

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электронной техники и технологии

В.Л. Ланин

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

по дисциплинам

ТЕХНОЛОГИЯ РЭУ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОЙ
АППАРАТУРЫ,
ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

для студентов специальностей

"Проектирование и производство РЭС",

"Электронно-оптическое аппаратостроение",

"Медицинская электроника"

Минск 2001

УДК 621.396.6.002 (075.8)

ББК 32.844 я73 Л22

Л22

Ланин В.Л.

Л22 Практические занятия по дисциплинам: "Технология РЭУ и автоматизация производства", "Конструирование и технология электронно-оптической аппаратуры", "Технология средств медицинской электроники". Для студентов специальностей "Проектирование и производство РЭС", "Электронно-оптическое аппаратостроение", "Медицинская электроника". – Мн.: БГУИР 2001. - 56 с. ил.

ISBN

Практические занятия содержат методики расчета показателей технологичности конструкций, проектирования технологических процессов сборки и монтажа электронных блоков и поточной линии сборки.

УДК 621.396.6.002

ББК 32.844 я73

© Ланин В.Л.,

2001

ISBN

Практическое занятие №1

Оценка технологичности конструкций изделий и разработка технологической схемы сборки

Теоретические сведения

Технологичность – совокупность свойств изделия, которые проявляются в оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия. Основными показателями технологичности в соответствии со стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) являются трудоемкость изготовления изделия, себестоимость технологическая, уровень технологичности по трудоемкости, уровень технологичности по себестоимости. К дополнительным техническим показателям технологичности относятся коэффициент унификации, коэффициент автоматизации и механизации.

Базовые показатели технологичности блоков РЭА установлены отраслевым стандартом ОСТ 4ГО.091.219-81 "Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА" для четырех основных групп блоков: электронные, радиотехнические, электромеханические, коммутационные. Для этих блоков определены 7 показателей технологичности, каждый из которых имеет свою весовую характеристику φ_i , которая зависит от порядкового номера частного показателя и рассчитывается по формуле

$$\varphi_i = q/2^{q-1}, \quad (1.1)$$

где q – порядковый номер ранжированной последовательности частных показателей.

На основании расчета всех показателей вычисляют комплексный показатель технологичности по формуле 1.2.

Таблица 1.1. Весовые характеристики показателей

q	φ _i	q	φ _i
1	1,0	5	0,3
2	1,0	6	0,2
3	0,8	7	0,1
4	0,5		

$$K = \frac{\sum_{\varphi_i=1}^7 K_i \varphi_i}{\sum_{\varphi_i=1}^7 \varphi_i} \quad (1.2)$$

Коэффициент технологичности находится в пределах $0 < K < 1$.

К электронным устройствам относятся логические и аналоговые блоки оперативной памяти, автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числу ЭРЭ. Состав показателей технологичности в ранжированной последовательности для электронных РЭС приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Электронные устройства

q _i	Коэффициент технологичности	Обозначение	Степень влияния
1	Применения микросхем и микросборок	K _{м.с}	1,0
2	Автоматизации и механизации монтажа	K _{м.м}	1,0
3	Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	K _{м.п.ИЭТ}	0,8
4	Автоматизации и механизации регулировки и контроля	K _{а.р.к}	0,5
5	Повторяемости ИЭТ	K _{пов.ИЭТ}	0,3
6	Применения типовых ТП	K _{т.п}	0,2
7	Прогрессивности формообразования деталей	K _ф	0,1

Коэффициент применения микросхем и микросборок:

$$K_{\text{м.с}} = \frac{N_{\text{э.мс}}}{N_{\text{э.мс}} + N_{\text{ИЭТ}}}, \quad (1.3)$$

где $N_{\text{э.мс}}$ – общее число дискретных элементов, замененных микросхемами и установленными на микросборках в РЭС; $N_{\text{ИЭТ}}$ – общее число ИЭТ, не вошедших в микросхемы. К ИЭТ относят резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, разъемы, реле и другие элементы.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

$$K_{\text{м.м}} = \frac{N_{\text{м.м}}}{N_{\text{м}}}, \quad (1.4)$$

где $N_{\text{м.м}}$ – количество монтажных соединений ИЭТ, которые предусматривается осуществить автоматизированным или механизированным способом. Для блоков на печатных платах механизация относится к установке ИЭТ и последующей пайке волной припоя; $N_{\text{м}}$ – общее количество монтажных соединений, определяемое для разъемов, реле, микросхем и ЭРЭ по количеству выводов.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

$$K_{\text{м.п.ИЭТ}} = \frac{N_{\text{м.п.ИЭТ}}}{N_{\text{п.ИЭТ}}}, \quad (1.5)$$

где $N_{\text{м.п.ИЭТ}}$ – количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов; в число их включаются ИЭТ, не требующие специальной подготовки (патроны, реле, разъемы и т.д.); $N_{\text{п.ИЭТ}}$ – общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

$$K_{\text{а.р.к}} = \frac{N_{\text{а.р.к}}}{N_{\text{р.к}}}, \quad (1.6)$$

где $N_{\text{а.р.к}}$ – число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах; $N_{\text{р.к}}$ – общее количество операций контроля и настройки. Две операции: визуальный контроль и электрический являются обязательными. Если в конструкции имеются регулировочные элементы, то ко-

личество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

Коэффициент повторяемости ИЭТ:

$$K_{\text{пов.ИЭТ}} = 1 - \frac{N_{\text{т.ор.ИЭТ}}}{N_{\text{т.ИЭТ}}}, \quad (1.7)$$

где $N_{\text{т.ор.ИЭТ}}$ – количество типоразмеров оригинальных ИЭТ в РЭС, к которым относятся ИЭТ, разработанные и изготовленные впервые по техническим условиям; типоразмер определяется компоновочным размером и стандартом на элемент; $N_{\text{т.ИЭТ}}$ – общее количество типоразмеров на элемент.

Коэффициент применения типовых технологических процессов:

$$K_{\text{т.п}} = \frac{D_{\text{т.п.}} + E_{\text{т.п.}}}{D + E}, \quad (1.8)$$

где $D_{\text{т.п}}$ и $E_{\text{т.п}}$ – число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов; D и E – общее число деталей и сборочных единиц в РЭС, кроме крепежа (винтов, гаек, шайб).

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей:

$$K_{\text{ф}} = \frac{D_{\text{пр.}}}{D}, \quad (1.9)$$

где $D_{\text{пр.}}$ – детали, изготовленные по прогрессивному ТП (штамповка, прессование из пластмасс, литье и т.д.); D – общее число деталей (без учета нормализованного крепежа).

К *радиотехническим* относятся приемно-усилительные приборы и блоки, источники питания, генераторы сигналов, телевизионные блоки и т.д. Состав показателей технологичности приведен в табл. 1.3.

Коэффициент освоенности ДСЕ:

$$K_{\text{осв.}} = \frac{D_{\text{т.з}}}{D_{\text{т}}}, \quad (1.10)$$

где $D_{\text{т.з}}$ – количество типоразмеров заимствованных ДСЕ, ранее освоенных на предприятии; $D_{\text{т}}$ – общее количество типоразмеров ДСЕ в РЭС.

Таблица 1.3. Радиотехнические устройства

q _i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ _i
1	Автоматизации и механизации монтажа	K _{м.м}	1,0
2	Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	K _{м.п.ИЭТ}	1,0
3	Освоенности ДСЕ	K _{осв.}	0,8
4	Применения микросхем и микросборок	K _{м.с}	0,5
5	Повторяемости печатных плат	K _{пов.п.п}	0,3
6	Применения типовых ТП	K _{т.п}	0,2
7	Автоматизации и механизации регулировки и контроля	K _{а.р.к}	0,1

Коэффициент повторяемости печатных плат:

$$K_{\text{пов.п.п.}} = \frac{D_{\text{тип}}}{D_{\text{пп}}}, \quad (1.11)$$

где $D_{\text{тип}}$ – число типоразмеров печатных плат в РЭС; $D_{\text{пп}}$ – общее число печатных плат в РЭС.

К *электромеханическим* устройствам относятся механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи и т.д. Состав показателей технологичности приведен в табл.1.4.

Таблица 1.4. Электромеханические устройства

q _i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ _i
1	Точности обработки	K _{т.ч}	1,0
2	Прогрессивности формообразования деталей	K _ф	1,0
3	Сложности обработки	K _{с.о}	0,8
4	Повторяемости деталей и сборочных единиц	K _{пов.ДЕ}	0,5
5	Параллельности сборки	K _{п.сб}	0,3
6	Сложности сборки	K _{с.сб}	0,2
7	Использования материалов	K _{и.м}	0,1

Коэффициент точности обработки:

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{D_{т.ч}}{D}, \quad (1.12)$$

где $D_{т.ч}$ – число деталей (без учета стандартных и крепежных) квалитет размеров которых не выше 10. Точность резьбовых поверхностей при расчете не учитывается.

Коэффициент сложности обработки:

$$K_{с.о} = 1 - \frac{D_M}{D}, \quad (1.13)$$

где D_M – число деталей, включая заимствованные и стандартные, требующие обработки снятием стружки; D – общее число деталей.

Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц:

$$K_{пов.ДЕ} = \frac{D_T + E_T}{D + E}, \quad (1.14)$$

где D_T и E_T – общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц в РЭС без учета нормализованного крепежа; D и E – общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц.

Коэффициент параллельности сборки:

$$K_{п.сб} = \frac{E_{п.сб}}{E}, \quad (1.15)$$

где $E_{п.сб}$ – число сборочных единиц в РЭС, допускающих параллельную сборку, с учетом целесообразности расчленения РЭС на сборочные единицы; E – общее число сборочных единиц.

Коэффициент сложности сборки:

$$K_{с.сб} = 1 - \frac{E_{т.сл}}{E_T}, \quad (1.16)$$

где $E_{т.сл}$ – число типоразмеров сборочных единиц, входящих в РЭС и требующих регулировки и подгонки в процессе сборки; E_T – общее количество сборочных единиц.

Коэффициент использования материалов определяется

$$K_{им} = \frac{M}{M_{к.м.р}}, \quad (1.17)$$

где M – масса РЭС без учета комплектующих изделий и тары; $M_{к.м.р}$ – масса K -го конструкционного материала:

$$M = M_{ie} + M_{ig}, \quad (1.18)$$

где M_{ie} – масса i -й сборочной единицы; M_{ig} – масса i -й детали, являющейся составной частью РЭС.

