

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
Кафедра электронной техники и технологии

## **ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания и контрольные задания  
для студентов специальности I-39 02 03  
«Медицинская электроника» заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 621.38 + 61(075.8)  
ББК 32.85 + 5 я 73  
Т 38

С о с т а в и т е л ь  
А. А. Костюкевич

**Технология** средств медицинской электроники : метод. указ. и контр.  
Т 38 задания для студ. спец. I-39 02 03 «Медицинская электроника» заоч.  
формы обуч. / сост. А. А. Костюкевич. – Минск : БГУИР, 2007. –18 с.

Приведены содержание дисциплины «Технология средств медицинской электроники», методические указания к ее изучению и варианты индивидуальных заданий контрольной работы.

**УДК 621.38 + 61(075.8)**  
**ББК 32.85 + 5 я 73**

© Костюкевич А. А., составление, 2007  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ.....	4
2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	8
6. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	8
7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА .....	8
8. ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ .....	10
ЛИТЕРАТУРА .....	11
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	12

Библиотека БГУИР

## **1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ**

Предмет дисциплины – технология производства средств медицинской электроники (СМЭ). Цель дисциплины – изучение технологических систем производства средств медицинской электроники, методов проектирования и управления технологическими процессами, обеспечивающими интенсификацию и эффективность производства, качество изготавливаемой продукции.

## **2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

### **знать**

- основы технологии сборки и монтажа средств медицинской электроники;
- методики расчета параметров технологических процессов изготовления средств медицинской электроники;
- принципы и методики проектирования технологических процессов изготовления средств медицинской электроники.

### **уметь**

- проектировать технологические процессы сборки и монтажа средств медицинской электроники;
- разрабатывать технологическую документацию на технологические процессы сборки и монтажа средств медицинской электроники в соответствии с ЕСТД.

### **иметь представление**

- о технологических системах производства средств медицинской электроники;
- о формах и типах организации производства средств медицинской электроники
- о структуре и составе автоматизированных систем технологической подготовки производства;
- о технологических процессах производства средств медицинской электроники.

Программа дисциплины рассчитана на 16 часов аудиторных занятий: лекций – 6 часов, практических занятий – 2 часа, лабораторных занятий – 8 часов. При изучении дисциплины выполняется одна контрольная работа. Форма отчетности – экзамен.

## **3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим дисциплинам: «Конструкционные и электротехнические материалы СМЭ», «Конструирование СМЭ», «Элементная база средств медицинской электроники».

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов со специальной технической литературой, а также использование технических средств обучения, компьютеров при выполнении лабораторных работ и заданий контрольной работы.

При изучении дисциплины рекомендуется широко использовать справочную и специальную научно-техническую литературу, рекламно-информационные источники и сеть Internet.

Рабочим планом дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы. Задания для контрольной работы выдаются индивидуально каждому студенту во время установочной сессии. На практическом занятии в установочную сессию объясняется порядок выполнения заданий, излагаются основные правила оформления и защиты контрольной работы. Во время семестра проводятся индивидуальные консультации в соответствии с графиком, утвержденным деканом факультета. Сдача контрольной работы осуществляется в ходе экзаменационной сессии. Содержание контрольной работы приведено в разделе 7, а варианты индивидуальных заданий – в разделе 8 настоящих методических указаний.

При выполнении задания 1 контрольной работы необходимо использовать методики оценки технологичности блоков электронной аппаратуры, изложенные в [4, 9, 10, 13].

При выполнении задания 2 контрольной работы необходимо использовать методики и рекомендации по разработке и оформлению технологических схем сборки, изложенные в [4, 9, 10, 13].

При выполнении задания 3 контрольной работы необходимо использовать методики и рекомендации по проектированию маршрутных технологических процессов и расчету трудоемкости операций сборки и монтажа блоков электронной аппаратуры, изложенные в [4, 9, 10, 13].

При выполнении задания 4 контрольной работы необходимо использовать рекомендации по разработке и оформлению технологических документов, изложенные в [4, 9–13].

## **4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Проектирование технологических процессов производства ЭА**

Конструктивно-технологические особенности поколений электронной аппаратуры (ЭА). Состав, структура и характеристика ЭА как объекта производства. Системный подход к анализу производства. Иерархические уровни производства. Производственные и технологические процессы, их структура и элементы в соответствии с Единой системой технологической подготовки производства (ЕС ТПП). Виды и типы технологических процессов (ТП).

