

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению курсового по дисциплинам «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.3.049.7.002 (075)

ББК 38.54

Составитель. канд. техн. наук, доцент А. Б. Антиликаторов

Методические указания к выполнению курсового по дисциплинам «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.Б. Антиликаторов  
Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 59 с.

Основной целью указаний является определение последовательности и правил разработки технологического процесса при проектировании радиотехнического модуля. Предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплинам «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов 4 курса. Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле КП\_Технология.pdf.

Ил. 4. Табл. 6. Библиогр.: 18 назв.

**УДК 621.3.049.7.002 (075)**

**ББК 38.54**

**Рецензент** - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф. кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

## Содержание

1. Цель курсового проектирования.....	4
2. Задачи курсового проектирования.....	4
3. Тематика курсового проектирования.....	4
4. Техническое задание на курсовой проект.....	5
5. Содержание и оформление курсового проекта.....	6
6. Введение.....	7
7. Техническое описание изделия.....	7
8. Анализ технологичности конструкции .....	8
9. Разработка технологического процесса сборки и монтажа сборочной единицы на печатной плате.....	22
9.1. Общие положения.....	22
9.2. Разработка автоматизированной технологии сборки и монтажа СЭПП.....	25
9.3. Разработка технологии ручной сборки и автоматизированного монтажа СЕПП .....	27
10. Разработка технологического процесса сборки и монтажа изделия.....	31
11. Технология влагозащиты СЭПП.....	32
12. Разработка технологии контроля.....	41
13. Разработка технологической планировки цеха (участка).....	42
14. Мероприятия по технике безопасности.....	45
Список литературы.....	46

## 1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования (КП) является развитие и закрепление теоретических знаний студентов, полученных при изучении технологических дисциплин, и приобретение практических навыков разработки технологии производства РЭС.

## 2. ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Задачи КП следующие:

- отработка изделия на технологичность;
- разработка технологического процесса сборки и монтажа изделия (ТПСМИ) с высокими технико-экономическими показателями, обеспечивающего выполнение эксплуатационных требований к изделию;
- разработка технологической планировки цеха (участка) сборки и монтажа изделия;

## 3. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тематика КП должна быть по возможности ориентирована на решение производственных вопросов базового предприятия и соответствовать темам учебной научно-производственной и учебной научно-исследовательской работы, выполняемых студентами дневного обучения на этом предприятии. Тематика КП студентов заочного обучения должна быть связана с профилем их производственной деятельности. Тематика КП может также предусматривать решение научных и учебных вопросов кафедры.

В большинстве случаев объектами разработки технологии являются сборочные единицы или несложные изделия, например: модуль радиоканала телевизора, источники вторичного электропитания, низкочастотный генератор и т.п. Следует выбирать такие объекты разработки технологии, которые еще не освоены в производстве. Целесообразны темы КП, направленные на модернизацию действующих технологий.

Хорошо успевающие студенты могут выполнять КП научно-исследовательского профиля, посвященные физико-химическим аспектам технологии, математическому и программному обеспечению технологического проектирования и др. В этом случае темы КП должны утверждаться на заседании кафедры.

Наименование темы формулируют с учетом характера работы с конкретным объектом, например, "Разработка технологии изготовления модуля радиоканала телевизора нового поколения", "Модернизация технологии изготовления низкочастотного генератора", "Разработка математического и программного обеспечения оценки технологической точности печатных плат" и т.д.

#### 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Техническое задание (ТЗ) на КП студент получает у преподавателя в течение первых двух недель семестра. ТЗ содержит: тему проекта, исходные данные, виды работ, документацию проекта, график работы над проектом и даты выдачи ТЗ и защиты проекта.

При выполнении КП по разработке ТПСМИ в разделе "Исходные данные" указывают перечень конструкторских и текстовых документов на изделие, условия его эксплуатации, годовую программу выпуска изделия, значения базовых показателей технологичности, место размещения цеха (участка), требования по размещению технологического и транспортного оборудования, сведения по расположению других цехов (участков) и транспортным связям между ними. Производственные сведения приводят в том случае, если разрабатываемый или модернизируемый технологический процесс (ТП) предназначен для конкретного производства.

В разделе "Виды работ и документация проекта" указывают перечень основных работ, графических и технологических документов.

ТЗ проектов научно-исследовательского профиля содержит вышеуказанные разделы и должно быть достаточно развернутым по исходным данным, видам работ и содержанию КП.

## 5. СОЗДАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графических документов (ГД).

ПЗ включает титульный лист, ТЗ: содержание, введение, техническое описание и анализ ТЗ, основные разделы, заключение, список использованных источников и приложения.

Наименование и структура основных разделов ПЗ определяются профилем КП. В КП технологического профиля основными разделами должны быть следующее: анализ технологичности конструкции изделия (прибора или сборочной единицы); разработка ТПСМИ, разработка технологии регулировки изделия; разработка технологии технического контроля; разработка технологической планировки цеха (участка) сборки и монтажа изделия и мероприятия по технике безопасности.

Структуру основных разделов ПЗ КП научно-исследовательского профиля определяет руководитель проекта в каждом конкретном случае.

ПЗ. должна содержать не более 60 страниц рукописного текста вместе с иллюстрациями и приложениями. Материал ПЗ излагают в краткой, конкретной и аргументированной форме без общеизвестных определений. Терминология должна соответствовать требованиям стандартов /1. 2/.

Приложениями ПЗ являются спецификации и технологические карты.

ГД содержит чертеж плана цеха (участка) сборки и монтажа изделия, чертежи приспособлений, схемы и данные, отражающие результат модернизаций ТП, блок-схемы алгоритмов, сборочный чертеж изделия и другие материалы, необходимые для публичной защиты КП. ГД представляют не более чем на трех листах формата А1.

КП оформляют согласно требованиям методических указаний /3/.

## 6. ВВЕДЕНИЕ

Во введении излагают основные проблемы и пути совершенствования технологии РЭС, вопросы проектирования в соответствии с материалом разделов ПЗ и наиболее значимые технологические решения, позволившие выполнить требования ТЗ.

## 7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗДЕЛИЯ И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В этом разделе вначале отмечают назначение изделия и приводят предъявляемые к ним технические требования (ТТ). Затем описывают принцип действия и конструкцию изделия.

При описании принципа действия изделия делают ссылки на схему электрическую принципиальную или схему функциональную, которые включают в текст ПЗ. В случае сложных изделий приводят обе эти схемы, если это необходимо для разъяснения протекающих электромагнитных процессов. После описания принципа действия изделия указывает совокупность его выходных электрических параметров, при этом для каждого параметра должно быть указано номинальное значение и допуск на отклонение, либо наименьшее или наибольшее граничные значения. Например, чувствительность канала изображения, ограниченная синхронизацией, мкВ, не хуже... 40; выходная мощность, Вт.

Если выходные электрические параметры неизвестны, следует оценить их самостоятельно, и сделать соответствующую оговорку в тексте ПЗ.

Содержание описания конструкции зависит от сложности устройства, особенностей пространственного расположения функциональной взаимосвязи, сопряжения и крепления деталей, узлов и блоков и их конструктивного выполнения. Предпочтительным является такое описание, в котором одновременно с перечислением составных частей изделия указывают пространственное расположение и функциональные связи между ними, а так же способы их сопряжения и крепления.

При описании конструкции необходимо делать ссылки на позиционные обозначения деталей и сборочных единиц, приведенные на сборочном чертеже изделия.

В заключение анализируют ТЗ с точки зрения возможности выполнения ТТ на основе типовой технологии и технологии базового предприятия.

## 8. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия (ТКИ) и выбора показателей технологичности установлены стандартами ЕСТПП /4-6/.