К коммутационным устройствам относятся соединительные, распределительные блоки, коммутаторы и т.п. Состав показателей технологичности приведен в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Коммутационные устройства

q_i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ_i
1	Повторяемости материалов	$K_{пов.м}$	1,0
2	Сложности сборки	$K_{т.сб}$	1,0
3	Точности обработки	$K_{т.о}$	0,8
4	Прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,5
5	Использования материалов	$K_{им}$	0,3

Коэффициент повторяемости материалов определяется

$$K_{пов.м} = 1 - \frac{D_{м.м}}{D_{т.ф}}, \quad (1.19)$$

где $D_{м.м}$ – число маркосортаментов материалов, применяемых в РЭС. Под маркосортаментом понимается сочетание марки материала и профиля его поставки; $D_{т.ф}$ – количество типоразмеров оригинальных деталей в РЭС.

Нормативные значения комплексных показателей конструкций РЭС зависят от стадии разработки рабочей документации (табл. 1.6).

Для повышения технологичности конструкций устройств необходимо выполнение следующих мероприятий:

Таблица 1.6. Нормативные значения показателя технологичности

Класс устройств	Разработка рабочей документации	Доработка рабочей документации	
		Установочной серии	Установившегося серийного производства
Радиотехнические	0,60-0,75	0,70-0,80	0,75-0,85
Электронные	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Коммутационные	0,35-0,55	0,50-0,70	0,55-0,75
Электромеханические	0,30-0,55	0,40-0,60	0,45-0,65

- повышение унификации, конструкторской и функциональной взаимозаменяемости деталей;
- расширение использования ИМС и микросборок;
- увеличение сборности за счет базовых несущих конструкций;
- увеличение количества деталей, изготовленных прогрессивным методом, и уменьшение изготовленных точными способами;
- рациональной компоновкой элементов на плате;
- автоматизация подготовки элементов к монтажу путем использования автоматов, полуавтоматов;
- совершенствованием ТП монтажа;
- автоматизация операций контроля и настройки.

Технологическим процессом сборки называют совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. Простейшим сборочно-монтажным элементом является деталь, которая согласно ГОСТ 2101-68 характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица является более сложным сборочно-монтажным элементом, состоящим из двух или более деталей, соединенных разъемным или не-

разъемным соединением. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц.

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Расчленение изделия на сборочные элементы проводят в соответствии со схемой сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортировки и контроля;
- минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум;
- минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице;
- схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц;
- схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей ступени.

Включение в схему сборочного состава технологических указаний превращает ее в технологическую схему сборки. Наиболее широко применяются схемы сборки "веерного" типа (рис.1.1,а), на котором стрелками показано направление сборки деталей и сборочных единиц. Достоинством схемы является ее простота и наглядность, но она не отражает последовательности сборки во времени.

Схема сборки с базовой деталью (рис.1.1,б) указывает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т.е. базовую деталь или сборочную единицу, в качестве которой

обычно выбирают ту, чьи поверхности будут использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служит плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется главной осью сборки. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций, например: Сб.1-1, Сб.1-2 и т.д., а точки пересечения вспомогательной оси с главной – как Сб.1, Сб.2 и т.д.

При построении технологической схемы сборки каждую деталь или сборочную единицу изображают в виде прямоугольника (рис.1.2,а), в котором указывают позицию детали по спецификации к сборочному чертежу (1), ее наименование (2) и обозначение (3) согласно конструкторскому документу, а также количество деталей (4), подаваемых на одну операцию сборки. Размеры прямоугольника рекомендуются 50x15 мм. Допускается изображение нормализованных или стандартных крепежных деталей в виде круга диаметром 15 мм, в котором указывают позицию по спецификации и количество деталей (рис.1.2,б).

Технологические указания по выполнению сборочных операций или электрического монтажа помещают в прямоугольник, ограниченный штриховой линией, а место его выполнения указывают наклонной стрелкой в точку, соответствующую данной операции. Так, на технологических схемах сборки оговаривают характер выполнения неразъемных соединений, например, сварку, пайку, склеивание, запрессовку и т.д.; применяемый материал при сборке; характер операций монтажа элементов: волной припоя, электропаяльником и т.д.; характер операций влагозащиты изделия, контроля и маркировки (рис.1.3).

Для определения количества устанавливаемых ЭРЭ и ИМС на платы в ходе выполнения сборочных операций необходим предварительный расчет ритма сборки:

$$r = \frac{\Phi_{\text{д}}}{N}, \text{ (мин/шт)}, \quad (1.20)$$

где $\Phi_{\text{д}}$ – действительный фонд времени за плановый период, N – программа выпуска.

Количество элементов, устанавливаемых по i -й операции, должно учитывать соотношение

$$0,9 < \frac{T_i}{r} < 1,2, \quad (1.21)$$

где T_i – трудоемкость i -й операции сборки.

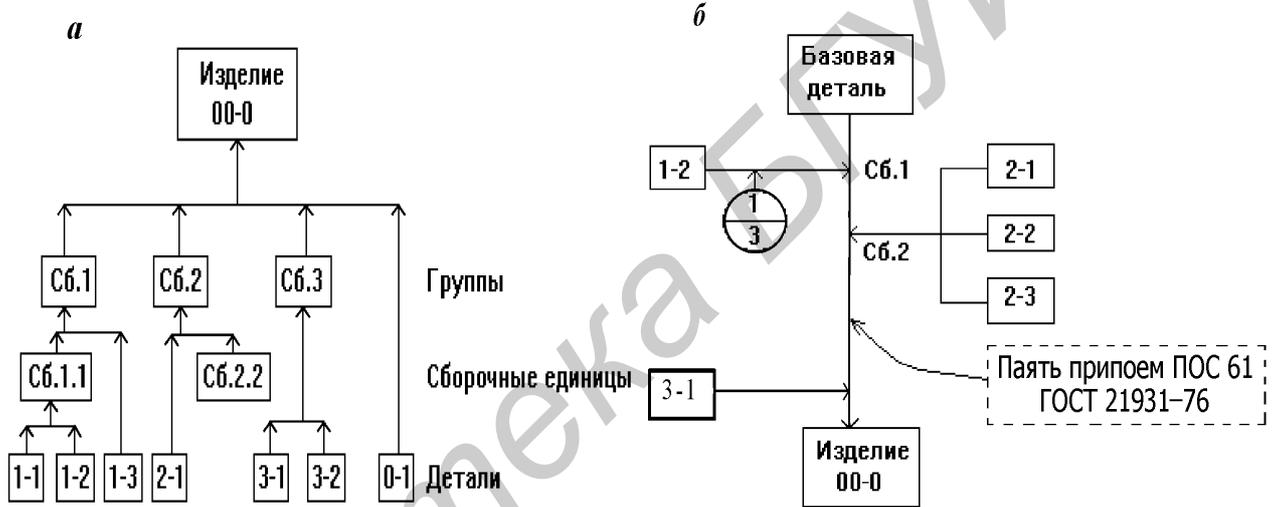


Рис. 1.1. Схемы сборки: a – "верного" типа; b – с базовой деталью

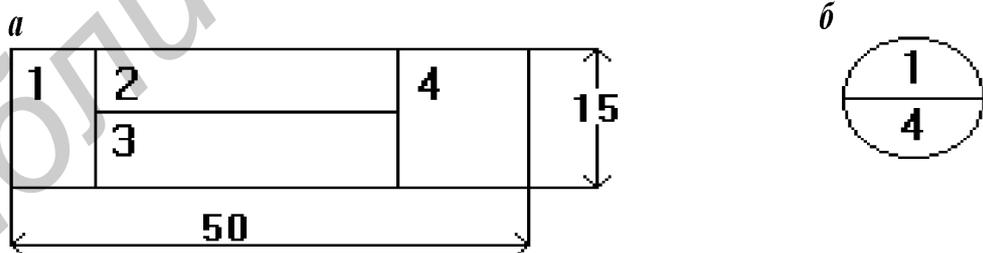


Рис. 1.2. Условные обозначения:
 a – деталей и сборочных единиц; b – крепежа

Разработка технологических схем сборки способствует дифференциации процессов сборки, что значительно сокращает длительность производственного цикла. После выбора оптимальной схемы сборочного состава из сравниваемых вариантов проводят расчет следующих коэффициентов:

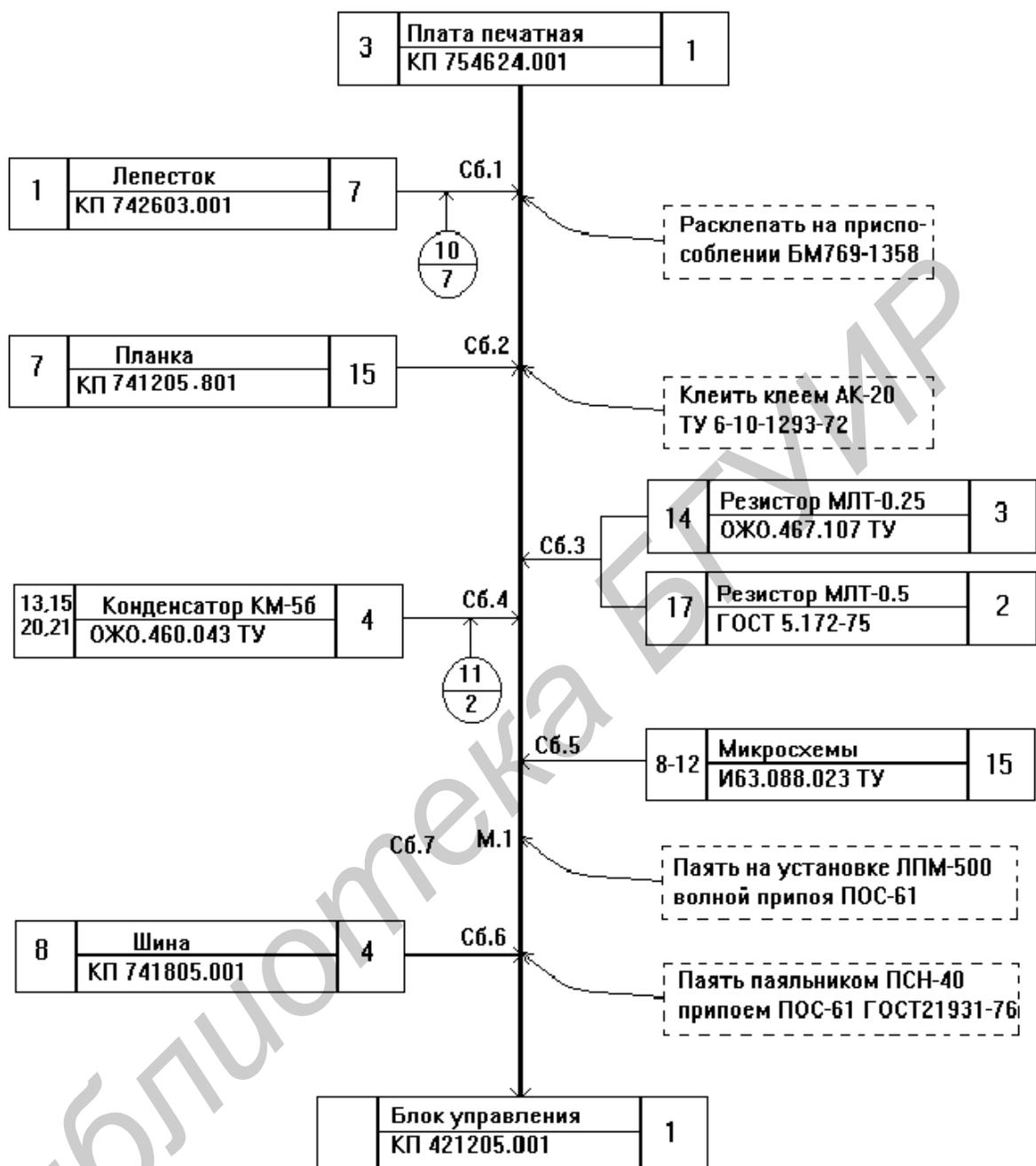


Рис. 1.3. Технологическая схема сборки блока с базовой деталью

1. Средняя полнота сборочного состава (количество сборочных единиц на каждой ступени сборки):

$$E_{\text{ср}} = E / (i - 1) \quad (1.25)$$

где E – количество сборочных единиц в схеме сборочного состава; i – показатель степени сложности сборочного состава, равный количеству ступеней сборки изделия.

$$E = \sum_{i=1}^{i-1} m_i, \quad (1.26)$$

где m_i – число групп, подгрупп, сборочных единиц.

2. Показатель расчлененности данного процесса сборки M :

$$M = n/E \quad (1.27)$$

где n – число рабочих операций, определенных для конкретных условий производства (при $M < 1$ ТП концентрирован, $M > 1$ – дифференцирован).

3. Коэффициент средней точности сборочных работ:

$$K_{\text{ср.сб}} = \frac{k \cdot q}{Q}, \quad (1.28)$$

где k – показатель качества точности; q – число сборочных единиц данного качества точности.

4. Коэффициент сборности изделия:

$$K_{\text{сб}} = E/(E+D). \quad (1.29)$$

Правильно выбранная схема сборочного состава позволяет установить рациональный порядок комплектования сборочных единиц и изделия при сборке.

Порядок выполнения занятия:

1. Загрузить в ПЭВМ программу расчета комплексного показателя технологичности RPT9.

2. Ввести название изделия, тип аппаратуры и исходные данные в следующей последовательности:

- количество автоматизированных монтажных соединений;
- общее количество монтажных соединений;
- ИЭТ, подготовленных к монтажу механизированным способом;
- общее количество ИЭТ;
- число типоразмеров оригинальных ИЭТ;
- общее число типов ИЭТ;
- общее число элементов, замененных ИМС;
- общее число ИЭТ, не вошедших в ИМС; число деталей, полученных прогрессивным методом;

- общее число деталей;
- число ИЭТ, изготовленных с применением типовых ТП;
- общее число деталей и сборочных единиц;
- число автоматических операций контроля и регулировки;
- общее число операций регулировки и контроля;
- заданный показатель технологичности.

3. После завершения расчета вывести на печать таблицу коэффициентов технологичности и проанализировать результаты. Если $K_{расч} < K_{зад}$, то внести изменения в конструкцию и технологию сборки, повторить расчет.

4. Загрузить программу построения технологической схемы сборки «SBORKA». Выбрать базовую деталь, рассчитать предварительно ритм сборки и ввести данные о собираемых деталях в следующей последовательности:

- детали, закрепляемые разъемными и неразъемными механическими соединениями;
- радиоэлементы и ИМС, устанавливаемые на автоматах и полуавтоматах;
- элементы, устанавливаемые вручную;
- групповая пайка элементов (например волной припоя);
- установка и пайка элементов вручную;
- контроль качества сборки, стопорение резьбовых соединений, маркировка.

5. Рассчитать коэффициенты, характеризующие сборочный состав изделия.

6. В зависимости от величины показателя расчлененности определить тип сборочного процесса (концентрирован, дифференцирован).

Содержание отчета

1. Таблица коэффициентов технологичности блока.
2. Технологическая схема сборки.
3. Расчет ритма сборки, коэффициентов сборочного состава.
4. Анализ полученных данных.

Практическое занятие №2

Выбор оптимального варианта технологического процесса

Теоретические сведения

При выборе оптимального варианта технологического процесса используют следующие технико-экономические критерии: технологическую себестоимость; производительность труда. Экономичный – это процесс, который при заданных условиях обеспечивает минимальную технологическую себестоимость. Производительность соответствует наименьшим затратам живого труда и обеспечивает быстрый выпуск продукции, важной для народного хозяйства.

Производительность – количество деталей в штуках, которое изготовлено за единицу времени:

$$Q = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^m T_{шт.i}}, \quad (2.1)$$

где Φ – полезный фонд на заданный плановый период времени; $T_{шт.i}$ – суммарная трудоемкость по i -м операциям.

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт.кал} = T_{шт} + \frac{\Phi T_{п.з}}{N}, \quad (2.2)$$

где $T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время - затрачивается на ознакомление с чертежами, получение инструмента, на подготовку и наладку оборудования.

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{вспом} + T_{обсл} + T_{пер}, \quad (2.3)$$

где $T_{осн}$ - основное время (время работы оборудования); $T_{всп}$ – вспомогательное время (время на установку и снятие детали); $T_{обсл}$ – время обслуживания (время обслуживания и замены инструмента); $T_{пер}$ - время перерывов (время на регламентированные перерывы в работе).

Для сборочно-монтажного производства объединяют $T_{осн}$ и $T_{всп}$ и получают оперативное время, а $(T_{обсл}+T_{пер})$ составляют дополнительное время и задают его в процентах от $T_{опер.}$ в качестве коэффициента. Тогда

$$T_{шт} = T_{опер.} \times K_1 \times \left(\frac{K_2 + K_3}{100} + 1 \right), \quad (2.4)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от группы сложности аппаратуры и типа производства. Согласно ОСТ 4ГО.050.012 "Нормирование сборочно-монтажных работ в производстве РЭА" выделяются 3 группы сложности РЭА: 2-го поколения (ППП и дискретные элементы); РЭА 3-го поколения (ППП, ИМС); РЭА 4-го поколения (микросборки, микроблоки).

K_2 – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время обслуживания в % от оперативного и зависящего от условий труда.

K_3 – коэффициент, учитывающий долю времени на перерывы в работе в % к оперативному времени.

Таблица 2.1. Значения коэффициентов K_1 и K_2

Тип производства	K_1 для группы сложности			$K_2, \%$
	1	2	3	
Индивидуальное	1,3	1,8	2,0	10
Мелкосерийное	1,2	1,5	1,8	9,6
Серийное	1,0	1,2	1,5	7,6
Крупносерийное	0,75	0,9	1,12	5,4
Массовое	0,70	0,85	1,05	3,7

Для выбора варианта ТП составляют 2 уравнения для вычисления суммарного $T_{шт.к.}$:

$$\sum_{i=1}^m T_{шт.к.i} = \sum_{i=1}^m T_{шт.i} + \frac{\sum_{i=1}^m T_{пз.i}}{N}, \quad (2.5)$$

Таблица 2.2. Значение коэффициента КЗ в зависимости от условий работы

Характер работ	К _з , %
Простые, легкие работы	3
Простые, средние работы	5
Простые, в неблагоприятных условиях,	6
Простые, в тяжелых условиях	9
Средние, с большим зрительным напряжением	12
Тяжелые или в особо неблагоприятных условиях	16
Особо тяжелые и неблагоприятные условия	20

$$\sum_{i=1}^n T_{шт.к.i} = \sum_{i=1}^n T_{шт.i} + \frac{\sum_{i=1}^n T_{пз.i}}{N}, \quad (2.6)$$

где m – число операций по I варианту, n – соответственно по II варианту.

Затем рассчитывают критический размер партии $N_{кр}$:

$$N_{кр} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{п.з.i} - \sum_{i=1}^n T_{п.з.i}}{\sum_{i=1}^n T_{шт.i} - \sum_{i=1}^m T_{шт.i}}. \quad (2.7)$$

Если вариант ТП отличается большим уровнем автоматизации, ему соответствует большая величина подготовительно-заключительного времени ввиду сложности подготовки оборудования, и одновременно этому варианту соответствует меньшее суммарное штучное время.

Подготовительно-заключительное время рассчитывают как

$$T_{п.з.} = T_{п.з.см} C D_p, \quad (2.8)$$

где C – количество смен; D_p – количество рабочих дней на плановый период.

Подготовительно-заключительное сменное время $T_{п.з.}$ определяется инструкцией по эксплуатации и выражает готовность оборудования на начало ТП (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Укрупненные нормативы $T_{п.з.см}$ для технологического оснащения

Тип оборудования	$T_{п.з.см}$, мин
Простая оснастка	1-5
Оснастка средней сложности	10-15
Сложная технологическая и регулировочная оснастка	15-30
Полуавтоматы	15-25
Сложное автоматическое оборудование	20-30
Микропроцессорное оборудование и управляемые роботы	30-40
Установки волновой пайки	50-60

В серийном производстве сменная норма выработки равна

$$N_{см} = (T_{см} - T_{пз})/T_{шт}, \quad (2.9)$$

В массовом производстве сменную норму рассчитывают так

$$N_{см} = T_{см}/T_{шт}, \quad (2.10)$$

Порядок выполнения занятия:

1. В соответствии с «Общими правилами разработки технологических процессов и выбора средств технического оснащения» ГОСТ14.301-73 ЕСТПП и отраслевым стандартом ОСТ 4ГО.54.091 разрабатывают 2-3 варианта маршрутной технологии.

2. Для каждого из вариантов выбирают технологическое оборудование с учетом требований ГОСТ14.304-74 «Правила выбора технологического оборудования» и по данным прил.2.