Технологичность конструкций ЭА. Структура и показатели технологичности конструкций по ЕС ТПП. Обработка конструкций сборочных единиц и блоков на технологичность.

Экономичность и производительность ТП. Технологическая себестоимость, её структура и пути снижения. Структура технической нормы времени. Основные пути повышения производительности труда. Выбор оптимального варианта ТП.

Единая система технологической подготовки производства. Исходные данные и порядок проектирования ТП сборки и монтажа. Схемы сборочного состава, технологические схемы сборки. Особенности проектирования ТП сборки в зависимости от объёма выпуска. Виды и основные правила оформления технологических документов (ТД). Комплектность ТД на ТП сборки и монтажа.

[1, с. 5–23; 4, с. 7–43]

#### **4.2. Сборка и монтаж блоков на печатных платах**

Входной контроль ЭРЭ. Подготовка выводов ЭРЭ к монтажу. Методы установки ЭРЭ и ИС на платы. Фиксация элементов. Технологические процессы групповых методов монтажа. Технологическое оборудование, оснастка, инструмент. Контроль качества сборочно-монтажных работ.

Поверхностный монтаж (ПМ). Варианты практической реализации технологии ПМ. Поверхностно-монтируемые компоненты (ПМК) и их упаковка. Базовые ТП поверхностного монтажа: нанесение адгезива и припойной пасты, установка ПМК, пайка ПМК. Технологическое оборудование. Автоматизация и механизация процессов.

[1, с. 310–331; 3, с. 5–205; 4, с. 233–257]

#### **4.3. Технология межблочного и внутриблочного монтажа**

Классификация методов монтажа. Технология монтажа одиночными проводами, жгутами, ленточными плоскими кабелями. Подготовительные и сборочно-монтажные операции. Оборудование и средства автоматизации. Контроль качества монтажа.

[4, с. 283–295]

#### **4.4. Технология печатных и проводных плат**

Классификация печатных плат (ПП) и их краткая характеристика. Классификация методов изготовления ПП и их краткая характеристика. Базовые ТП изготовления ПП: механическая обработка ПП, нанесение защитного рисунка, травление медной фольги, химическая и электрохимическая металлизация. Типовые структуры процессов изготовления односторонних и двусторонних ПП.

Классификация многослойных печатных плат (МПП) и их краткая характеристика. Классификация методов изготовления МПП и их краткая

характеристика. Технология прессования пакета МПП. Типовые структуры процессов изготовления МПП.

Классификация проводных плат и их краткая характеристика. Технология проводных плат с упорядоченными фиксированными проводами. Технология проводных плат с неупорядоченными незакрепленными проводами. Технология проводных плат со стежковым монтажом.

Тканые коммутационные устройства. Технология тканых коммутационных плат.

Инструмент, оснастка и оборудование для производства печатных и коммутационных плат.

[1, с. 224–286; 4, с. 95–153]

#### **4.5. Технология электрических соединений**

Классификация методов формирования электрических соединений и их характеристика. Физико-технологические основы пайки: смачивание, растекание, капиллярные явления, диффузия, кристаллизация. Припой, флюсы, пасты. Методы пайки: классификация и техническая характеристика. Технологические основы индивидуальной пайки. Технология групповой пайки. Оборудование, инструмент, оснастка. Контроль качества паяных соединений.

Физико-технологические основы сварки. Классификация методов и их характеристика. Оборудование, оснастка и инструмент. Контроль качества сварных соединений.

Физико-технологические основы соединения проводящими клеями. Конструкции соединений. Классификация методов и их характеристика. Проводящие клеи.

Соединение накруткой. Соединение обжимкой. Оборудование, оснастка и инструмент. Контроль качества соединений.

[1, с. 172–206; 3, с. 172–205; 4, с. 165–215, 257–283]

#### **4.6. Технология механических соединений**

Классификация методов создания разъёмных и неразъёмных соединений, их технические характеристики. Разъёмные соединения. Резьбовые соединения. Расчёт усилия затяжки. Методы стопорения резьбовых соединений. Неразъёмные соединения. Конструкционная пайка и сварка. Оборудование, оснастка, инструмент. Контроль качества и надёжность соединений.