В процессе анализа ТКИ учитывают главные факторы, определяющие требования к производственной технологичности конструкции. К ним относятся вид изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект), объем выпуска и тип производства.

Анализ ТКИ связан с использованием количественной и качественной оценки и, соответственно, количественных и качественных показателей технологичности. Количественная оценка ТКИ основана на трех видах показателей:

- базовые показатели технологичности;
- показатели проектируемой конструкции, достигнутых в процессе отработки ее на технологичность;
- показатели уровней технологичности, конструкции;

Показатель уровня, технологичности конструкции определяют как отношение достигнутого показателя проектируемой конструкции к соответствующему базовому показателю, заданному в ТУ (ТЗ). Уровень технологичности конструкции может определяться по одному или нескольким частным и комплексным показателям.

Показатели проектируемой конструкции разделяют на основные и дополнительные. Для вычисления дополнительных показателей выбирают



такую структуру формул, чтобы численное значение каждого частного показателя  $K$  было в пределах.

$$0 \leq K \leq 1, \quad (1)$$

при этом значения показателей одной, какой-либо группы должны быть однозначными по отношению к технологичности конструкции.

Основными показателями являются трудоемкость  $T_u$  и технологическая себестоимость  $C_T$  изготовления изделия.

$$T_u = \sum T_i, \quad (2)$$

где  $T_i$  - трудоемкость изготовления сборки, монтажа, регулировки, контроля и испытания  $i$ -ой составной части изделия.

$$C_T = C_M + C_3 + C_{\text{Ц}}, \quad (3)$$

где  $C_M$  - расходы на сырье и материалы (за вычетом стоимости отходов);

$C_3$  - заработная плата производственных рабочих с начислениями;

$C_{\text{Ц}}$  - целевые расходы на электроэнергию, на ремонт и амортизацию оборудования и оснастки и другие расходы, предусмотренные ТП.

Все дополнительные показатели технологичности можно выделить в следующие группы:

- относительные технико-экономические показатели трудоёмкости;
- относительные технико-экономические показатели себестоимости;
- технические показатели унификации и стандартизации конструкции;
- технические показатели обработки;
- технические показатели расхода материала;
- технические показатели применения типовых и прогрессивных решений;
- технические показатели автоматизации сборочно-монтажных процессов;
- технические показатели материалоемкости.

Показатели первых двух групп характеризуют относительный вклад трудоемкости по видам работ и стоимости покупных комплектующих изделий в численные значения основных показателей технологичности. Состав этих показателей может изменяться в зависимости от конструктивно-

технологических особенностей изделия, используемых ТП и результатов анализа ТКИ. Так первоначально Могут быть определены следующие показатели.

Относительная трудоемкость заготовительных работ:

$$T_{OЗР} = \frac{T_{ЗР}}{T_u}, \quad (4)$$

где  $T_{ЗР} = T_l + T_d + T_n + T_o + \dots$  – трудоемкость заготовительных работ;

$T_l + T_d + T_n + T_o + \dots$  – трудоемкости соответственно литейных работ, работ по обработке металлов давлением, работ по формообразованию деталей из полимеров, работ, выполняемых обработкой резанием и прочих работ.

Относительная трудоемкость обработки резанием:

$$T_{OОР} = \frac{T_{ОР}}{T_u}, \quad (5)$$

где  $T_{ОР}$  - трудоемкость обработки резанием (без учета трудоемкости изготовления печатных плат);

Относительная трудоемкость изготовления печатных плат (ПП):

$$T_{OПП} = \frac{T_{ПП}}{T_u}, \quad (6)$$

где  $T_{ПП}$  – трудоемкость изготовления ПП.

Относительная трудоемкость сборочно-монтажных работ:

$$T_{OСМ} = \frac{T_{СМ}}{T_u}, \quad (7)$$

где  $T_{СМ}$  – трудоемкость сборочно-монтажных работ.

Относительная себестоимость покупных комплектующих изделий:

$$C_{OПК} = \frac{C_{ПК}}{C_u}, \quad (8)$$

где  $C_{ПК}$  – стоимость покупных комплектующих изделий;

$C_u$  - полная себестоимость.

Относительная себестоимость регулировочных работ:

$$C_{ОР} = \frac{C_P}{C_u}, \quad (9)$$

где  $C_P$  – себестоимость регулировочных работ.

Относительная технологическая себестоимость изделия:

$$C_{от} = \frac{C_T}{C_u}, \quad (10)$$

Как следует из выражений (8.4) – (8.10), представленные относительные показатели являются в большей или меньшей мере обобщенными. Если возникает потребность более глубокого анализа технологичности конструкции и технологии, состав относительных показателей трудоемкости и себестоимости расширяют путем выбора дополнительных показателей, которые, по отношению к первоначальным, являются показателями более высокого уровня детализации. Такими показателями могут быть относительная трудоемкость ТП литья, относительная себестоимость регулировки наиболее трудоемких составных частей изделия и т.п. Далее возможно потребуются вычисление относительной трудоемкости и себестоимости частных ТП или групп электрорадиоэлементов (ЭРЭ), а затем, отдельных технологических операций (ТО) и комплектующих элементов.

Показатели третьей группы.

Коэффициент унификации сборочных единиц (СЕ) изделия:

$$K_{уС} = \frac{E_y}{E}, \quad (11)$$

где  $E_y$  – количество унифицированных СЕ;

$E$  – общее количество СЕ.

Коэффициент унификации деталей (ДТ)

$$K_{уД} = \frac{D_y}{D}, \quad (12)$$

где  $D_y$  - количество унифицированных ДТ, не вошедших в ЕУ (стандартные крепежные ДТ не учитываются);

$D$  - общее количество ДТ, не вошедших в  $E_y$

Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{уЭ} = \frac{Q_{уЭ}}{Q_Э}, \quad (13)$$

где  $Q_{уЭ}$  - количество унифицированных типоразмеров конструктивных элементов;

$Q_э$  - количество типоразмеров конструктивных элементов в изделии. Конструктивными элементами являются резьбы крепления, проточки, отверстия, и т.д.

Коэффициент стандартизации СЕ.

$$K_{СТС} = \frac{E_{СТ}}{E}, \quad (14)$$

где  $E_{СТ}$  - количество стандартных СЕ.

Коэффициент стандартизации ДТ

$$K_{СТД} = \frac{D_{СТ}}{D}, \quad (15)$$

где  $D_{СТ}$  - количество стандартных ДТ, не вошедших в  $E_{СТ}$  (стандартные крепежные ДТ не учитываются);

Коэффициент повторяемости составных частей изделия

$$K_{пов.с} = 1 - \frac{Q}{E+D}, \quad (16)$$

где  $Q$  - количество наименований составных частей изделия .

Коэффициент повторяемости материалов:

$$K_{пов.м} = 1 - \frac{H_m}{D_T}, \quad (17)$$

где  $H_m$  - количество микросортементов материалов, применяемых для изготовления оригинальных деталей;

$D_T$  - количество типоразмеров этих деталей

Коэффициент освоенности ДТ

$$K_{осв} = \frac{D_{ТЗ}}{D_T}, \quad (18)$$

где  $D_{ТЗ}$  - количество типоразмеров заимствованных ДТ (без учета стандартных и крепежных), ранее освоенных на предприятии.

Коэффициент повторяемости ЭРЭ:

$$K_{пов.ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{Т.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}}, \quad (19)$$

где  $H_{Т.ЭРЭ}$  - количество типоразмеров ЭРЭ;

$H_{ЭРЭ}$  - общее количество ЭРЭ.