3. Проводят техническое нормирование операций технологического процесса (прил.3) и загружают в ПЭВМ программу "ВЫБОР".

4. Рассчитывают трудоемкость технологических процессов по сравниваемым вариантам, выбирают более производительный вариант, представляя данные в виде табл. 2.4.

5. Рассчитывают $N_{кр}$ и определяют границы оптимальности каждого варианта.

Таблица 2.4. Выбор оптимального варианта

№ опер.	Последовательность операций	Первый вариант		Второй вариант			
		Оборудование, оснастка	T _{оп.} , мин	T _{п.з.} , мин	Оборудование, оснастка	T _{оп.} , мин	T _{п.з.} , мин
05	Подготовительная	–	–	–	–	–	
10	Механосборочная	Приспособление БМ 769-1358	1,3	10	Расклепчик цеховой	2,5	–
15	Подготовка ЭРЭ к монтажу	Полуавтомат ГГ-2420	1,0	20	Приспособление	5,0	10
20	Установка микросхем на плату	Полуавтомат УР-10	0,8	20	Стол монтажный СМ-3 Пинцет ГГ-7879-4215	10	–
25	Установка ЭРЭ на плату	Полуавтомат УР-5	1,4	20	Пинцет ГГ-7879-4215	2,8	–
30	Пайка плат волной припоя	Линия пайки ЛПМ-500	1,5	50	Установка пайки ПАП-300	1,8	50
35	Пайка шин	Паяльник ПСН-40	2,5	5	Паяльник ПСН-40, стол СМ-3	2,5	5
40	Очистка плат	УЗ ванна УЗВ-1,5	1,0	10	Ванна цеховая, щетка	3,0	–
45	Маркировка, контроль	Приспособление визуального контроля ГГ63669\012	2,0	5	Приспособление визуального контроля ГГ 63669\012	2,0	5
Итого:			11,4	140		29,6	70

6. Рассчитывают производительность для оптимального варианта ТП и сменную норму выработки.

Содержание отчета

1. Таблица выбора оптимального варианта.
2. Расчет критического размера партии $N_{кр}$.
3. Расчет производительности оптимального варианта и норм сменной выработки.

Библиотека БГУИР

Практическое занятие №3

Разработка технологического процесса сборки и монтажа электронного блока

Теоретические сведения

Проектирование технологических процессов осуществляется для изделий, конструкция которых отработана на технологичность, и включает в общем случае комплекс взаимосвязанных работ:

- разработка технологической схемы общей сборки;
- разработка технологических схем сборки блоков и сборочных единиц;
- анализ типовых технологических процессов и определение последовательности и содержания технологических операций (маршрут сборки);
- выбор технологического оборудования и оптимального варианта технологического процесса по себестоимости или производительности;
- выбор или заказ средств технологического оснащения;
- назначение и расчет режимов сборки;
- нормирование операций технологического процесса;
- определение профессий и квалификации исполнителей;
- выбор средств автоматизации и механизации операций технологического процесса и внутрицеховых средств транспортирования;
- организация производственных участков, составление планировок;
- оформление рабочей документации на технологические процессы.

Технологические процессы разделяются на следующие виды:

- перспективный, который соответствует современным достижениям науки и техники и который предстоит освоить на предприятии;
- рабочий, выполняемый на основе рабочей технологической и конструкторской документации;

–единичный, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера, независимо от типа производства;

–групповой, разрабатываемый для группы деталей, сходных по технологическим признакам;

–типовой, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства операций для группы изделий с общими конструктивными признаками.

По степени детализации процессы разделяются на следующие типы:

–маршрутный, содержащий перечень операций без разбивки на переходы и без указания режимов (единичное и мелкосерийное производства);

–маршрутно-операционный, содержащий детальное описание отдельных наиболее сложных операций с разбивкой их на переходы с указанием режимов обработки (мелкосерийное, среднесерийное производства);

–операционный, содержащий подробное описание операций с разбивкой на переходы и с указанием режимов выполнения работы (крупносерийное, массовое производства).

Для определения степени дифференциации технологического процесса устанавливают тип производства, который согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД характеризуется коэффициентом закрепления операций:

$$K_{30} = O/P, \quad (3.1)$$

где O – количество операций; P – число рабочих мест, где они выполняются. Для массового производства $K_{30}=1$, крупносерийного $1 < K_{30} < 10$, среднесерийное $10 < K_{30} < 20$ мелкосерийного $20 < K_{30} < 40$, в индивидуальном K_{30} не регламентируется.

Применение типовых технологических процессов или операций сокращает сроки подготовки производства и освоения изделий, приводит к уменьшению брака, требует меньших затрат труда, времени и материалов.

Сборку РЭА проводят в три этапа. На *первом этапе* (механический монтаж):

- выполняют неразъемные соединения деталей и узлов с шасси, рамой, платой (сварка, пайка, развальцовка, склеивание и т.д.);
- устанавливают крепежные детали (угольники, панели, лепестки и т.д.);
- выполняют разъемные соединения частей блоков;
- закрепляют крупногабаритные элементы собственными креплениями (трансформаторы питания, разъемы и т.д.).

На *втором этапе* (электрический монтаж):

- выполняют заготовительные операции (подготовка проводов, жгутов, кабелей, выводов ЭРЭ);
- устанавливают навесные ЭРЭ и микросхемы на платы;
- выполняют электрические соединения (монтаж) в соответствии с электрической принципиальной или электромонтажной схемой;
- ведут межблочные соединения (жгутами, разъемами);
- контролируют качество монтажа.

На *третьем этапе* (общая сборка изделия):

- собирают шасси передней панели;
- устанавливают кожухи, закрепляют регулировочные элементы, ручки;
- регулировочные работы;
- контролируют качество сборки и маркируют изделие.

По технологическим схемам сборки изделия выявляют основные сборочные операции. При разработке маршрутной технологии необходимо руководствоваться следующим:

- при поточной сборке разбивка процесса на операции определяется тактом выпуска (ритмом сборки), причем время, затрачиваемое на выполнение каждой операции, должно быть равно или кратно ритму;
- предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих;
- на каждом рабочем месте должна выполняться однородная по характеру и технологически законченная работа;

- после наиболее ответственных операций сборки, а также после регулировки или наладки предусматривают контрольные операции;
- применяют более совершенные формы организации производства – непрерывные и групповые поточные линии, линии и участки гибкого автоматизированного производства (ГАП).

Важным показателем правильности выбора технологического оборудования является коэффициент загрузки оборудования по основному времени, который определяется как отношение расчетного количества единиц оборудования по данной операции n_p к принятому или фактическому количеству n_ϕ :

$$K_z = n_p/n_\phi \quad (3.2)$$

Расчетное количество единиц оборудования определяется как отношение штучного времени данной операции $T_{шт}$ к такту выпуска T_v :

$$n_p = T_{шт}/T_v, \quad (3.3)$$

Для участка сборки строят диаграмму коэффициентов загрузки (рис.3.1).

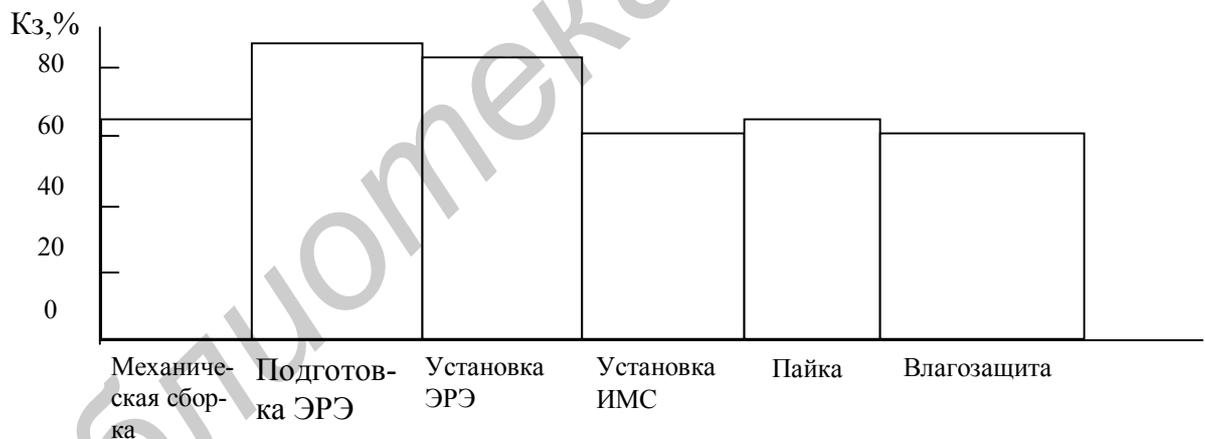


Рис.3.1. График загрузки оборудования

При низких значениях коэффициента загрузки рекомендуется загружать оборудование сборочными единицами других партий блоков.

Коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени определяется как отношение основного времени T_o к штучному $T_{шт}$ для массового типа производства или штучно-калькуляционному $T_{шк}$ для серийного производства:

$$K_o = T_o/T_{шт}, \quad (3.4)$$

При серийном производстве и маршрутно-операционном типе технологического процесса комплект ТД включает:

- титульный лист (ГОСТ 3.1105–74);
- ведомость технологических документов (ГОСТ 3.1122–84);
- комплектовочную карту (ГОСТ 3.1123–84);
- маршрутные карты (ГОСТ 3.1118–82);
- ведомость оснастки (ГОСТ 3.1122–84);
- ведомость операций контроля (ГОСТ 3.1105–74);

При крупносерийном или массовом производстве и операционном типе технологического процесса комплект ТД дополнительно содержит:

- операционные карты сборки (ГОСТ 3.1407–82);
- карты эскизов (ГОСТ 3.1105–84);

Технологическая документация разрабатывается в виде комплекта документов. Виды технологических документов устанавливает ГОСТ 3.1102–81, состав, формы и правила оформления информационных блоков основной надписи – ГОСТ 3.1103–82, общие требования к документам, формам и бланкам – ГОСТ 3.1104-81, термины и определения основных понятий – ГОСТ 3.1109–82.

Документы заполняются следующими способами:

- 3) машинописным с шагом письма 2,54 или 2,6 мм;
- 2) рукописным, чёрной тушью, чётко, с высотой букв и цифр по ГОСТ 2.304-81;
- 3) печатающими устройствами шрифтом 11 pt (ГОСТ 2.004-88).

Наименование разделов и подразделов записывают в виде заголовков и подзаголовков и при необходимости подчёркивают. Под заголовками и между разделами следует оставлять 1-2 свободные строки. Запись данных следует проводить в технологической последовательности выполнения операций, переходов, приёмов работ, физических и химических процессов.

