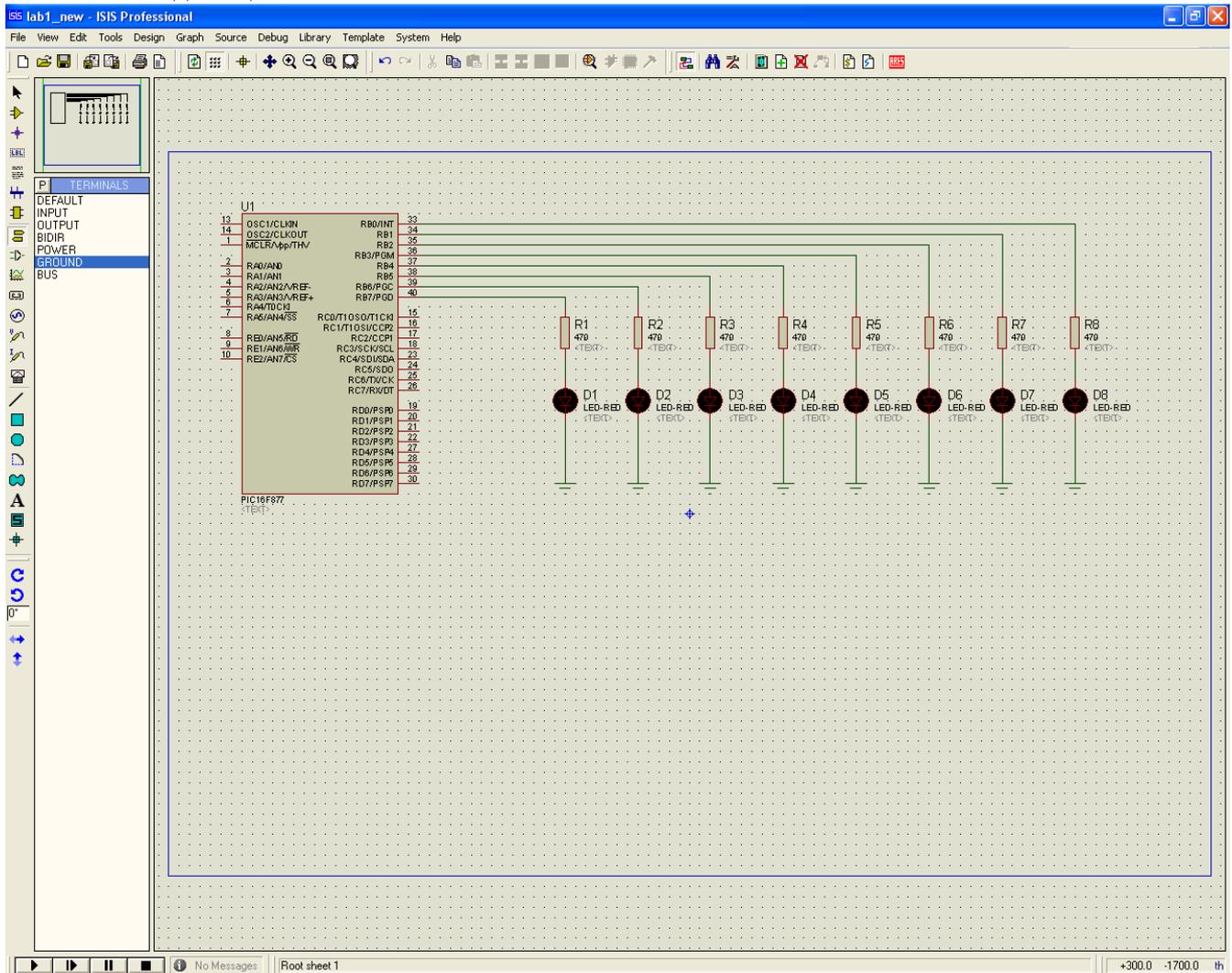


Рисунок 3 – Схема гирлянды в Proteus

Отредактировать все свойства элемента можно путем выбора из контекстного меню пункта Edit Properties. Или выделить элемент щелчком мыши и нажать Ctrl+E.

Далее необходимо задать программу микроконтроллеру. Обычно исходный текст программы для микроконтроллера пишется или на языке ассемблера, или на языке C. Затем необходимый компилятор транслирует программу в машинные коды и записывает результат в файл с расширением hex.