Значимость (ранг) этих показателей тем выше, чем сложнее конфигурация изделия и чем больше программа выпуска. Причина этого заключается в том, что увеличение программы выпуска и усложнение конструкции обуславливает все большие затраты на разработку и изготовление технологического оснащения (ТОС). В общем случае необходимо стремиться к тому, чтобы показатели третьей группы имели как можно большие значения, независимо от типа производства и программы выпуска.

Показатели четвертой группы.

Конфидент точности обработки:

$$K_{\text{тч.}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} = 1 - \sum \frac{n_i}{An_i}, \quad (20)$$

где  $A_{\text{ср}} = \frac{\sum An_i}{\sum n_i} = \frac{n_i + 2n_i + 3n_i + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$  – средний класс точности обработки

изделия;

$A$  – класс точности обработки;

$n_i$  – число размеров соответствующего класса точности.

Допустимо  $n_i$  определять как число деталей, для которых данный класс точности является наивысшим.

Коэффициент шероховатости поверхности:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} = \sum \frac{n_{im}}{Bn_{im}}, \quad (21)$$

где  $B_{\text{ср}} = \frac{\sum Bn_{im}}{\sum n_{im}} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_3}$  – средний класс шероховатости

поверхности деталей изделия;

$B$  - класс шероховатости поверхности;

$n_{im}$  - число поверхностей соответствующего класса шероховатости.

Допустимо  $n_{im}$  определять как число деталей, для которых класс шероховатости является наивысшим.

Очевидно, влияние показателей  $K_{\text{тч.}}$  и  $K_{\text{ш}}$  на технологичность изделия будет слабым в том случае, когда в него входит мало оригинальных ДТ или когда программа выпуска мала. При определении ранга показателей  $K_{\text{тч.}}$  и  $K_{\text{ш}}$

следует помнить, что шероховатость поверхности и точность обработки ряда ДТ устанавливают отраслевые стандарты. В этом случае ранг показателей  $K_{Тч}$  и  $K_{Ш}$  не следует считать высоким, при условии что для обеспечения заданных значений этих показателей не потребуются дополнительные затраты на ТОС.

Показатели пятой группы определяют рациональность выбора заготовок и методов формообразования.

К ним относится коэффициент использования материала в изделии:

$$K_{ИМ} = \frac{M}{M_m}, \quad (22)$$

где  $M$  – масса составных оригинальных частей изделия без учета комплектующих элементов;

$M_m$  - масса материала, израсходованного на изготовление этих составных частей.

Показателю  $K_{ИМ}$  можно присвоить высокий ранг, если изделие содержит значительное количество оригинальных ДТ, изготавливаемых из дефицитных и дорогостоящих материалов, методами формообразования, широко используемыми в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах. Ранг показателя  $K_{ИМ}$  невысок при применении малоотходных технологий и методов формообразования специфичных для крупносерийного и массового производств. Такая же оценка значимости  $K_{ИМ}$  должна быть дана при анализе технологичности ДТ, которые изготавливают из заготовок с нормализованными технологическими припусками. Например, технологические припуски заготовок многослойных ПП принимают в пределах от 20 до 30 мм, так что в этом и подобных случаях нецелесообразна работа, направленная на сокращение расхода материала.

Показатели шестой группы.

Коэффициент применения типовых технологических процессов (ТТП):

$$K_{ТТП} = \frac{Q_{ТТП}}{Q_{П}}, \quad (23)$$

где  $Q_{ТТП}$  - количество ТТП, реализуемых в процессе изготовления изделия;

$Q_{\Pi}$  - общее количество применяемых ТП.

Коэффициент применения прогрессивных ТП:

$$K_{\Pi TP} = \frac{Q_{\Pi\Pi}}{Q_{\Pi}}, \quad (24)$$

где  $Q_{\Pi\Pi}$  - количество применяемых прогрессивных ТП;

В данном случае имеется в виду такие прогрессивные ТП, которые не ухудшают технико-экономические показатели изделия.

Показатели седьмой группы.

Коэффициент автоматизации подготовки ЭРЭ к монтажу:

$$K_{\text{АП ЭРЭ}} = \frac{N_{\text{АП ЭРЭ}}}{N_{\text{ЭРЭ}}}, \quad (25)$$

где  $N_{\text{АП ЭРЭ}}$  - количество ЭРЭ, подготавливаемых к монтажу автоматизированным способом; В число таких ЭРЭ включают и те, которые не требуют специальной подготовки к монтажу (реле, разъемы и т. п.).

Коэффициент автоматизации установки ЭРЭ на ПП.

$$K_{\text{АУ ЭРЭ}} = \frac{N_{\text{АУ ЭРЭ}}}{N_{\text{ЭРЭ}}}, \quad (26)$$

где  $N_{\text{АУ ЭРЭ}}$  - количество ЭРЭ, которые могут быть установлены на ПП автоматизированным способом.

Коэффициент автоматизации монтажа:

$$K_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{АМ}}}{N_{\text{М}}}, \quad (27)$$

где  $N_{\text{АМ}}$  - количество монтажных соединений, выполняемых автоматизированным способом;

$N_{\text{М}}$  - общее, количество монтажных соединений.

Коэффициент пригодности ПП для автоматизированной сборки:

$$K_{\text{ППП}} = \frac{N_{\text{ППА}}}{N_{\text{ПП}}}, \quad (28)$$

где  $N_{\text{ППА}}$  - количество ПП, геометрические параметры которых удовлетворяют требованиям автоматизированной сборки /8,9/;

$N_{\text{ПП}}$  - общее количество ПП в изделии.

Ранг показателей  $K_{АП\ ЭРЭ}$ ,  $K_{АУ\ ЭРЭ}$ ,  $K_{АМ}$ ,  $K_{ПП}$  - высокий при массовом выпуске изделий, поскольку при небольших программах выпуска автоматизированные средства нецелесообразны по экономическим соображениям.

Показатели восьмой группы.

Коэффициент интеграции элементов электрической схемы изделия:

$$K_{ИСХ} = \frac{N_{МС}}{N_{МС} + N_{МСУ}}, \quad (29)$$

где  $N_{МС}$  - количество микросхем (МС), микросборок (МСБ) и устройств функциональной электроники (УФЭ) в изделии;

$N_{МСУ}$  - количество условных МС и МСБ, которые могут быть выполнены на основе дискретных, ЭРЭ изделия.

В условную МС и МСБ, содержащую не менее 100: элементов, включают транзисторы с мощностью потребления до 200 мВт, резисторы с мощностью рассеяния до 200 мВт, индуктивности до 50 мкГн и конденсаторы с емкостью до 1000 пФ.

Коэффициент материалоемкости оригинальных деталей изделия:

$$K_{МОД} = 1 - \frac{M_{од}}{M_u}, \quad (30)$$

где  $M_{од}$  – масса оригинальных изделий;

$M_u$  – Масса изделия.

Коэффициент использования полезного объема конструкции:

$$K_{ИПО} = \frac{W_d}{W_\phi}, \quad (31)$$

где  $W_d$  – минимально возможный полезный объем конструкции при потребляемой мощности  $P$  и предельно допустимом перегреве элементной базы в соответствии с ТУ на ЭРЭ, микросхемы и микросборки;

$W_\phi$  – фактический полезный объем конструкции при той же мощности потребления.



Показатели восьмой группы характеризуют степень соответствия схемотехнических и конструкторских решений требованиям микроминиатюризации РЭС.