Операции нумеруют числами ряда арифметической прогрессии (5, 10, 15 и т.д.). Допускается к числам добавлять слева нули. Переходы нумеруют числами натурального ряда (1, 2, 3 и т.д.) в пределах данной операции. Установы нумеруют прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т.д.).

Размерные характеристики и обозначение обрабатываемых поверхностей указывают арабскими цифрами. Для обозначения позиций и осей допускается применять римские цифры.

Допускается применять сокращенную запись наименований и обозначений, если в документе записаны коды или полные наименования и обозначения этих данных. Например, при последовательном применении инструмента одного кода и наименования в нескольких переходах одной операции полную информацию указывают только для перехода, где он впервые применяется. В следующем переходе записывают "То же", далее – кавычки. При применении инструмента одного кода и наименования в разных переходах одной операции, не следующих друг за другом, в переходе, где впервые был применён данный инструмент, допускается указывать номера последующих переходов, например: "ШЦ 11-250-0,05 (для переходов 3, 5, 8)". При этом, записывая соответствующую информацию в этих переходах, дают ссылку, например: "см. переход 1".

Титульный лист (ТЛ) является первым листом комплекта технологических документов и заполняется на формах 1 – 4 в соответствии с ГОСТ3.1105-84. Форму 2 применяют для документов с горизонтальным расположением поля подшивки. В основной надписи, располагаемой в верхней правой части ТЛ, указывают наименование и обозначение изделия по конструкторскому документу, технологический код процесса, литеру, соответствующую этапу разработки, количество листов. Ниже указывают наименование министерства, организации-разработчика. На последующих полях указывают должность и подпись лица, согласовавшего комплект документов от разработчика (слева) и утвердившего документ (справа). В учебных разработках подписи согласующих и утверждающих лиц необязательны.

Далее прописными буквами записывают: "КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ" или "КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ", на последующих строках строчными – название ТП.

На последующих полях слева указывают должность и подпись лиц, подтверждающих согласование комплекта документов с подразделениями предприятия (в учебных целях необязательно), справа – ответственных за разработку комплекта документов. В нижней части ТЛ указывают номера акта и дату внедрения технологического процесса в производство, например: АКТ N 14-95 от 15.05.2000.

Маршрутная карта (МК) является одним из важнейших технологических документов комплекта ТД, его составной и неотъемлемой частью, имеет ряд форм. Выбор и установление области применения соответствующих форм МК зависит от разрабатываемых видов технологических процессов, назначения и формы в составе комплекта ТД и применяемых методов проектирования. Формы и правила оформления маршрутных карт устанавливает ГОСТ3.1118-82. При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. При операционном описании технологического процесса МК выполняет роль свободного документа, в котором указывается адресная информация (номер участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения ТП в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими строками. Каждому типу строки соответствует свой символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского

алфавита, которые отражают определённые виды информации (см. расшифровку в табл. 3.1) и проставляются перед номером строки.

На строках, расположенных ниже граф, в которых указаны их наименования и обозначения, служебные символы проставляет разработчик с учетом выбранного им способа заполнения документов.

Таблица 3.1. Содержание символов, используемых для описания МК

Обозначение символа	Содержание информации, вносимой в графы МК, расположенные в строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; номер, код и наименование операции; обозначение документов, применяемых при выполнении операции.
Б	Код, наименование операции, трудозатраты.
В, Г, Д, Е	Информация по символам А и Б для форм с вертикальным расположением поля подшивки.
К	Комплектация изделия составными частями с указанием наименований и обозначений деталей и сборочных единиц.
М	Применяемый материал, исходная заготовка, вспомогательные материалы, коды единицы величины, единицы нормирования, количество на изделие и нормы расхода.
О	Содержание операции (перехода).
Т	Применяемая технологическая оснастка.
Л, Н	Комплектация изделия для форм с вертикальным расположением поля подшивки.

Запись на строках, имеющих символ О, следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на следующие строки. При операционном описании техпроцесса номер проставляют в начале строки. Информацию на строках с символом Т записывают в следующей последовательности: приспособле-

ния, вспомогательный, режущий, слесарно-монтажный, специальные инструменты, средства измерения. Запись выполняют по всей длине строки, разделяя каждый вид инструмента знаком ";". Количество одновременно применяемых единиц технологической оснастки указывают после кода (обозначения), заключая в скобки, например, РТДП ХХХХХХ.ХХХ (5), приспособление для гибки. Графы маршрутных карт заполняют в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2. Кодирование информации в графах маршрутной карты

Служебный символ графы	Условное обозначение графы	Содержание информации в графе
1	2	3
МО1	–	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака "/", например лист х/к 1x1000x200 ГОСТ 3680-57/08 КП ГОСТ 16523-70.
МО2	КОД	Код материала по Технологическому классификатору, например, сталь углеродистая качественная 0,8; 10кп; 20 – 01, сплавы алюминиевые – 46, стеклотекстолит – 72 и т.д.
МО2	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины, площади) детали, заготовки, материала по классификатору.
МО2	МД	Масса детали по конструкторскому документу.
МО2	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100, 1000.
МО2	Н.расх.	Норма расхода материала.
МО2	КИМ	Коэффициент использования материала.
МО2, МО3	Код загот.	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат и т. д.).

1	2	3
МО2, МО3	Профиль и размеры	Профиль и размеры исходной заготовки, например лист 1x100x1000.
МО2, МО3	КД	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки.
МО2, МО3	МЗ	Масса заготовки.
А, В	Цех, уч.,РМ	Номера, (коды) цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция.
А, В	Опер.	Номер операции в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение) :005;010;015 и т.д.
А, В	Код, наим. операции	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции.
А, Г	Обознач. документа	Обозначение документа, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции.
Б, Д	Код, наим. мен. обо- руд.	Код оборудования по классификатору, краткое наименование.
Б,Е	СМ	Степень механизации (код).
Б,Е	Профиль	Код профессии по классификатору ОК ПДТР.
Б,Е	Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операций.
Б,Е	УТ	Код условий труда по классификатору ОК ПДТО и код вида нормы.
Б,Е	КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции.
Б,Е	КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей (сборочных единиц) при выполнении одной операции, при перемещении объема грузовой единицы – количество деталей в таре.
Б,Е	ОП	Объем производственной партии в штуках.
Б,Е	К _{шт}	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от числа обслуживаемых станков М – 1,2,3,4,5, соответственно – 1;0,65;0,48;0,39;0,35.
Б,Е	Т _{п.з.}	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию.

1	2	3
Б,Е	$T_{шт.}$	Норма штучного времени на операцию.
К,Л,М	Наимен детали, сбор.един., материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции.
К,Н,М	ОПП	Обозначение подразделения, (склада, кладовой), откуда поступают комплектующие детали. В учебных проектах допускается не заполнять.
К,Н,М	$K_{п}$	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия.
К,Н,М	$N_{расх.}$	Норма расхода материалов.

При заполнении МК и ОК следует руководствоваться следующими правилами и требованиями:

- именовать операции кратко, без возможности других толкований, начиная от глагольного существительного (например, "установка ЭРЭ на печатные платы", "пайка бескорпусных микросборок на печатные платы", "контроль блока");
- переходы формулировать глаголами в повелительном наклонении (например, "извлечь деталь из тары", "закрепить ручку согласно чертежу", "проверить качество и правильность крепления печатного узла согласно чертежу внешним осмотром"), т.е. построение фразы при формулировании перехода должно обращать внимание исполнителя, в первую очередь, на главный предмет и действие, а затем указываются предметы и действия, посредством которых достигается основная цель;
- все операции, включая регулировочные и контрольные, вносятся в порядке их выполнения (прил.4).

Технологическая инструкция, карта эскизов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105-84.

Порядок выполнения занятия

1. Загрузить в ПЭВМ банк технологических документов "ТД" и в соответствии с требованиями заполнить следующие виды документов: титульный лист, комплектovacную карту, маршрутные карты, ведомости оснастки и контроля.

2. Вывести обработанную информацию на печать, проверить и подписать каждый документ.

3. Рассчитать коэффициенты загрузки технологического оборудования и средний по участку сборки.

Содержание отчета

1. Комплект технологических документов.
2. Диаграмма коэффициентов загрузки оборудования.
3. Анализ результатов расчета.

Практическое занятие №4

Проектирование поточной линии сборки

Теоретические сведения

При проектировании однопредметной непрерывно-поточной линии, построенной на конвейере, проводят расчет в следующей последовательности:

1. Определяют ритм выпуска изделий r по формуле (3.1). В массовом производстве ритм выпуска единицы продукции получается весьма незначительным, поэтому линию рассчитывают иногда по ритму пачки одноименных сборочных единиц.

$$r = \frac{\Phi_d}{N_p} \cdot n_{тр}, \quad (4.1)$$

где n – количество изделий, транспортируемых в пачке; Φ_d – базовый действительный фонд времени.

2. Рассчитывают количество рабочих мест, выполняющих параллельно одну и ту же операцию:

$$C_{pi} = T_{опi}/r, \quad (4.2)$$

где $T_{опi}$ – норма оперативного времени i -й операции.

3. Определяют коэффициент загрузки рабочих мест как отношение расчетного числа рабочих мест к принятому, фактическому:

$$K_{zi} = C_{pi}/C_{при}. \quad (4.3)$$

Операции считаются синхронизированными, если $0,9 < K_{zi} < 1,2$.

4. Находят общее количество рабочих мест сборщиков на линии:

$$K_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} = \frac{T_{сб}}{r}, \quad (4.4)$$

где $T_{сб}$ – трудоемкость сборки изделия, равная $\sum_{i=1}^n T_{опi}$, n – количество операций.

При количестве рабочих мест, равном или меньше 10, организация линии поточной сборки экономически нецелесообразна, если количество мест больше 50, то необходимо организовать две или более линий.

5. Рассчитывают общее количество рабочих мест на линии:

$$K_{\text{общ}} = K_p + K_{\text{рез}} + K_{\text{компл}} + K_{\text{контр}}, \quad (4.5)$$

где $K_{\text{рез}}$ – количество резервных мест (0,1 - 0,2) K_p ; $K_{\text{компл}}$, $K_{\text{контр}}$ – количество рабочих мест комплектовщиков и контролеров соответственно.

6. Рассчитывают шаг конвейера d :

$$d = V_n \cdot t, \quad (4.6)$$

где V_n – скорость непрерывного движения ленты конвейера.