Создадим в текстовом файле Lab1.asm следующую программу на языке ассемблера:

```
;Программа лабораторной работы №1
;Операции ввода-вывода микроконтроллеров PIC16F877
;Назначение - включение/выключение светодиодов
;Схема включения - светодиоды на PORTB
;Автор программы =Кузьмин А.А.
```

```
list p=16f877
#include p16f877.inc
;-----
;Определение переменных
temp EQU    0x21    ;Регистр быстрой задержки
cnt1 EQU    0x22    ;Регистр1 длинной задержки
cnt2 EQU    0x23    ;Регистр2 длинной задержки
```

```

cnt3 EQU      0x24      ;Регистр3 длиной задержки

;-----
org 0x00
nop          ;Первая операция - nop для внутрисхемных отладчиков
goto start  ;"Стандартное" начало (для программ без прерываний)
org 0x8      ;можно и пропустить этот оператор)

start
;-----Инициализация-----
bsf STATUS,RP0      ;Регистр TRISB не в нулевой странице!
movlw 0x00          ;все выходы PORTB как выходы
movwf TRISB
bcf STATUS,RP0      ;Возвращаемся к нулевой странице

;-----Главный цикл-----

loop
movlw 0x55          ;01010101 в PORTB
movwf PORTB
call delay          ;задержка

movlw 0xaa          ;10101010 в PORTB
movwf PORTB
call delay          ;задержка

goto loop

;-----
;-----Подпрограммы-----
;-----
;Подпрограмма задержки
;Организуется программная задержка в один цикл loopydelay2
;Используемые регистры: temp

delay2
movlw 0xff
movwf temp
loopydelay2
decfsz temp,f
goto loopydelay2
return

;-----
;Подпрограмма задержки. Версия 2

;Задержка для этой подпрограммы задается перед обращением
; к ней как загрузка числа в регистр cnt1.
;Общее число циклов определяется по формуле: 256*256*cnt1*7.
;Для примера, приблизительно 1 секунда
;при частоте 20 МГц задается загрузкой 11 в cnt1.

;Название: delay
;Входные данные: число, пропорциональное задержке в регистре
cnt1.

```

```

;Выходные: задержка.
;Используемые регистры: cnt1, cnt2, cnt3.

; cnt1 = Cycles/256/256/7 = (20000000/4)/256/256/7 = 10.899 = 11

delay          movlw .11
               movwf cnt1
               clrf cnt2
               clrf cnt3
dloop          decfsz cnt3,f
               goto $+2
               decfsz cnt2,f
               goto $+2
               decfsz cnt1,f
               goto dloop
               return

End

```

Несколько заметок к этому листингу. Строки, начиная от символа «;» и до конца строки являются комментариями. На работоспособность контроллера они не влияют, но очень рекомендуются для описания ключевых элементов программ, таких как название, назначение, авторство и т.д., как целой программы, так и отдельных подпрограмм или модулей программы.

Необходимо внимательно вводить пробелы в командах, например в директиве «list p=16f877» между символами t и p пробел обязателен. Также необходимо отличать буквы «o» от символа нуля, например в обозначении бита «RP0» в конце стоит именно символ нуля.

Сохраним проект (кнопка 2 Save Design). В пути проекта не рекомендуется использовать нелатинские символы и пробелы. Не рекомендуется сохранять проект на рабочий стол-это может повлиять на работоспособность симулятора проекта. Поместим файл Lab1.asm в тот же каталог, куда мы сохранили проект. Далее для формирования hex-файла кликнем на пункт меню Source\Add Remove Source files. Вызывается диалог редактирования свойств исходных программных файлов (рисунок 4).

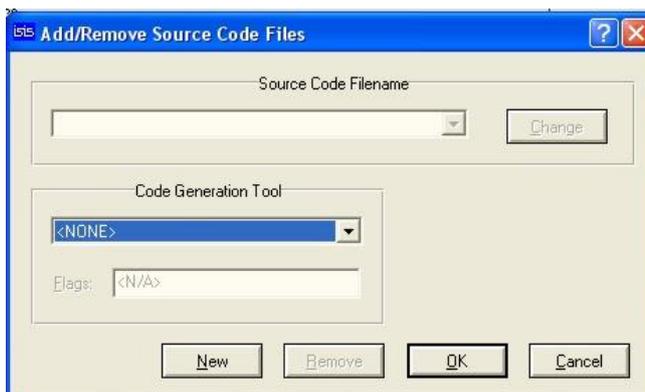


Рисунок 4 - Диалог редактирования свойств исходных программных файлов

В поле Code Generation Tool выбираем ассемблер фирмы Microchip – MPASMWIN, нажимаем кнопку New. В открывшемся диалоге выбора файлов выбираем файл Lab1.asm. Теперь при каждом запуске симуляции исходная программа на ассемблере будет компилироваться выбранным компилятором MPASM в файл Lab1.hex.

Полученный hex файл можно записывать непосредственно в микросхему микроконтроллера с помощью программатора или внутрисхемного отладчика. Для прошивки микроконтроллера нашего проекта необходимо в свойствах компонента PIC16F877 (диалог редактирования свойств, как отмечалось выше, вызывается выбором мышкой компонента и нажатием на Ctrl+E) в поле Program File задать Lab1.hex (рисунок 5). Тут же задаем частоту работы микроконтроллера Proces-

sor Clock Frequency в 20 МГц (именно на такую частоту рассчитана секундная задержка в подпрограмме delay). К микроконтроллеру можно присоединить частото задающую цепи, такие как кварц, RC-цепочку, генераторы и т.д., однако модель по соображениям эффективности работы будет ориентироваться только на частоту, введенную в этом диалоге.