Повышение степени интеграции электрической схемы изделия приводит к снижению, материалоемкости оригинальных деталей (деталей корпуса, несущих конструкций ПП и др.). В связи с этим очевидной является зависимость показателя  $K_{\text{МОД}}$  от показателя  $K_{\text{ИСХ}}$ . Необходимо отметить, что степень влияния показателя  $K_{\text{ИСХ}}$  на ТКИ по показателю  $K_{\text{МОД}}$  определяется функциональным назначением изделия. Наибольшее влияние показателя  $K_{\text{ИСХ}}$  на ТКИ по показателю  $K_{\text{МОД}}$  является в изделиях с малой мощностью потребления. Это справедливо только в тех случаях, когда изделие не содержит компонента (или нескольких компонентов), масса и габариты которого, существенно превышают суммарную массу и габариты дискретных ЭРЭ, микросхем, микросборок и устройств функциональной электроники. Если же изделие содержит крупногабаритный компонент, то влияние показателя  $K_{\text{ИСХ}}$  на показатель  $K_{\text{МОД}}$  может оказаться малым. Например, материалоемкость оригинальных деталей телевизора, экономичной по питанию системы звукового воспроизведения зависит главным образом от массогабаритных параметров кинескопа и акустических колонок.

Сказанное выше позволяет изложить соображения по оценке значимости показателей  $K_{\text{ИСХ}}$  и  $K_{\text{МОД}}$ . Эти показатели следует считать значимыми тогда, когда имеется возможность снижения материалоемкости конструкции на основе про регрессивных схемотехнических и конструкторских решений. В таких устройствах как телевизионные приемники большой удельный вес имеет показатель  $K_{\text{МОД}}$  при условии, что ранее принятые конструкторские решения не обеспечивают минимизацию оригинальных деталей.

Значимость показателя  $K_{\text{ИПО}}$  определяется эффективностью использования полезного объема изделия по тепловому режиму.

$K_{\text{ИПО}}$  более значим для изделий, в которых допустимо ужесточение теплового режима при сохранении заданных ТУ значений показателей применения, например, интенсивности безотказной работы.

Задача с обеспечения ТКИ по показателям  $K_{\text{МОД}}$  и  $K_{\text{ИПО}}$  может быть успешно решена при всестороннем качественном анализе конструкции оригинальных деталей и в результате расчетов теплового режима изделия и стойкости конструкции, к механическим воздействиям.

Каждый из рассмотренных дополнительных технико-экономических показателей и дополнительных технических показателей отражает определенные свойства изделия и особенности технологии его изготовления. Для интегральной оценки ТКИ На практике пользуются комплексными показателями.

Согласно /10/ вычисляют следующие комплексные показатели. Комплексный относительный технико-экономический показатель трудоемкости:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^S T_{oi} \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i}, \quad (32)$$

где  $T_{oi}$  –  $i$ -й дополнительный технико-экономический показатель трудоемкости;

$\varphi_i$  - коэффициент значимости  $i$ - го показателя;

$S$  - число показателей.

Комплексный относительный технико-экономический показатель себестоимости:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^S C_{oi} \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i}, \quad (33)$$

где  $C_{oi}$  -  $i$ -й дополнительный технико-экономический показатель себестоимости.

Комплексный технический показатель

$$K_{\text{тех}} = \frac{\sum_{i=1}^S K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i}, \quad (34)$$

где  $K_i$  -  $i$ -й дополнительный технический показатель.

Значения  $\varphi_i$  по классам изделий приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения  $\varphi_i$  по классам изделий

Номер строки	Значения $\varphi_i$ по классам изделий	Обозначение показателя технологичности				
		$T_{OЗР}$	$T_{OOP}$	$T_{OПП}$	$T_{OСМ}$	$C_{OПК}$
1	Электронные	0,2	0,2	1	0,8	1
2	Электронно-механические	0,5	0,6	0,2	0,6	0,5
3	Механические	1	1	-	0,4	0,1

Продолжение таблицы 1

Номер строки	Обозначение показателя технологичности									
	$C_{OP}$	$C_{OT}$	$K_{УС}$	$K_{УД}$	$K_{УЭ}$	$K_{СТС}$	$K_{СТД}$	$K_{ПОВ.С}$	$K_{ОСВ}$	$K_{ПОВ.Э}$
1	0,5	1	0,7	0,5	0,3	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3
2	0,3	1	0,7	0,6	0,6	0,8	0,7	0,5	0,6	0,1
3	0,1	1	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,6	0,8	-

Продолжение таблицы 1

Номер строки	Обозначение показателя технологичности						
	$K_{ТЧ.}$	$K_{Ш}$	$K_{ИМ}$	$K_{ТТП}$	$K_{ПТП}$	$K_{АП ЭРЭ}$	$K_{АУ ЭРЭ}$
1	0,1	0,1	0,1	1	0,6	1	1
2	0,8	0,7	0,15	1	0,6	0,3	0,3
3	1	1	0,3	1	0,6	-	-

Окончание таблицы 1

Номер строки	Обозначение показателя технологичности				
	$K_{AM}$	$K_{ППП}$	$K_{ИСХ}$	$K_{МОД}$	$K_{ИПО}$
1	1	1	1	1	0,4
2	0,3	0,3	0,2	0,7	0,3
3	-	-	-	1	-

Из таблицы 1 видно, что каждый класс изделий характеризуется своей совокупностью наиболее значимых частных показателей технологичности. Различие в значимости  $\varphi_i$  проявляется также среди изделий одного класса, отличающихся конструктивно-технологическими свойствами. Учитывая сказанное, а также то, что значимость показателя технологичности определяется типом производства, необходимо проделать следующую работу.

1. Осуществить ранжирование показателей, технологичности, исходя из степени их влияния на технологичность СЕ и изделия.

2. Выделить наиболее значимые показатели технологичности и установить для них значения  $\varphi_i$ .

3. Согласовать выбор показателей технологичности с руководителем КП и вычислить значения  $K_T$ ,  $K_C$  и  $K_{\text{тех}}$ .

Завершают количественный анализ ТКИ определением уровня технологичности.

Уровень технологичности по трудоемкости изготовления:

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_u}{T_{u\delta}}, \quad (35)$$

В этом и последующих выражениях индекс « $\delta$ » означает, что соответствующий показатель является базовым.

Уровень технологичности по технологической себестоимости изделия:

$$K_{\text{ус}} = \frac{C_T}{C_{T\delta}}, \quad (36)$$

Уровень технологичности по комплексному относительному технико-экономическому показателю трудоемкости:

$$K_{\text{уот}} = \frac{K_T}{K_{T\delta}}, \quad (37)$$

Уровень технологичности по комплексному относительному технико-экономическому показателю себестоимости:

$$K_{\text{уос}} = \frac{K_C}{K_{C\delta}}, \quad (38)$$

Уровень технологичности по комплексному техническому показателю:

$$K_{\text{yотех}} = \frac{K_{\text{тех}}}{K_{\text{тех}\delta}}, \quad (39)$$

Значения уровней технологичности должны находиться в пределах:  
 $C < K_{\text{ус}} \leq 1, 0 < K_{\text{yот}} \leq 1, 0 < K_{\text{yос}} \leq 1, K_{\text{yотех}} \geq 1.$

## 9. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖА СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

### 9.1. Общие положения

$K_{\text{ПП}}$  сборочной единицы на ПП разрабатывают на основе исходных данных и информационных материалов.

К исходным данным относятся: сборочный чертеж и техническое описание устройства; ТЗ и результаты анализа ТКИ.

Информационными материалами являются: стандарты ЕСТПП третьей группы классификатор технологических операций отраслевые стандарты /7,8,10-13/, учебная литература /14,15/ и типовые схемы организации ТПСМ. В зависимости от элементной базы, Конструктивно-технологических особенностей СЕПП, технической оснащённости предприятия и типа производства может быть реализована одна из нижеприведенных схем.

Первая схема. Индивидуальная, ручная подготовка ЭРЭ, сборка и монтаж СЭПП на рабочих местах, специализированных по видам изделий.