При пульсирующем движении ленты конвейера со скоростью V_n :

$$d = V_n T_{\text{пр}}, \quad (4.7)$$

где $T_{\text{пр}}$ – время передвижения предмета на один интервал.

7. Определяют длину конвейера L :

$$L = L_p + L_1 + L_2, \quad (4.8)$$

где L_p – рабочая длина несущего органа конвейера; L_1, L_2 – длина приводной и натяжной станций соответственно, выбираемые по справочным данным.

8. Рассчитывают количество предметов в заделе N_z , сборка которых не окончена:

$$N_z = N_{\text{тех}} + N_{\text{тр}} + N_{\text{рез}} + N_{\text{обор}}, \quad (4.9)$$

где $N_{\text{тех}}$ – технологический задел, представляющий собой изделия на сборке на рабочих местах линии, $N_{\text{тех}} = K_p n$; $N_{\text{тр}}$ – транспортный задел, определяемый при непрерывном движении конвейера как $N_{\text{тр}} = L_p / d n$, при пульсирующем – $N_{\text{тр}} = K_p n$; $N_{\text{рез}}$ – резервный задел, равный 2 - 5% от сменного выпуска изделий; $N_{\text{обор}}$ – оборотный задел, создаваемый на комплектовочной и упаковочной площадках в размере сменной потребности линии.

При составлении технологической планировки поточной линии необходимо обеспечить рациональное направление грузопотока, максимальную прямоточность процесса сборки, рациональную компоновку рабочих мест на линии: од-

ностороннее (а), двухстороннее в «шахматном» порядке (б) для горизонтально-замкнутого конвейера (рис. 4.1).

Планировку участка сборки вычерчивают в масштабе (1:50, 1:100), при этом указывают основную и производственную площадь, вспомогательные помещения, перегородки, окна, двери, колонны, силовые щиты электроснабжения, вентиляционные шахты и др. При составлении планировки должны быть учтены следующие требования:

- технологический поток изготовления изделия должен быть непрерывным;
- транспортно-складские работы должны быть максимально механизированы или автоматизированы и входить в общий технологический поток;
- должна быть обеспечена сохранность материальных ценностей, а также возможность учета деталей, полуфабрикатов и готовых изделий;
- капитальные затраты должны быть оптимальными, а окупаемость оборудования должна укладываться в действующее в отрасли нормативы.

При проектировании гибкого автоматизированного производства (ГАП) основной ячейкой планировки является робототехнологический комплекс (РТК), представляющий совокупность технологического и вспомогательного оборудования и в общем случае включающий следующие основные элементы:

- автоматическое технологическое оборудование (автоматы);
- робототехническое транспортное оборудование (роботы-манипуляторы, транспортные роботы и т.д.);
- автоматические загрузочные и разгрузочные устройства;
- управляющие устройства (стойки управления, мини-ЭВМ и др.).

Рациональности структуры РТК определяется коэффициентом использования производственной площади K :

$$K = \left(\sum_{i=1}^n S_{oi} + S_{вспи} \right) / S, \quad (4.10)$$

где S_{oi} – производственная площадь, занятая основным оборудованием:

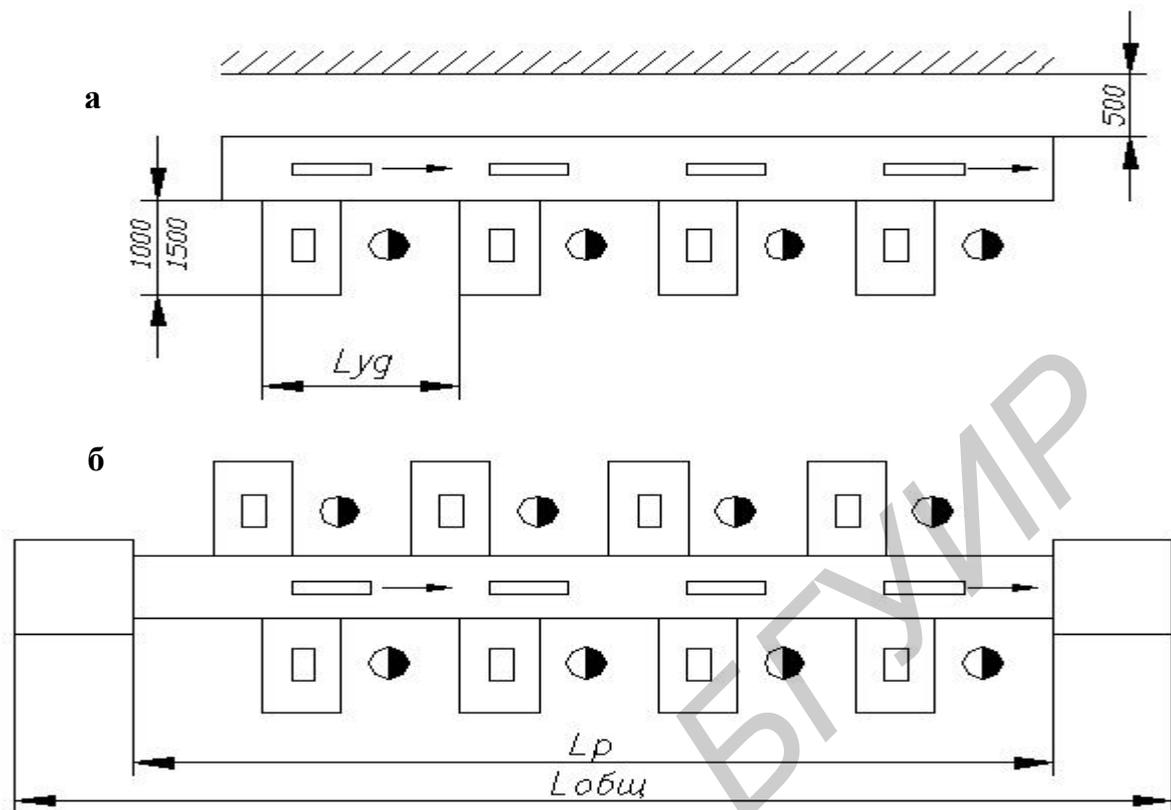


Рис. 4.1 Варианты расположения рабочих мест на линии: одностороннее (а), двухстороннее(б)

$$S_{oi} = (L + b + 0,5h_1)(a + 0,5h_2), \quad (4.11)$$

где L – длина основного оборудования вдоль фронта; b – расстояние от стены или колонны до рабочего места; h_1 – величина прохода между оборудованием; a – ширина оборудования; h_2 – расстояние между оборудованием по ширине; $S_{всп}$ – площадь, занятая вспомогательным оборудованием; n – количество единиц технологического оборудования.

Площадь под вспомогательное оборудование включает:

$$S_{всп} = S_{загр} + S_{разгр} + S_{пр}, \quad (4.12)$$

где $S_{загр}$, $S_{разгр}$ – площади, занятые загрузочно-разгрузочными устройствами;

$S_{пр}$ – площадь, занимаемая промышленным роботом (ПР), определяемая как

$$S_{пр} = K (L + h) b, \quad (4.13)$$

где L – длина ПР, b – ширина ПР, h – ширина прохода,

K – коэффициент, учитывающий площадь, необходимую для эксплуатации, профилактики и ремонта ПР.

Порядок выполнения занятия

1. Загрузить в ПЭВМ программу расчета параметров линии сборки "LIN" и выполнить расчет по двум вариантам планировки.
2. Составить планировку линии сборки и оценить ее рациональность с помощью коэффициента использования производственной площади.

Содержание отчета

1. Расчет параметров линии.
2. Планировка оптимального варианта линии.
3. Расчет коэффициента использования производственной площади K_s .

Практическое занятие №5

Проектирование технологической оснастки

Теоретические сведения

Технологическая оснастка представляет собой дополнительные или вспомогательные устройства, предназначенные для реализации технологических возможностей оборудования или работающие автономно на рабочем месте с использованием ручного, пневматического, электромеханического и других приводов.

При выборе технологической оснастки в соответствии с ГОСТ14.305.-73 ЕСТПП определяют по каталогам исходя из вида работы принадлежность конструкции к определенной системе технологической оснастки. К системам технологической оснастки относятся:

- неразборная специальная оснастка (НСО);
- универсально-наладочная оснастка (УНО);
- сборно-разборная оснастка (СРО);
- универсально-безналадочная оснастка (УБО);
- специализированная наладочная оснастка (СНО).

Конструкцию оснастки выбирают с учетом стандартных и типовых решений для данного вида технологической операции с учетом габаритных размеров изделия, вида заготовки, характеристики материала изделия, точности параметров изделия, технологических схем базирования и фиксации изделий, характеристик оборудования, типа производства.

Технологическая оснастка применяется для выполнения следующих операций:

- 1) подготовка выводов радиоэлементов к монтажу (гибка, обрезка, формовка, лужение);

- 2) подготовка проводов и кабелей к монтажу (снятие изоляции, зачистка, заделка, маркировка, вязка жгутов, лужение);
- 3) механосборка (расклепка, развальцовка, запрессовка, расчеканка, свинчивание, стопорение резьбовых соединений);
- 4) установка радиоэлементов на печатные платы (укладка, закрепление, склеивание);
- 5) монтажные работы (пайка, сварка, накрутка, демонтаж элементов);
- 6) регулировочные и контрольные операции (подстройка параметров, визуальный и автоматический контроль) и т.д.

Разработка технологической оснастки имеет целью механизировать или автоматизировать отдельные операции технологического процесса. Выбор технологической оснастки проводят в соответствии с ГОСТ14.305-73 путем сравнения вариантов и определения принадлежности к стандартным системам оснастки. На *первом этапе* используют отраслевые стандарты: ОСТ4ГО.054.263 - ОСТ4ГО.054.268, научно-технические журналы, патентную и справочную литературу.

Выбор конструкции оснастки осуществляют путем расчета следующих технико-экономических показателей: коэффициент загрузки единицы технологической оснастки и затраты на оснащение технологической операции.

Коэффициент загрузки K_3 единицы оснастки рассчитывается по формуле

$$K_3 = T_{шт}N/\Phi_d, \quad (5.1)$$

где $T_{шт}$ – штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции; N – программа выпуска; Φ_d – годовой действительный фонд рабочего времени.

На *втором этапе* осуществляется доработка конструкции рабочих узлов технологической оснастки в соответствии с размерами обрабатываемых деталей и радиоэлементов и техническими условиями на изделие. Конструкция приспособления должна быть увязана с конструкцией технологического оборудо-

дования, например, расположением стола станка, прессы, крепежных пазов на нем.

