

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.Н. Гормаков

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Издательство
Томского политехнического университета
2016

УДК 681.2. 002. 2(075)

Г69

Гормаков А.Н.

Г 69 Курсовое проектирование по технологии приборостроения/ А.Н. Гормаков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 110 с.

В учебном пособии рассмотрены основы разработки технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов приборов. Приведены требования к содержанию расчетно-пояснительной записки и графическому материалу. На примере датчика момента постоянного тока показаны основные этапы проектирования технологического процесса сборки. Приведены примеры разработки технологического процесса изготовления деталей.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 200100 «Приборостроение», профилю «Приборостроение» при изучении дисциплины «Технология приборостроения», а также при выполнении выпускной квалификационной работы на степень бакалавра.

УДК 681.2. 002. 2(075)

ББК

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 2016

© А.Н. Гормаков, 2016

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2016

1. ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ ПРИБОРОВ

1.1. Технологичность конструкций приборов и механизмов

1.1.1. Оценка технологичности конструкции

Перед разработкой технологических процессов изготовления изделия необходимо произвести анализ технологичности конструкции изделия. Под *технологичностью конструкции* понимают совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения, при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта. Таким образом, конструкция технологична, если при принятом типе и организации производства, заданной программе, повторяемости выпуска и применяемых технологических процессах она будет обладать наименьшей трудоемкостью и себестоимостью в процессе изготовления, удобной и надежной в эксплуатации и простой в ремонте.

Необходимо учитывать, что многие изделия, технологичные для крупносерийного производства, нетехнологичны для единичного и мелкосерийного производства. Например, детали и заготовки, изготавливаемые из пластмасс на прессах и литьевых машинах, будут технологичны для крупносерийного и массового производства, а для единичного и мелкосерийного производства нетехнологичны, так как стоимость пресс-форм очень высокая, и срок окупаемости ее весьма длительный.

Технологичность конструкции изделия закладывается в процессе его проектирования, поэтому необходимо, чтобы при проектировании наряду с конструктором работал технолог, который при технологическом анализе чертежей, выполненных конструктором, исключал бы элементы нетехнологичности. Целесообразнее, чтобы разработчик в одном лице был и конструктором, и технологом одновременно.

Технологичность конструкции оценивается количественными характеристиками, называемыми показателями технологичности. Расчетные показатели технологичности сравнивают базовыми

показателями технологичности, которые задает ведомство или министерство. Конструкция считается технологичной, если значения показателей технологичности соответствуют значениям базовых показателей.

Различают производственную и эксплуатационную технологичность конструкции. Производственная технологичность определяется применительно к изготовлению изделий, а эксплуатационная применительно к выполнению технического обслуживания изделия и его ремонту. Технологичная конструкция способствует получению высокого качества изделия, повышению производительности труда, снижению затрат на подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт. Технологичную конструкцию изделия собирают из технологичных сборочных единиц и деталей, т.е. таких частей конструкций изделия, совокупность свойств которых проявляется в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте и обеспечении технологичности конструкции изделия в целом.

Технологичные конструкции изделий должны обладать высокими качественными и количественными показателями. К качественным показателям относят:

взаимозаменяемость - свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее возможность ее применения вместо другой, без дополнительной обработки, с сохранением заданного качества изделия, в состав которого она входит;

регулируемость - свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность и удобство ее регулирования при сборке, техническом обслуживании и ремонте для достижения или поддержания работоспособности;

контролепригодность - свойство конструкции прибора, обеспечивающее возможность, удобство и надежность ее контроля при изготовлении, испытании, техническом обслуживании и ремонте;

инструментальная доступность - свойство конструкции изделия, обеспечивающее свободный доступ к ее поверхностям при изготовлении, контроле, испытании, техническом обслуживании и ремонте.

Различают четыре основных показателя технологичности:

трудоемкость изготовления изделия (мин)

$$T_{и} = \sum T_{ie} n_{ie} + \sum T_{ид} n_{ид} + T_{сб} + T_{ис}, \quad (1.1)$$

где T_{ie} - трудоемкость изготовления i -й сборочной единицы;
 n_{ie} - количество i -х сборочных единиц; $T_{ид}$ - трудоемкость
 изготовления i -й детали (не вошедшей в состав при подсчете T_{ie}); $n_{ид}$
 - количество i -х деталей; $T_{сб}$ - трудоемкость общей сборки изделия;
 $T_{ис}$ - трудоемкость испытаний;
уровень технологичности конструкции по трудоемкости

$$K_{ут} = 1 - T_{и} / T_{б.и.}, \quad (1.2)$$

где $T_{и}$ - расчетная трудоемкость изготовления изделия; $T_{б.и.}$ - базовый
 показатель трудоемкости изготовления, мин;
технологическая себестоимость (руб.)