Вторая схема. Комплексная подготовка ЭРЭ на специализированном заготовительном участке (СЗУ). и пооперационная их уставка и пайка, на ПП в условия поточной линии.

Третья схема. Комплексная подготовка ЭРЭ на СЗУ, ручная поточная их установка на ПП и групповая пайка.

Четвертая схема. Комплексная подготовка ЭРЭ на СЗУ, их установка на ПП с помощью, полуавтоматизированного и механизированного оборудования (монтажных столов с индексацией и без индексации адреса ЭРЭ, сборочных установок с пантографом и др.) и групповая пайка.

Пятая схема. Автоматизированная подготовка, установка и лайка ЭРЭ на ПП.

Шестая схема. Сборка и монтаж СЕПП на гибких роботизированных модулях и комплексах.

Седьмая схема. Сборка и монтаж СЕПП, сочетающие автоматизированные и ручные ТО.

Первую схему используют в единичном производстве и в некоторых случаях в мелкосерийном производстве. Последующие четыре схемы применяют в серийном, крупносерийном и массовом производствах, а шестая схема ориентирована в основном на многономенклатурное производство. Седьмую схему реализуют, в двух случаях: когда ряд ЭРЭ и других компонентов непригоден для автоматизированной обработки сборки или когда на предприятии не имеется соответствующего комплекта оборудования, а его приобретение экономически нецелесообразно.

Многовариантность ТПСМ СЕПП приводит к необходимости разработки нескольких вариантов сборки и монтажа объекта производства и выбора из них варианта, удовлетворяющего заданному критерию. Наиболее часто в качестве критериев оптимальности ТПСМ выбирают производительность и технологическую себестоимость.

Оценка вариантов ТПСМ СЕПП по технологической себестоимости связана с трудоемкими вычислениями и вообще говоря может быть достоверной в условиях учебного проектирования вследствие недостаточности информационного обеспечения. В связи с этим в КП решение о выборе того или иного варианта ТПСМ принимают по оперативным показателям  $K_{АП\text{ЭРЭ}}$ ,  $K_{АУ\text{ЭРЭ}}$ ,  $K_{АМ}$ ,  $K_{ППП}$  (разд.8) и по коэффициенту загрузки оборудования  $\alpha$ .

Применение автоматизированных средств следует считать неэффективным, если показатели  $K_{АП\text{ЭРЭ}}$ ,  $K_{АУ\text{ЭРЭ}}$ , и  $K_{АМ}$  имеют значение равное 0,5 при значении  $K_{ППП}$  равном 1. Указанное значение  $K_{ППП}$  принято в предположении, что нетехнологичные конструкции ПП приведены в соответствии требованиям стандарта /8 /. При значениях  $K_{АП\text{ЭРЭ}}$ ,  $K_{АУ\text{ЭРЭ}}$ , и

$K_{AM}$  больших их граничных значений предусматривают частичную автоматизацию ТО подготовки и установки ЭРЭ на ПП, при условии что оборудование будет рационально загружено в производстве.

В промышленности нормативными значениями  $\alpha$  являются: массовое производство - от 0,65 до 0,77; серийное производство от 0,75 до 0,85. В КП можно принимать в качестве граничных меньшие значения  $\alpha$ , полагая, что автоматизированное оборудование может быть использовано в производстве и для сборки других изделий. Отметим, что полуавтоматизированное и механизированное оборудование позволяет существенно повысить производительность и в ряде случаев его использование экономически выгодно по сравнению с автоматизированным оборудованием. Так при помощи стола с гибкой индексацией адреса ЭРЭ можно установить до 6000 элементов в смену, а с помощью установки с пантографом – до 2500 элементов в час, что соизмеримо с производительностью некоторых автоматов, стоимость которых, больше стоимости указанной установки /15/. Поэтому, если на предприятии имеется соответствующее полуавтоматизированное и механизированное оборудование и отсутствует автоматизированное оборудование, можно отдать предпочтение четвертой схеме организации ТПСМ СЭПП.

Экономическая целесообразность должна также, приниматься во внимание при выборе способа ручной сборки (сборка с помощью механизированного оборудования, сборка на поточной линии, неподвижная сборка). Ниже даны указания по разработке ТПСМ СЭПП в соответствии с третьей, пятой и седьмой схемами организации сборочно-монтажного производства. Пользуясь этими указаниями, студент может разработать технологию применительно к другим схемам организации ТПСМ.

## 9.2. Разработка автоматизированной технологии сборки и монтажа СЭПП

Разработку ТПСМ рекомендуется осуществлять в таком порядке.

1. На основании ТТП составить структурную схему рабочего ТП сборки и монтажа СЭПП.

2. Выбрать техническое оборудование для подготовки, установки ЭРЭ на ПП и групповой пайки.

3. Определить количество единиц оборудования по ТО и группам ЭРЭ.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения одной ТО (подготовки или установки группы-ЭРЭ), вычисляют по формуле :

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^{\varphi} \gamma_{ij} * N_3}{F \cdot n_0}, \quad (40)$$

где  $\gamma_{ij}$  - количество элементов в изделии  $i$ -го типоразмера подготавливаемых, (устанавливаемых на ПП) с помощью  $j$ -го оборудования;

$N_3$  - годовая программа запуска изделий, шт.;

$\varphi$  - количество типоразмеров элементов;

$F$  – действительный годовой фонд рабочего времени, ч.;

$n_0$  - производительность оборудования, шт./ч.

Годовая программа запуска изделия определяется по формуле:

$$N_3 = N \cdot \eta \quad (41)$$

где  $N$  - годовая программа выпуска изделия;

$Q$  - коэффициент, учитывающий технологические потери, его значение принимают равным от 1,01 до 1,03.

Принятое количество  $Q_{0n}$  единиц оборудования получают путем округления до ближайшего целого числа.

4. Определить коэффициент загрузки оборудования:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{\varphi} \gamma_{ij} * N_3}{F \cdot n_0 \cdot Q_{0n}}, \quad (42)$$

5. По значениям  $K_{АП ЭРЭ}$ ,  $K_{АУ ЭРЭ}$ ,  $K_{АМ}$  и  $\alpha$  сделать вывод о применимости автоматизированного оборудования в ТПСМ и при положительном заключении составить табл. 2.



Таблица 2 - Автоматизированное оборудование для подготовки и установки элементов

Наименование и позиционное обозначение элемента	Наименование ГОСТ, ТУ оборудования для подготовки элементов	Количество, шт.	$\alpha$	Наименование ГОСТ, ТУ оборудования для установки элементов	Количество, шт.	$\alpha$

6. В соответствии с общими ТТ отраслевых стандартов составить частные ТТ на подготовку и установку элементов.

7. Определить оптимальную последовательность установки элементов на ПП и составить таблицы исходных данных для разработки управляющих программ (см. приложения 6 и 8 стандарта /13/),

8. Составить схему компоновки сборочно-монтажного оборудования.

9. Разработать маршрутную технологию подготовки к установке элементов на ПП.

10. Выбрать вспомогательные материалы и назначить технологические режимы для ТО, которые связаны с физико-химическими явлениями.

11. Разработать технологию влагозащитным СЕПП (разд. 11).

12. Разработать технологию регулировки СЕПП (разд.12).

13. Разработать технологию входного, операционного и выходного контроля (разд. 13).

14. Оформить технологические документы в соответствии с требованиями ЕСТД

15. Определить количество операторов, наладчиков оборудования, контролеров, регулировщиков и рабочих для ремонта изделий.

Количество операторов указано в каталогах оборудования; количество наладчиков определяют исходя из следующих приближенных нормативов: 10 полуавтоматов, в том числе с ЧПУ - 2 наладчика автоматом, в том числе с ЧПУ – 1 наладчик. Количество контролеров, регулировщиков и рабочих для ремонта

изделий рассчитывают в соответствии с трудоемкостью указанных работ. При укрупненных расчетах численность контролеров принимают в размере от 5 до 7 % от числа производственных рабочих.