К проектированию специализированных групповых приспособлений предъявляются следующие требования:

1) приспособление должно иметь комплект сменных или регулируемых элементов (направляющие, установочные, зажимные и др.), обеспечивающих стабильность установки любой из деталей группы;

2) количество деталей, входящих в сменный комплект, должно быть минимальным;

3) переналадка приспособления должна быть простой, доступной рабочему 2-3 разряда, и проводиться не более 5-10 мин.

Сборочный чертеж технологической оснастки содержит обычно две-три проекции общего вида с соответствующими разрезами и сечениями, обеспечивающими возможность детализации. На нем указывают габаритные и присоединительные размеры, а также размеры, износ, которые влияют на точность приспособления. К таким размерам относятся различного рода посадки, обозначаемые в соответствии со СТ СЭВ 144-75. В технических требованиях приводят следующие сведения:

- характеристики совместно используемого оборудования, тип привода;
- наибольшие габаритные размеры обрабатываемых деталей или радиоэлементов;
- характер смазки трущихся деталей и др.

В графической части проекта приводят также чертежи вновь разрабатываемых и оригинальных деталей технологической оснастки. При этом в пояснительной записке дается обоснование выбора материалов деталей, сортамента и вида обработки, степени шероховатости поверхностей, вида термической обработки, типа покрытия. Указанные сведения приводятся в технических требованиях и основной надписи на чертежах деталей. Примерные конструкции технологической оснастки приведены в альбомах оснастки.

На завершающем этапе проектирования технологической оснастки выполняют поверочный расчет, который имеет целью определение ее работоспособности, производительности и других технических характеристик.

При расчетах чаще всего определяют механические характеристики работы приспособления. Усилие, разрабатываемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента, формы рабочего торца винта и вида резьбы.

Для винтов со сферическим торцом

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L}{r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}})}, \quad (5.2)$$

где $F_{\text{прил}}$ – усилие, приложенное к рукоятке винтового механизма, Н; L – длина рукоятки, м; $r_{\text{ср}}$ – средний радиус резьбы, м; α – угол подъема резьбы; ξ – приведенные угол и радиус трения.

Угол подъема резьбы и приведенный угол трения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi r_{\text{ср}}}, \quad (5.3)$$

где S – шаг резьбы, мм; f – коэффициент трения на плоскости; β – половина угла при вершине профиля резьбы, град.

Для винтов с плоским торцом

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L}{r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}} + 1/3\mu D)}, \quad (5.4)$$

где μ – коэффициент трения на плоском торце; D – наружный диаметр плоского торца, м.

Условие самоторможения винтового механизма определяется неравенством

$$\alpha < \xi_{\text{пр}}. \quad (5.5)$$

Для резьбы величина угла подъема лежит в пределах $1,5 - 4^\circ$, а приведенный угол трения изменяется в зависимости от величины коэффициента трения в пределах от 6 до 16° , условие торможения, как правило, выполняется. Для проверочных расчетов винтового механизма выбирают исходные данные в пределах:

$$\begin{aligned}
 F_{\text{прил}} &= 15-25 \text{ Н}; & L &= 0,08-0,24 \text{ м}; \\
 f &= 0,1-0,15; & r_{\text{ср}} &= 0,45d; \\
 D &= 0,8d; & \mu &= 0,1; & \beta &= 120^\circ,
 \end{aligned}$$

где d - номинальный диаметр резьбы, в мм.

КПД винтового механизма рассчитывается по формуле

$$\zeta = \frac{\text{tg}\beta}{\text{tg}(\beta + \alpha_{\text{ппр}})}. \quad (5.6)$$

Для самотормозящихся винтовых механизмов КПД меньше 0,5. Выбрав номинальный диаметр винта в зависимости от требуемого усилия зажима F , проверяют прочность винта:

$$\sigma_p = \frac{F}{Kd^2} < \sigma_{p,\text{доп.}}, \quad (5.7)$$

где σ_p – напряжение растяжения винта, МПа; $\sigma_{p,\text{доп.}}$ – допустимое напряжение растяжения материала винта, МПа; K – коэффициент, для метрической резьбы с крупным шагом – 0,5.

Для винтов с резьбами М6-М18, изготовленных из углеродистых сталей обыкновенного качества марок Ст3, Ст5, допустимое напряжение до 200 МПа, качественных сталей 10...85 - до 430 МПа.

Усилие, развиваемое рычажным механизмом, определяется по формуле

$$F = F_{\text{прил}} \frac{L_1 - rf_0}{L_2 + rf_0}, \quad (5.8)$$

где L_1, L_2 – плечи рычага; f_0 – коэффициент трения на оси; r – радиус оси.

В эксцентриковых механизмах применяются круговые и криволинейные эксцентрики, представляющие собой диск или валик со смещенной осью вращения относительно геометрической оси. Угол подъема кругового эксцентрика достигает максимального значения при угле поворота 90° . Однако при этом возможна нестабильность усилия. В связи с этим для обеспечения незначительного изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах $30-45^\circ$ влево и вправо от расчетной точки контакта детали с эксцентриком. Усилие зажима круговым эксцентриком определяют по формуле

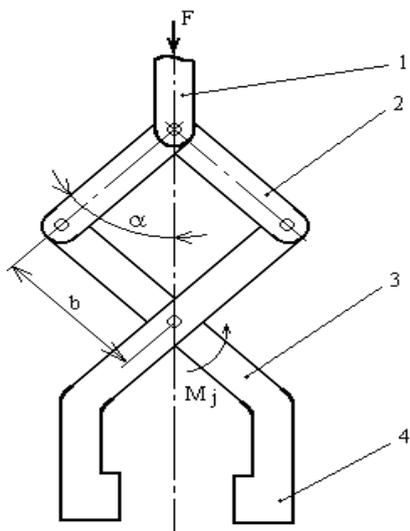


Рис. 5.1. Схема рычажного механизма:
1 – привод; 2 – плечи; 3 – губки

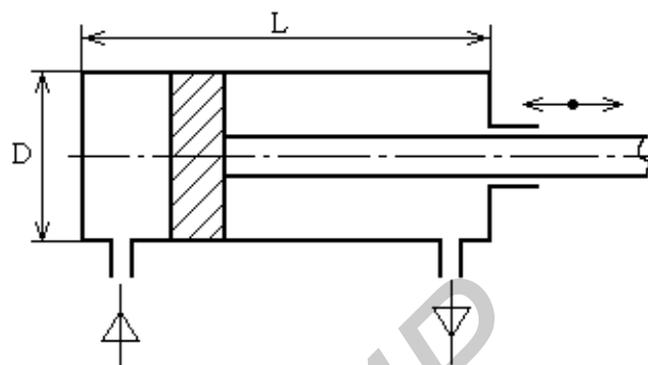


Рис. 5.2. Схема пневмопривода

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L_1}{L_2 [\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg} \varphi_1]}, \quad (5.9)$$

где $F_{\text{прил}}$ – сила, приложенная к рукоятке эксцентрика (100-150 Н); L_1 – плечо приложения силы, м, $L_1 = L + 0,5D$, где L – длина рукоятки; D – диаметр кругового эксцентрика; L_2 – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения с изделием, м; φ – угол трения между эксцентриком и изделием, град; φ_1 – угол трения на оси эксцентрика, град; α – угол подъема кривой эксцентрика, град.

Условие самоторможения кругового эксцентрика

$$D/L \geq 14, \quad (5.10)$$

где L – эксцентриситет (1,5-5,0 мм).

При выполнении операций сборки неразъемных соединений путем расклепывания усилие, прикладываемое к детали, определяют таким образом:

$$F = (2 - 2,5) \sigma_b S, \quad (5.11)$$

где σ_b – предел прочности материала детали на растяжение; S – площадь приложения давления.

Для развальцовки это усилие определяется так:

$$F = \sigma_b S. \quad (5.12)$$

При свободной гибке выводов радиоэлементов усилиегиба выбирается из условия

$$F_r = \frac{L d^2}{6B} \sigma_T, \quad (5.13)$$

где L – длина линии изгиба; d – диаметр вывода; B – плечо гибки, равное $r+1,25d$, где r – внутренний радиус гибки; σ_T – предел текучести материала выводов.

Рассчитанное усилие, необходимое для работоспособности приспособления, должно быть в 5-8 раз меньше усилия, развиваемого приводом приспособления или технологическим оборудованием. Усилие, развиваемое пневмоприводом:

$$F_{\Pi} = \pi D p \zeta / 4 - F_c, \quad (5.14)$$

где D – диаметр поршня или диафрагмы в пневмоцилиндре; p – давление сжатого воздуха; F_c – усилие сопротивления возвратной пружины в крайнем рабочем положении поршня.

Время срабатывания пневмопривода

$$t = \frac{D L}{d^2 v}, \quad (5.15)$$

где L – длина хода поршня, для диафрагмы $L = 0,25-0,35D$; d – диаметр воздухопровода; v – скорость подачи воздуха (1500-2500 м/с).

Порядок выполнения занятия

1. Составить эскиз технологической оснастки и определить параметры, подлежащие расчету.
2. Загрузить в ПЭВМ программу расчета параметров технологической оснастки и выполнить расчет по 2–3 вариантам.
3. Выбрать тип привода и рассчитать потребляемую мощность.

Содержание отчета

1. Эскиз технологической оснастки.
2. Описание работы технологической оснастки.
3. Расчет параметров оснастки.

Литература

1. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры /Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. – М.: Радио и связь, 1989.-264 с.
2. Гибкое автоматическое производство/Под ред. С.А. Майорова, Г.В. Орловского. – Л: Машиностроение, 1983.-376с.
3. Ланин В.Л. Практические занятия по дисциплине "Технология РЭС и автоматизация производства". Мн.: БГУИР, 1995.–48с.
4. Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.Н. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. – М.: Радио и связь, 1982.-160с.
5. Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения – М.: Изд-во стандартов, 1987. - 72 с.
6. Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие требования к формам, бланкам и документам (ГОСТ 3.1104-81). Формы и правила оформления маршрутных карт (ГОСТ 3.1118-82). Система обозначения технологической документации (ГОСТ3.1201-85).