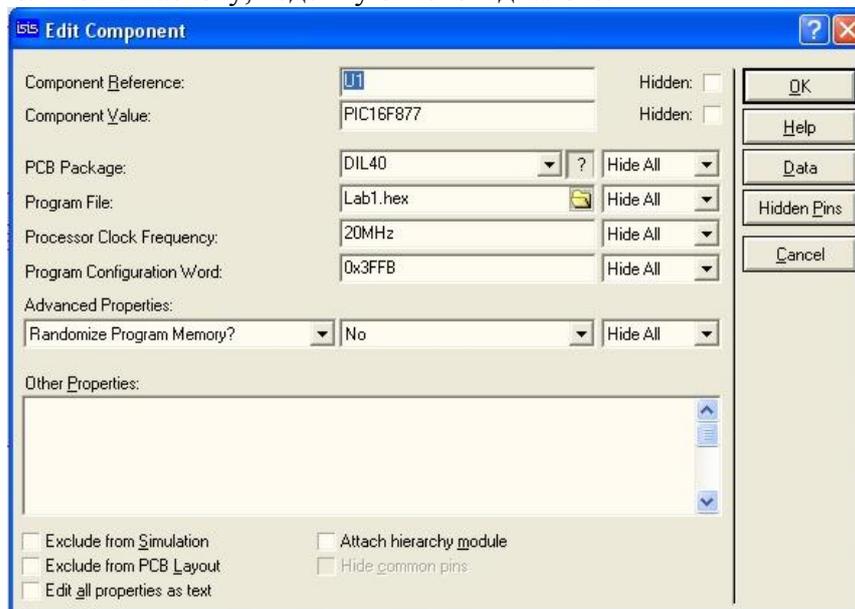


Рисунок 5 – Окно редактирования свойств микроконтроллера

Теперь можно запускать симуляцию кнопкой Play на панели 60. Если все сделано правильно, и нет никаких ошибок, то гирлянда с частотой примерно раз в секунду будет переключать группы зажженных светодиодов.

Изменим эти группы. Для этого в исходном файле с помощью любого текстового редактора заменим в строках

```

.....
movlw 0x55          ;01010101 в PORTB
.....
movlw 0xaa          ;10101010 в PORTB
.....

```

числа на другие значения (например, 0x0 и 0xff). В Proteus тоже есть редактор кода, однако пользоваться им очень неудобно, так как он неправильно отражает русскую кодировку.

Остановим симуляцию (кнопка Stop the simulation панели 60). Сохраним программу. Запускаем симуляцию. Теперь группы светодиодов, которые зажигаются в тот или иной момент времени, поменялись!

## 2. Цель работы

Целью работы является приобретение базовых навыков в моделировании и расчете электронных схем с использованием САПР.

## 3. Порядок выполнения работы

- 3.1 Собрать схему, согласно выданному варианту.
- 3.2 Задать соответствующую программу микроконтроллеру.
- 3.3 Промоделировать собранную схему.
- 3.4 Снять осциллограммы с контрольных точек.

## 4. Содержание отчета:

Титульный лист с названием и номером работы, а также с фамилиями исполнителей;

Цель работы;  
Задание на лабораторную работу;  
Снимок экрана (скриншот) системы Proteus ;  
Осциллограммы сигналов в контрольных точках;  
Выводы.

## 5 Контрольные вопросы

- 5.1 Основные элементы интерфейса оболочки ISIS.
- 5.2 Приемы поиска необходимых элементов в оболочке ISIS.
- 5.3 Какие электронные компоненты Proteus вы знаете?
- 5.4 Как поместить на разрабатываемую схему символ земли GROUND?
- 5.5 Как вводятся соединяющиеся и пересекающиеся проводники?
- 5.6 Как изменяются номиналы простейших аналоговых компонентов?
- 5.7 Какие применяются суффиксы для модификации цифровых значений параметров компонентов?
- 5.8 Почему при изменении номинала ограничивающего резистора изменяется яркость свечения светодиода?
- 5.9 Как меняются свойства компонентов в Proteus?
- 5.10 Как микроконтроллерам задаются программы, по которым они работают?
- 5.11 Как задается частота, на которой работает микроконтроллер?
- 5.12 Какие ошибки могут возникнуть при запуске симуляции схемы?
- 5.13 Что обозначают цветные квадраты рядом с проводниками во время симуляции?
- 5.14 Какими элементами интерфейса управляется процесс отладки программ?
- 5.15 Как при пошаговой отладке отрабатывается выполнение процедур?
- 5.16 Как установить и снять точку останова?
- 5.17 Какие дополнительные отладочные окна поддерживает система Proteus?
- 5.18 Что такое условная точка останова и как ее установить в Proteus?
- 5.19 Зачем нужны пробники напряжения в Proteus?
- 5.20 Как происходит расчет графиков переходных процессов (цифровых диаграмм) ?
- 5.21 Какое различие между цифровыми и аналоговыми графиками переходных процессов?