16. Разработать технологическую планировку цеха (участка) сборки СЕПП (разд. 14).

9.3 Разработка технологии, ручной сборки и автоматизированного монтажа СЕПП.

Работу целесообразно выполнить в такой последовательности:

I. Осуществить нормирование сборочно-монтажных операций, полагая что все элементарные работы производятся вручную /16/. Результаты нормирования зафиксировать в табл. 3

Таблица 3 - Нормы времени на элементарные работы

Нормирование объекта подготовки, сборки и монтажа	Норма времени $T_{шт\ э}$ на элементарную работу по ТО		
	Подготовительная	Сборочная	Монтажная
	$T_{шт\ 1} = \sum T_{шт\ э1}$	$T_{шт\ 2} = \sum T_{шт\ э2}$	$T_{шт\ 3} = \sum T_{шт\ э3}$

2. Оценить тип производства по значению коэффициента серийности:

$$K_c = \frac{60F \cdot n}{N \sum T_{шт\ i}}, \quad (43)$$

где  $n$  - количество ТО;

$T_{шт\ i}$  – штучное время  $i$ -й ТО, мин.

Тип производства характеризуют следующие значения  $K_c$ : массовое производство – примерно равен 1; крупносерийное - не более 10; среднесерийное - не более 20; мелкосерийное - не более 40; единичное- больше 40.

3. Произвести выбор формы организации ручной сборки.

В массовом производстве изделия собирают на однопредметных поточных линиях, а в серийном производстве выгодно использовать многопредметные поточные линии. Поточная линия обычно оборудуется конвейером, который в зависимости от своего назначения может быть транспортным, распределительным, и рабочим. Рабочий конвейер используют для сборки объектов, находящихся непосредственно на конвейерной ленте. Такими конвейерами часто оснащают поточные линии сборочно-монтажного производства РЭС.

В единичном и мелкосерийном производствах используют позиционную (неподвижную) ручную сборку; ее отличает специализация рабочих мест по видам изделий, поэтому расчетное число рабочих мест при неподвижной сборке является одновременно показателем необходимого количества сборочно-монтажных столов.

Краткая характеристика некоторых сборочно-монтажных конвейеров дана в приложении 1; размеры сборочно-монтажных столов указаны в подразд. 14.2.

4. Определить общее количество рабочих мест и, соответственно, рабочих.

Общее количество рабочих мест вычисляют по формуле:

$$l_{\text{общ}} = l_{\text{расч}} + l_{\text{рез}} + l_{\text{рег}} + l_{\text{рем}} + l_{\text{контр}} \quad (44)$$

где  $l_{\text{расч}}$  – расчетное количество рабочих мест для выполнения сборки.

$$l_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{шт } 2} \cdot N_3}{60 F_{\text{рм}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (45)$$

где  $T_{\text{шт } 2}$  - штучное время сборочной операции, мин;

$F_{\text{рм}}$  - действительный годовой фонд времени рабочего места, ч;

$K_{\text{вн}}$  - коэффициент выполнения норм (задается руководителем КП) ;

$l_{\text{рез}}$  – количество резервных рабочих мест,  $l_{\text{рез}}$  составляет от 0,1 до 0,5 от  $l_{\text{расч}}$ .  $l_{\text{рем}}$  - количество рабочих мест для ремонта изделий.  $l_{\text{рег}}$ - количество рабочих мест регулировщиков и  $l_{\text{контр}}$  - количество рабочих мест контролеров (см. п15 подразд. 9.2)

5. Рассчитать организационно-производственные параметры однопредметной или многопредметной поточной линии.

Основными параметрами однопредметной непрерывно-поточной линии являются:  $l_{\text{общ}}$ , такт  $\tau$ , длина  $L_k$ , шаг  $S_k$  конвейера, скорость  $V$  движения его несущей части и ширина  $h$  линии. Значения  $S_k$  и  $h$  определяют по установившимся проектным нормам (см. приложение 1).

Такт конвейера вычисляют по формуле:

$$\tau = \frac{T_{\text{кф}} \cdot m_{\text{см}}}{N_{\text{зс}}}, \quad (46)$$

где  $T_{\text{кф}}$  - календарный фонд времени работы в смену, мин;

$m_{\text{см}}$  - число рабочих смен в сутки;

$N_{\text{зс}}$  - программа запуска изделий в сутки, шт.

Длину конвейера определяют по формуле:

$$L_k = l_{\text{общ}} \cdot S_k + L_1 + L_2 \quad (47)$$

где  $L_1$  - длина приводной станции;

$L_2$  - длина натяжной станции.

Сумма  $L_1$  и  $L_2$  для вертикально-замкнутого конвейера берется в пределах от 500 до 1200 мм, для горизонтально-замкнутого конвейера в пределах от 2000 до 2500 мм.

Скорость движения несущей части конвейера находят из выражения:

$$V = \frac{S_k}{\tau}, \quad (48)$$

Наиболее удобная для работы скорость движения несущей части конвейера находится в пределах от 0,1, до 0,8 м/мин, допустимая – не более 4 м/мин.

Для достижения ритмичности производства и полной загрузки исполнителей время выполнения сборочной операции должно быть равным или кратным  $\tau$ . Чтобы выполнить это требование, следует воспользоваться нормами времени на элементарные работы (табл. 9.2) и сформировать рабочее

ТО с продолжительностью равной (кратной)  $\tau$  или с продолжительностью отличающейся от  $\tau$  не более, чем на 10%.

При невозможности синхронизации. ТО с  $\tau$  применяют непрерывно-поточную линию. Методика расчета организационно-производственных параметров этой линии и многопредметной поточной линии приведена в /18/.

6. Выбрать оборудование для проведения сборочных работ.

7. Выбрать оборудование и оснастку для подготовки ЭРЭ и произвести расчёт по формулам (9.1), (9.2) и (9.3).

8. Последующую работу выполнить согласно, п п . 9-14 подразд. 9.2.

9.4. Разработка технологии сборки и монтажа СЕПП, сочетающей автоматизированную и ручную установку элементов.

В данном случае разрабатывают два ТПСМ согласно указаниям подразд. 9.2, 9.3. Особенность разработки ТП ручной сборки состоит в следующем.

По табл. 9.2 находят  $T_{шт1}$ ,  $T_{шт2}$  и  $T_{шт3}$  для элементов, подлежащих автоматизации, затем определяют коэффициент серийности и тип производства, после чего проводят работу в последовательности, оговоренной в подразд. 9.3 (п п. 3.4 и т.д.).

## 10. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И МОНТАЖА ИЗДЕЛИЯ

.Для решения вопросов, связанных с разработкой ТПСМИ, следует предварительно ознакомиться с ТТП и руководящими техническими материалами /10, 11, 12/, а также с указаниями разд. 9.

В процессе разработки ТПСМИ решают следующие вопросы.

1. Устанавливают рациональную последовательность механического и электрического соединения составных частей изделия. С этой целью вначале анализируют чертеж изделия и определяют совокупность компонентов (ДТ, СЕ, блоков, жгутов, переключателей и т.д.), которые должны быть объединены механическими и электрическими связями во время выполнения сборочно-монтажных ТО. Затем составляют технологическую схему сборки изделия /14/.

Технологическую схему сборки изделия изображают так, чтобы она отражала последовательность ввода компонентов в ТПСМИ. Кроме этого на схеме помещают дополнительные надписи, поясняющие специфические особенности ТО. Эти надписи должны относиться к методам соединений и способам их фиксации, механической обработке в ходе сборки, в также к используемым материалам, технологическим деталям и приспособлениям. Составленную таким образом технологическую схему сборки используют для разработки операционной технологии.