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Выполнен на основе отраслевого стандарта ОСТ4 ГО.091.219

Название изделия: формирователь импульсов

Тип аппаратуры: электронный

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Количество автоматически выполненных монтажных соединений	180.000
Общее количество монтажных соединений (шт).....	190.000
Число ИЭТ, подготовленных. к монтажу механизированными способами.	41.000
Общее количество ИЭТ (шт).....	42.000
Число типоразмеров оригинальных ИЭТ.....	5.000
Общее число типов ИЭТ.....	21.000
Общее число элементов, замененных ИМС.....	34.000
Общее число ИЭТ, не вошедших в ИМС.....	39.000
Число деталей, полученных прогрессивными. методами.....	5.000
Общее число деталей.....	9.000
Число ИЭТ, изготовленных с применением типовых ТП.....	9.000
Общее число деталей и сборочных единиц.....	9.000
Число автоматических операций контроля и регулировки.....	1.000
Общее число операций регулировки и контроля.....	2.000
Заданный показатель технологичности.....	0.75

Коэффициенты	Численные значения
Автоматизации и механизации монтажа	0.974
Автоматизации подготовки ИЭТ к монтажу	0.976
Повторяемости ИЭТ	0.762
Повторяемости микросхем	0.466
Прогрессивности формообразования деталей	0.556
Применения типовых техпроцессов	1.000
Автоматизации контроля и регулировки	0.500
Показатель технологичности комплексный	0.764

Вывод: поскольку $K_{расч} > K_{зад}$, то конструкция изделия технологична, можно разрабатывать техпроцесс.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ, УСТАНОВКИ И МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ

Наименование	Тип условный шифр	Тип ЭРЭ, ИМС	Производительность шт/час	Габаритные размеры
1	2	3	4	5
ЭРЭ С ОСЕВЫМИ ВЫВОДАМИ				
Полуавтомат подготовки резисторов и диодов	ГГ-2420	Резисторы С2 (0,125-1,0), диоды 2Д503,504	3000	600x500x800
Автомат П-образной формовки выводов ЭРЭ	ГГ-1611	Резисторы С2 (0,125-0,5)	3600	330x380x405
Аппарат подготовки выводов	АВП-1	ЭРЭ диаметром 2-4мм, длиной 6-15мм, установочными размерами 10-35мм	9700	700x400x610
Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)	РК-R-007	ЭРЭ с установочными размерами 5-40мм	5000	480x230x220
Полуавтомат формовки H.Streckfueck (Германия)	С-043	ЭРЭ диаметром 2-15мм, длина 6-15мм,устан. размер 7,5-50мм	7000	
Полуавтомат укладки радиоэлементов УР-5	ГГ-1936	Резисторы типа С2-23 0,125-0,5; диоды Д9, конденсаторы КМ-3а.	2500	730x520x600
Полуавтомат укладки элементов УР-10	ГГ-2487	Резисторы типа С2-23 0,125-1,0; диоды Д9, ИМС - 201.14-1.	3600 4800	1100x730x1370
ЭРЭ С ОДНОНАПРАВЛЕННЫМИ ВЫВОДАМИ				
Полуавтомат подготовки диодов	ДМВМ 2.241.00 6	Диоды Д223, П-образная формовка в установочный размер 20,0 мм	4500	900x850x900
Автомат подготовки транзисторов	ДМВМ 2.241.00 9	Транзисторы КТ 315, установочный размер 2,5 мм	1500	700x450x1200

1	2	3	4	5
Полуавтомат подготовки ИМС	ГГ-2125	Корпуса типа 301.12-1;301.8-1	300	335x300x305
Автомат формовки выводов микросхем	ГГ-2629	Корпуса 101 МС 14-1, 401, 403	1200	900x400x1500
Автомат формовки	АФЗ-1	Транзисторы КТ1-КТ26, конденсаторы К-10-7В, КМ-5 с установочным размером 5-30мм	6000	800x500x600
Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)	РК-R-042	Конденсаторы КТ1-КТ12, КМ5 с устан размером 5-30мм	2000	360x470x400
Полуавтомат подготовки конденсаторов	ДМВМ 2.241.005	К10-78 с размером корпуса от 4x4 до 12x12мм, формовка "зигз" в установочный размер 5,0мм	1500	800x800x900
Автомат комплексной подготовки микросхем	АКПМ-020	ИМС типа 401.14. Формовка, лужение, напресовка	900	1650x640x1450

УСТАНОВКИ ЛУЖЕНИЯ

Установка лужения ИМС	ГГ-2630	ИМС типа 401.14	1200	1200x400x1400
Автомат лужения микросхем	АЛМ-1	ИМС типов 429.42, 402.16, 405.24, 244.46	600	920x700x1500
Автомат лужения ЭРЭ с осевыми выводами	ДМВМ 2.241.003	Резисторы типа С2, конденсаторы МБМ и др.	3500	800x550x1300

Светомонтажные столы

Стол программной сборки	ТРЕК	ЭРЭ из 80 ячеек на плату 410x410	500 – 600	2800x2100
Полуавтомат Log-point (Universal Instruments США)	6235	ЭРЭ из 120...280 ячеек на плату 280x200. Микропроцессор Z80	1000	1400x850
Светомонтажный стол	ТС-1400	ИМС из 30 ячеек на плату 410x250. МикроЭВМ "Электроника 60"	500	1760x600

1	2	3	4	5
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭРЭ И ИМС				
Полуавтомат	УР-5	Транзисторы, ЭРЭ с осевыми выводами	2500	500x700x 500
Полуавтомат	УР-6	ЭРЭ с осевыми выводами	4800	110x730x 1370
Полуавтомат	УР-7	Транзисторы типа КТ306	2400	500x500x 500
Полуавтомат	УР-10	Микросхемы в корпусе 2 и ЭРЭ с осевыми выводами	3600	1100x730x 1370
Автомат	"Трофей"	ЭРЭ с осевыми выводами	9000	1650x1500x 1500
Автомат	ГМ 1.149007	ЭРЭ с однонаправленными выводами	2000	1600x1200x 1630

УСТАНОВКИ ПАЙКИ

Автомат пайки микросхем	АРПМ	Микросхемы в корпусе 401.14, 50 шт в кассете, 30 кассет.	400	1400x850x 1020
Автомат сборки плат	АСП 901	Установка и пайка ИМС в корпусе 401.14-3,4 на платы групповым паяльником. Емкость накопителя-500 шт. Микропроцессор МПУ-901	800	1380x830x 1300
Линия пайки механизированная	ЛПМ-300	Пайка плат волной припоя с шириной до 300 мм. Механический нагнетатель припоя, пенное флюсование.	0,3-3,0 м/мин	3200x1100x 670
Установка пайки Hollis Engineering (США)	Astra-300	Пайка плат широкой волной припоя (до 400 мм). Воздушный нож для удаления излишков припоя, микропроцессорное управление.	0,5-5,0 м/мин	3600x1067x 1620

Нормирование отдельных сборочно-монтажных операций

N	Содержание работы	Условия работы	T _{оп} , мин
1	2	3	4
1	Установка и закрепление деталей и сборочных единиц с при массе не более 5,0 кг	Винтовой зажим	0,14
		Пневматический зажим	0,08
2	Установка контактных лепестков (на 1 лепесток)	Развальцовка вручную,	0,15
		Расклепка на прессе	0,13
3	Закрепление винтами при диаметре резьбы до 6 мм и длине деталей до 15 мм	Ручная отвертка,	0,25
		Механическая отвертка	0,2
4	Развальцовка втулок, осей при диаметре до 10 мм	Молоток, подставка	0,27
		Ручной пресс	0,14
		Пневматический пресс	0,13
5	Стопорение резьбовых соединений (на 1 соединение)	Кернением	0,12
		Стопорной шайбой	0,15
		Краской, клеем	0,05
6	Проверка изделия на отсутствие дефектов при размерах плат до 400х400 мм	Визуальным осмотром	0,207
7	Измерение линейных размеров изделия при длине до 100 мм	Масштабная линейка	0,06
		Штангенциркуль	0,25
8	Распаковка и проверка ЭРЭ на 100шт.	на картоне	1,00
		на ленте	0,6
		россыпью	0,27
9	Рихтовка выводов ЭРЭ пинцетом	на 1 элемент с 2 выводами	0,036
10	Обрезка выводов бокорезами	"-"	0,066
11	Формовка выводов ЭРЭ на приспособлении на автомате	Картонная лента с ЭРЭ с ЭРЭ	0,1
		на 1 элемент с 2 выводами	0,02
12	Формовка и обрезка выводов микросхем на приспособлении на полуавтомате на автомате	на 1 микросхему	0,3
			0,09
			0,04

Продолжение прил.3

1	2	3	4
13	Лужение выводов ЭРЭ и микросхем с предварительным флюсованием в ванне	на 1 элемент с 2 выводами	0,102
14	Надевание изоляционных трубок 0,5-3,0мм на выводы ЭРЭ	на 1 элемент с 2 выводами	0,14
15	Снятие изоляции с проводов 2-6мм при длине снимаемой изоляции 10-15мм:	на 1 провод	
	щипцами специальными		0,115
	электрообжигалкой		0,048
	приспособлением		0,035
	полуавтоматом		0,025
16	Установка ЭРЭ и переключек на элемент с 2 выводами	пинцетом с подгибкой	0,83
		без подгибки	0,59
		полуавтоматом	0,08
		автоматом	0,064
17	Установка микросхем на платы на 1 микросхему	вручную	1,11
		на полуавтомате	0,072
		на автомате	0,05
18	Установка микросхем с технологической фиксацией	Вручную	1,27
19	Установка вилок разъемов:	в монтажное отверстие	1,44
		на монтажные площадки	1,33
		с приспособлением	1,2
20	Маркировка знаков краской на деталях и платах на 1 знак высотой 5 мм	штепселем, валиком	0,094
		трафаретом, кистью	0,070
		прессом, ручным	0,085
21	Пайка паяльником концов проводов, переключек и выводов ЭРЭ с нанесением флюса:	1 провод на 1 контакт	
	места пайки в один ряд		0,071
	места пайки в разброс		0,087
22	Пайка выводов ЭРЭ и микросхем на плату	АСП-902П	0,1
		АДПМ	0,2

Учебное издание

ЛАНИН ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

по дисциплинам

**ТЕХНОЛОГИЯ РЭУ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА,
КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОЙ
АППАРАТУРЫ,
ТЕХНОЛОГИЯ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

для студентов специальностей

"Проектирование и производство РЭС"

"Электронно-оптическое аппаратостроение"

"Медицинская электроника"

Редактор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать

Формат 60x84/16.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л.

Уч.изд.л.

Тираж 150

Заказ

Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

Отпечатано в БГУИР. Лицензия ЛП №156. 220600, Минск, П. Бровки, 6.