[1, с. 206–224; 4, с. 215–233]

#### **4.7. Технология намоточных работ**

Классификация обмоток по конструктивно-технологическим признакам. Типовые технологические процессы намотки. Намоточные станки. Автоматизация намотки и контроль параметров намоточных изделий. Производственные погрешности обмоток, выбор оптимального режима натяжения провода.

[4, с. 153–165]

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Название темы	Содержание	Объем в часах
1. Исследование процесса пайки электронной аппаратуры.	Исследование влияния режимов выполнения индивидуальной пайки на качество паяного соединения	4
2. Исследование процессов сварки при создании неразъемных соединений	Исследование влияния режимов выполнения конденсаторной сварки на качество сварного соединения.	4

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практическом занятии в установочную сессию выдаются индивидуальные задания по контрольной работе, объясняется порядок выполнения заданий, излагаются основные правила оформления и защиты контрольной работы. На практическом занятии в экзаменационную сессию осуществляется сдача контрольной работы.

## 7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**Задание 1. Оценка технологичности конструкции блока электронной аппаратуры:**

1) получить задание у преподавателя (номер варианта индивидуального задания, сборочный чертеж и спецификацию на блок электронной аппаратуры, собранный на печатной плате);

2) определить тип блока;

3) подготовить исходные данные для расчета частных базовых показателей технологичности;

4) рассчитать частные базовые показатели технологичности;

5) рассчитать комплексный показатель технологичности;

6) сравнить полученный комплексный показатель технологичности  $K_{расч}$  с заданным  $K_{зад}$ . Если  $K_{расч} < K_{зад}$ , то внести изменения в конструкцию и технологию сборки и повторить расчет.

**Задание 2. Разработка технологической схемы сборки блока электронной аппаратуры:**

1) определить действительный фонд времени за плановый период;

2) определить ритм сборки;

3) определить последовательность операций сборки;

- 4) определить трудоемкость операций сборки;
- 5) определить для каждой операции сборки отношение  $T_i / T_6$ ;
- 6) разработать технологическую схему сборки;
- 7) вычертить технологическую схему сборки на листах формата А4;
- 8) рассчитать коэффициенты, характеризующие сборочный состав изделия.

**Задание 3. Разработка маршрутной технологии сборки блока электронной аппаратуры:**

1) в соответствии с «Общими правилами разработки ТП и выбора средств технологического оснащения» ГОСТ 14.301-73 разработать 2 варианта маршрутного ТП сборки блока ЭА;

2) для каждого из вариантов выбрать технологическое оборудование по их техническим характеристикам;

3) провести техническое нормирование операций для каждого из вариантов маршрутного ТП сборки блока ЭА, представляя результаты расчетов в виде таблицы 1;

4) определить трудоемкость ТП сборки по сравниваемым вариантам;

5) рассчитать  $N_{кр}$  и определить оптимальный вариант маршрутного ТП сборки и монтажа блока ЭА.

Маршрутный ТП сборки и монтажа (вариант 1)

№ операции	Наименование операции	Оборудование, оснастка	$T_{опер}$ , МИН	$T_{шт}$ , МИН	$T_{п.з.}$ , МИН	$T_{шт.-к}$ , МИН
Итого:						

**Задание 4. Разработка операционной технологии и оформление комплекта технологических документов на процесс сборки блока электронной аппаратуры:**

1) определить содержание операций выбранного варианта маршрутного технологического процесса;

2) оформить титульный лист комплекта технологических документов;

3) оформить маршрутную карту на маршрутный технологический процесс;

4) оформить операционные карты на 2–3 наиболее важные операции технологического процесса сборки и монтажа блока электронной аппаратуры;

5) оформить комплектовочную карту;

6) оформить ведомость технологических документов.

Примеры оформления перечисленных технологических документов приведены в приложении.