2. Определяют тип производства, организационную форму сборки (подвижная, сборка на поточной линии или неподвижная сборка), определяют количество исполнителей и выбирают сборочно-монтажное оборудование и оснастку.

3. В случае поточной сборки рассчитывают организационно-производственные параметры поточной линии.

Формируют рабочие ТО и обеспечивают их синхронизацию с тактом сборки.

4. Разрабатывают операционную технологию.

5. Выбирают материалы, оснастку и оборудование для ТО, основанных на физико-химических явлениях.

6. Обосновывают методику технологической тренировки изделия /15/.

7. Разрабатывают технологию регулировки и контроля изделия.

8. Разрабатывают план участка (цеха) сборки изделия.

9. Оформляют технологические документы.

## 11. ТЕХНОЛОГИЯ ВЛАГОЗАЩИТЫ СЕПП

Основные положения защиты изделий от воздействия влаги: изложены в учебнике / 15/. Наиболее полно технология влагозащиты модулей первого и второго уровней описана в книге /19. /, поэтому при наличии возможности следует обратиться к систематизированным данным этого источника.

В данном разделе рассмотрена технология влагозащиты СЕПП лаками УР-231, ФЛ-682, ЭП-730, ЭП-9114 и гидрофобизирующей жидкостью 136-41.

Электрические параметры материалов определялись по ГОСТ 6433.3-71, ГОСТ 6433.2-71 и ГОСТ 22. 372-77. Грибостойкими считаются материалы, у которых стойкость к воздействию плесневых грибов от 0 до 2 баллов по ГОСТ 9.050-77 (метод А). Блеск и виды фактуры покрытий приведены по ГОСТ 9.032-74, твердость по ГОСТ 5233-72, эластичность по ГОСТ 6806-73, механическая прочность, по ГОСТ 4765-73.

Структурная схема ТП влагозащиты СЕПП на рис. 1.

Для обеспечения качества влагозащиты СЕЛЗ необходимо выполнить следующие требования.

1. Перед влагозащитой поверхность должна быть тщательно счищена от остатков солей, флюсов, консервационных материалов, следов масел и других загрязнений.

2. СЕПП должны находиться в ваннах с промывочными средами не более 4 мин. Повторная отмывка может проведена не ранее, чем через 30 мин после первой отмывки. Общее время нахождения СЕПП в моющих средах на протяжении всего технологического изготовления изделия не должно превышать 12 мин. если нет ограничений по времени в ТУ на ЭРЭ.

3. Сушка должна быть проведена так, чтобы присутствующая в СЕПП влага была полностью удалена.

4. Температура сушки не должна превышать предельно допустимых температур нагрева ЭРЭ согласно ТУ.

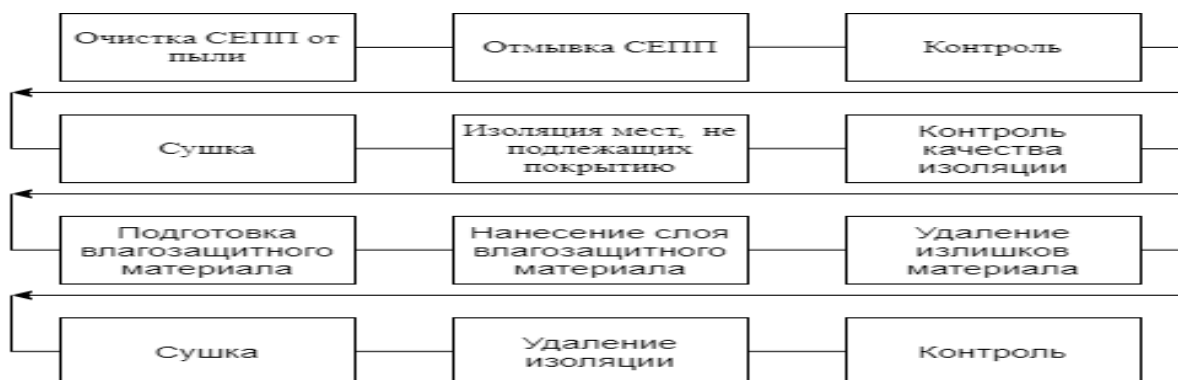


Рис. 1 - Структурная схема ТП влагозащиты СЕПП

5. Места, не подлежащие покрытию, должны быть защищены специальными. Приспособлениями или антиадгезионными составами (нитрилатс, карболатс, составы АК-535, ХП-I, ХП-2, лаки ХС-567, ХВ-5I96), не вызывающими коррозии металлов и искажения сопротивления изоляции. Поверхности, предназначенные для последующей пайки, должны быть защищены герметиком ВГО-1 или аналогичными материалами.

6. Негерметичные ЭРЭ необходимо изолировать отмывкой СЕПП, используя специальные составы и методы нанесения защитных материалов, исключая попадание растворителей во внутрь элементов.

7. При подготовке материала должны быть, выполнены требования типовой технологи к его жизнеспособности и вязкости (значения вязкости определяют в секундах по вискозиметру ВЗ-246).

8. Влагозащитные материалы, следует наносить методами облива, окунания с последующим центрифугированием, пневматическим распылением и кистью. В случае применения пневматического распыления сжатый воздух должен соответствовать второй группе по гост 9.010-80.

9. Общая толщина; покрытия (независимо от числа слоев) должна быть не более 0,06 мм.

Для контроля качества покрытия применяют прямые и косвенные методы контроля.

Помимо визуального контроля качество отмывки поверхности СЕПП определяют люминесцентным методом, нефелометрированием методом качественной реакции, спектрометрическим и рентгеноструктурным методами.

Визуальным осмотром проверяют и качество покрытия по таким дефектам как поры и газовые включения в полимерной пленке, ее отслоение от основы и вспучивание, подтеки и наплывы влагозащитного материала и др.

При необходимости делают химический анализ исходных материалов, измеряют толщину покрытия и определяют его твердость, эластичность, механическую прочность и адгезионные свойства.



## 12. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Необходимые достаточные сведения для разработки технического контроля (ГК) содержатся в стандартах /10-13/ и в литературе /14,18/. В связи с этим ниже даны указания общего характера, относящиеся в основном к порядку разработки ТК:

ознакомление с типовым ТО и ТП технического контроля;

определение объектов контроля (ЭРЭ, деталь, СЕ, изделие, полуфабрикат, заготовка, вспомогательный материал и т.п.);

определение для каждого объекта контроля контролируемых признаков (внешний вид, состояние поверхности, геометрический размер, физический параметр и т.п.) и форматирование ТТ, в соответствие с которым он может быть признан годным или бракованным;

выбор метода и технических средств контроля;

состояние структурных схем подключения объектов контроля к техническим средствам;

разработка операций ТК;

определение объема (глубины) контроля по всем операциям процесса ТК;

организация ТК (организация рабочих мест контролеров и их расположение по ходу ТПСМИ, согласование по времени контрольных и сборочно-монтажных операций, порядок подачи объектов контроля к рабочим местам).

Соображения по разработке ТК должны быть увязаны с техническими решениями разд. 12.

## 13. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКИ ЦЕХА

Производственная площадь состоит из площади основного производства и площади вспомогательных помещений. На площадях основного производства размещаются цехи (участки): заготовительный, кабельно-жгутовой, промывки и обезжиривания, герметизации влагозащиты, узловой и общей сборки;

контрольно-испытательный и др. Вспомогательными помещениями являются кладовые (комплектовочная; . легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; инструмента, приборов и оснастки и т.п.), склады (материалов, промежуточные, готовой

продукции), конторские, бытовые и административные помещения.

Площадь кладовых и складов составляет от 30 до 45 S от производственной площади. Площадь конторских, бытовых и административных помещений может составлять до 1,25 м<sup>2</sup> на одного работника цеха (участка) при двухсменной работе.

Площадь основного производства определяется:

наружными габаритами оборудования (габариты, от которых отчитывается нормируемые расстояния, берутся с учётом крайних положений движущихся частей да ограждений, пультов управления т. п.);

планировкой рабочих мест;

шириной проездов, проходов и расстоями между элементами зданий и оборудованием (рабочими местами), рис. 3.

На рис. 3 цифрами обозначены 1-рабочий стол., 2- стул, 3-стена здания, 4- прямолинейный вертикальный замкнутый конвейер со снятием изделия с транспортирующей ленты, 5- горизонтально- замкнутый конвейер без снятия изделия с транспортирующей ленты., 6 – оборудование, расположенное фронтально; 7 – оборудование, расположенное поперечно относительно проезда, а буквами – расстояния:

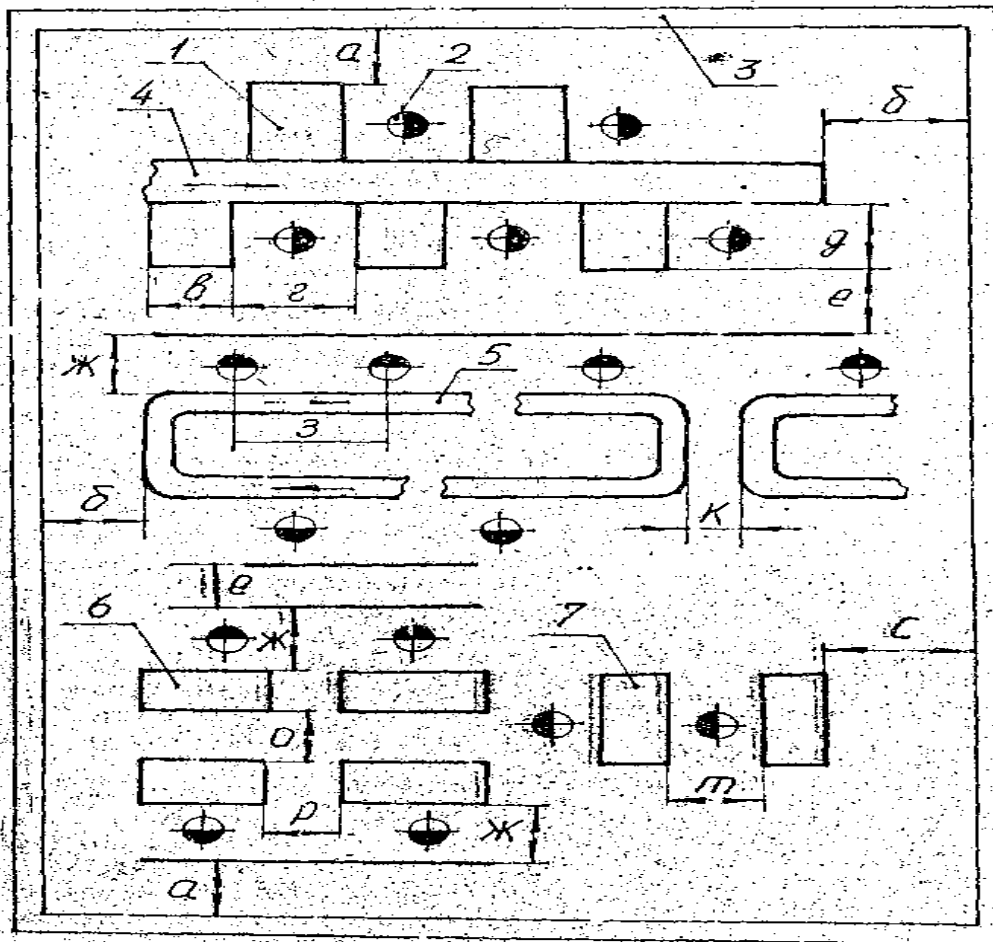


Рис.3. Нормативные расстояния между технологическим оборудованием

а - между рабочим столом и стеной здания (принимают равным 1200 – 1500 мм); б – от торца конвейера до стены здания (1500); в – ширина стола (750); д – его длина (1000 – 1500); г – между рабочими столами (1500); е – между рабочими зонами (1200 – 1400); ж - рабочая зона (800); з - между рабочими местами (1200); к - между торцами конвейеров (1500); л - между тыльными сторонами оборудования (700-800); м - между боковыми сторонами оборудования (700-800); н - между оборудованием при его поперечном расположении относительно проезда (1300-1400).

Расстояние между рабочими зонами приведены для прохода людей. При использовании транспортных средств ширина проезда около 2000 мм, ширина магистральных проездов (межцеховых) должна быть не менее 3000 мм. Масштаб планировки 1: 50 или 1: 100.

## Список литературы

1. ЕСТД. ГОСТ 3.1109-82. Процессы технологические. Основные термины и определения.
2. ЕСТП. ГОСТ 14.004-83. Терминология.
3. Оформление графической и текстовой конструкторской документации РЭС. Методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию по курсу «Конструирование РЭС» для студентов специальностям 23.03 три всех форм обучения /Воронеж. И политехн. ин-т; Сост.: А.А. Соболев, А.Т.Бопгов, Воронеж,1992. 32 с.
4. ЕСТП. ГОСТ 14.201-83. Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность.
5. ЕСТП. ГОСТ 14.202-73. Общие правила выбора показателей технологичности конструкции изделия.
6. ЕСТП. ГОСТ 14.203-73. Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц.\
7. ОСТ 4.070.010-78. Платы печатные под автоматическую установку элементов.
8. ОСТ 4.091.124-88. Требования технологичности конструкции печатных узлов для автоматизированной сборки.
9. Войчинский А.М., Якобсон Э.Ж. Технологичность изделий в приборостроении. Л.: Машиностроение. Ленингр. от-нее, 1988. 232с.
10. ОСТ 4Г. 054.264-80. Аппаратура радиоэлектронная. Подготовка электрорадиоэлементов к монтажу. Типовые технологические операции.
11. ОСТ 4Г. 054.265-80 Аппаратура радиоэлектронная. Установка радиоэлементов на печатные платы. Типовые технологические операции.
12. ОСТ 4Г. 054.267-80. Аппаратура радиоэлектронная. Пайка электромонтажных соединений. Типовые технологические операции.
13. РД 4.054.051-89. Подготовка и автоматизированная установка изделий электронной техники на печатные платы.

14. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов /И.П.Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко и др. / Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. М.: Радио и связь, 1989, 624 с.
15. Иванов О. В., Лакота Н.А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов: Учеб. Пособие для вузов М.: Радио и связь, 1987, 404 с.
16. Методические указания по нормированию технологических процессов сборки РЭА для студентов спец. 0705 и учащихся спец. 0704 всех форм обучения / Воронеж, политехн. Ин-т; Сост.: А.М. Донец, Г.М. Жалнина, Л.С. Очнева. Воронеж, 1985. 38с.
17. Организация и планирование радиотехнического производства/ Под ред. А.И. Кноля и Г.М. Лапшина. М.: Высш. Шк., 1987, 350 с.
18. Кочкин В. Ф., Гуревич А. Е. Лакокрасочные материалы и покрытия в производстве радиоаппаратуры. Л.: Химия, 1991, 128с.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового по дисциплинам «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения

Составители:

Антиликаторов Александр Борисович

Компьютерный набор А. Б. Антиликаторова

Подписано к изданию \_\_\_\_\_.

Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» 394026

Воронеж, Московский просп.,