## 8. ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

№ варианта	Тип производства	Годовая программа выпуска, шт	Заданный комплексный показатель технологичности $K_{зад}$	Количество рабочих дней	Длительность планового периода
1	Крупносерийное	10	10	256	Один кал. год
2	-“-	9	10	-“-	-“-
3	-“-	8	10	-“-	-“-
4	-“-	10	10	-“-	-“-
5	-“-	9	10	-“-	-“-
6	-“-	8	10	-“-	-“-
7	-“-	10	10	-“-	-“-
8	-“-	9	10	-“-	-“-
9	-“-	8	10	-“-	-“-
10	-“-	10	10	-“-	-“-
11	-“-	9	10	-“-	-“-
12	-“-	8	10	-“-	-“-
13	-“-	10	10	-“-	-“-
14	-“-	9	10	-“-	-“-
15	-“-	8	10	-“-	-“-
16	-“-	10	10	-“-	-“-
17	-“-	9	10	-“-	-“-
18	-“-	8	10	-“-	-“-
19	-“-	10	10	-“-	-“-
20	-“-	9	10	-“-	-“-
21	-“-	8	10	-“-	-“-
22	-“-	10	10	-“-	-“-
23	-“-	9	10	-“-	-“-
24	-“-	8	10	-“-	-“-
25	-“-	10	10	-“-	-“-
26	-“-	9	10	-“-	-“-
27	-“-	8	10	-“-	-“-
28	-“-	10	10	-“-	-“-
29	-“-	9	10	-“-	-“-
30	-“-	8	10	-“-	-“-

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И. П. Бушминский [и др.] ; под ред. А. П. Достанко, Ш. М. Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989.
2. Достанко, А. П. Технология производства ЭВМ / А. П. Достанко, М. И. Пикуль, А. А. Хмыль. – Минск : Выш. шк., 1994.
3. Технология поверхностного монтажа : учебное пособие / С. П. Кундас [и др.]. – Минск : «Армита – Маркетинг , Менеджмент», 2000.
4. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства : учебник / А. П. Достанко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Достанко. – Минск : Выш. шк., 2002.

### Дополнительная

5. Гуськов, Г. Я. Монтаж микроэлектронной аппаратуры / Г. Я. Гуськов, Г. А. Блинов, А. А. Газаров. – М. : Радио и связь, 1986.
6. Войчинский, А. М. Гибкие автоматизированные производства. Управление технологичностью РЭА / А. М. Войчинский, Н. И. Диденко, В. П. Лузин.– М. : Радио и связь, 1987.
7. Сборник задач и упражнений по технологии РЭА / Под ред. Е. М. Парфёнова. – М. : Высш. шк., 1982.

### Учебно-методические пособия

8. Ануфриев, Л. П. Лабораторные работы по дисциплинам «Технология РЭУ и автоматизация производства» и «Технология ЭВС» / Л. П. Ануфриев, В. Л. Ланин, А. А. Хмыль. – Минск : БГУИР, 1999.
9. Практические занятия по дисциплинам «Технология РЭС и автоматизация производства», «Конструирование и технология электронно-оптического аппаратостроения», «Технология средств медицинской электроники» / В. Л. Ланин. – Минск : БГУИР, 2001.
10. Технология РЭУ и автоматизация производства. Курсовое проектирование : учебное пособие / Л. П. Ануфриев [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2001.
11. Медицинская электроника. Дипломное проектирование / В. М. Бондарик [и др.] ; под ред. А. П. Достанко. – Минск : БГУИР, 2002.
12. Проектирование и производство РЭС. Дипломное проектирование : учеб. пособие / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : БГУИР, 2006.
13. Технология средств медицинской электроники : электронный учебно-методический комплекс для студ. спец. «Медицинская электроника» / А. А. Костюкевич. – <http://www.bsuir.unibel.by>.





**Пример заполнения второго листа маршрутной карты**

		ДПКП.406124.001				---		ДПКП.10188.00001				7						
		В	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции											
		Г																
		Обозначение документа																
		Д					Код оборудования							Наименование, модель оборудования				
		Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.					
		Л/М																
		Наименование детали, сборочной единицы или материала																
		Н/М					Обозначение, код		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх					
		01																
		В02	26		125		<b>0310 Визуальный контроль</b>											
		Г03	ДПКП.25103.00034, ИОТ для контролеров															
		Д04	Стол рабочий ОМ-1971															
		Е05	03	13460	5	1	1	1	1,0	3	24,0							
		Т06	Пинцет ГОСТ 21241-89															
		Т07	Приспособление для визуального контроля															
		Т08	ГГ 63669/0.12															
		О09	Осуществить визуальный контроль качества сборки															
		10																
		11																
		12																
		13																
		14																
		15																
		16																
		17																
		18																
		19																
		20																
		21																
		22																
		23																
		24																
		25																
		26																
		27																
		28																
		29																
		30																
		31																
		32																
Дубл.	Взам.	Подл.	МК															



*Пример заполнения комплекточной карты*

					ДПКП.01188.00001	3	1					
					ДПКП.406124.001	---	ДПКП.30196.00001					
					Сигнализатор концентрации паров аммиака АСПА			О				
					В	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
					Л/М	Поз.	Наименование детали, сборочной единицы или материала					
					Н/М	Обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	Кп	Н. расх.
					Я				Раз. п.	Общ. п.	Такт. п.	
					01							
					В02		2	010	<b>8831 Установка модуля питания</b>			
					Л03	1	Модуль питания					
					Н04	АРС 6.122.001			шт	1	1	
					Л05	2	Основание					
					Н06	АРС 8.074.002			шт	1	1	
					Л07	3	Винт самонарезной 4x8.05					
					Н08	ГОСТ 10620-80			шт	1	4	
					Л09	4	Шайба 4.04.016					
					Н10	ГОСТ 10450-78			шт	1	4	
					11							
					В12		3	015	<b>8831 Установка выключателя</b>			
					Л13	1	Втулка предохранительная резиновая 6-6					
					Н14	ГОСТ 19421-74			шт	1	1	
					Л15	2	Выключатель сетевой					
					Н16	тип 8600 SPST			шт	1	1	
					17							
					В18		4	020	<b>8831 Установка шнура сетевого</b>			
					Л19	1	Шнур сетевой с евровилкой					
					Н20	АС-162			шт	1	1	
					Л21	2	Стяжка для кабеля CCCV-CV-075					
					Н22	UL94V-2			шт	1	1	
					Л23	3	Скоба для кабеля (Рвн 6 мм)					
					Н24	NF 1, 2			шт	1	1	
					Л25	4	Лепесток 1-2-3,2x12-05					
					Н26	ГОСТ 22376-77			шт	1	1	
					27							
					28							
					29							
					30							
					31							
									Разраб.	Егоров И.В.		
									Проверил	Бондарик В.М.		
									Т. Контр.	Ланин В.Л.		
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н. контр.	Сидоров А.Н.	
					КК							

**Пример заполнения операционной карты**

							ДПКП.01188.00001	1	1										
							ДПКП.406124.001	—	ДПКП.60188.00001										
							<b>Контроллер</b>		0										
							В	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции							
							Г	Обозначение документа											
							Д	Код оборудования			Наименование, модель оборудования								
							Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.	
							Л/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала											
							Н/М	Обозначение, код			ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх				
							01												
							V02	5	020	<b>8870 Установка и пайка резисторов</b>									
							G03	ДПКП.25188.00001, ИОТ для слесаря-сборщика РЭА											
							D04	Стол рабочий ОМ-1971											
							E05	03	14544	4	1	1	1	1,0	5	7,56			
							T06	Пинцет ГОСТ 21241-89											
							T07	Кусачки монтажные ГОСТ 24244-87.											
							T08	Паяльник ПВНРС 65-42											
							O09	1. Извлечь плату ДПКП. 758142.002 и установить в приспособление.											
							10	2. Установить резисторы R50...R65, R72...R76 на плату согласно чертежу											
							11	3. Паять установленные резисторы припоем ПОС-61 ГОСТ 21931-76											
							12	4. Проверить внешним осмотром качество пайки.											
							13	5. Заполнить сопроводительную документацию и отправить изделие дальше по маршруту.											
							14												
							15												
							16												
							17												
							18												
							19												
							20												
							21												
							22												
							23												
							24												
							25												
							26												
							27												
							28												
							29												
Дубл.	Взам.	Подл.							Разраб.	Егоров И.В.									
								Проверил	Бондарик В.М.										
								Нач. бюро	Ланин В.Л.										
								Согл. БМН											
			Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н. контр.	Сидоров А.Н.										
			OK																

Учебное издание

## **ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания и контрольные задания  
для студентов специальности I-39 02 03  
«Медицинская электроника» заочной формы обучения

Составитель  
**Костюкевич** Анатолий Александрович

Редактор Т. Н. Крюкова  
Корректор М. В. Тезина

---

Подписано в печать 13.04. 2007.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.- изд. л. 1,0.

Формат 60x84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,28.  
Заказ 30.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6