$$C_{и} = C_{м} + C_{з} + C_{ц.р.}, \quad (1.3)$$

где $C_{м}$ - стоимость материалов (заготовок), затраченных на
 изготовление изделия, руб.; $C_{ц.р.}$ - цеховые расходы, включающие
 расходы на силовую электроэнергию, ремонт и амортизацию
 оборудования и оснастки, наладку оборудования и оснастки,
 смазочные, охлаждающие и обтирочные материалы; $C_{з}$ - заработная
 плата производственных рабочих с начислениями, руб.
*уровень технологичности конструкции по себестоимости
 изготовления*

$$K_{у.с.} = 1 - C_{и} / C_{б.и.}, \quad (1.4)$$

где $C_{и}$ - рассчитанная технологическая себестоимость изготовления,
 руб.; $C_{б.и.}$ - базовый показатель технологической себестоимости
 изготовления изделия, руб.

Кроме основных имеются дополнительные технико-
 экономические показатели, характеризующие значения отдельных
 составляющих основных показателей, например: относительная
 трудоемкость и относительная себестоимость заготовительных работ,
 относительная трудоемкость и себестоимость ремонтов изделия и т.п.
 Большое значение имеют и технические показатели технологичности
 конструкции, которые необходимо определять в процессе анализа
 технологичности и сопоставлять с нормативами, разработанными в
 Единой системе технологической подготовки производства - ЕСТПП.

Количество технических и технико - экономических показателей должно быть минимальным, но достаточным для возможности оценки технологичности конструкции.

Рассмотрим ряд технических показателей.

Коэффициент унификации изделия

$$K_y = (E_y + D_y) / (E + D), \quad (1.5)$$

где $E_y = E_{y.з.} + E_{y.п.} + E_{ст}$ - количество унифицированных сборочных единиц в изделии, шт.;

$D_y = D_{y.з.} + D_{y.п.} + D_{ст}$ - количество унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в E_y (стандартные крепежные детали не учитываются), шт.; $D = D_y + D_{ор}$ - количество деталей, являющихся составными частями изделия, шт.; $E_{y.з.}$ и $D_{y.з.}$ - соответственно количество заимствованных унифицированных сборочных единиц и деталей; $E_{y.п.}$ и $D_{y.п.}$ - соответственно количество покупных унифицированных сборочных единиц и деталей; $E_{ст}$ и $D_{ст}$ - соответственно количество стандартных сборочных единиц и деталей;

$E_{ор}$ и $D_{ор}$ - соответственно количество оригинальных сборочных единиц и деталей.

При проектировании изделия стремятся к получению значения коэффициента K_y , большего по сравнению с $K_{б.у.}$ (базового варианта). По уровню ЕСТПП коэффициент $K_y \geq 0,61$.

Коэффициент унификации сборочных единиц изделия

$$K_{y.е.} = E_y / E. \quad (1.6)$$

По уровню ЕСТПП коэффициент $K_{y.е.} \geq 0,61$.

Коэффициент унификации деталей изделия

$$K_{y.д.} = D_y / D = (D - D_{ор}) / D, \quad (1.7)$$

где D_y - (количество типоразмеров унифицированных деталей в изделии (включая стандартные); D - общее количество типоразмеров деталей в изделии; $D_{ор}$ - количество типоразмеров оригинальных деталей. По уровню ЕСТПП $K_{y.д.} = 0,65$ и выше.

Аналогично коэффициентам унификации можно определять коэффициенты стандартизации всего изделия $K_{ст}$, сборочных единиц $K_{ст. е}$, деталей $K_{ст. д}$;

$$K_{ст} = \frac{E_{сг} + D_{сг}}{E + D}; \quad K_{ст. е} = \frac{E_{сг}}{E}, \quad K_{ст. д} = \frac{D_{сг}}{D}. \quad (1.8)$$

Коэффициент повторяемости

$$K_{повт} = 1 - Q / (E + D), \quad (1.9)$$

где Q - количество наименований составных частей (по спецификации); $(E + D)$ - общее количество составных частей изделия.

Чем больше $K_{повт}$ тем технологичнее конструкция, т.е. конструкция состоит из меньшего количества различных наименований составных частей изделия.

Коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{у.э.} = Q_{у.э.} / Q_{э}, \quad (1.10)$$

где $Q_{у.э.}$ - число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов (резьбы, отверстия, галтели, фаски и др.), $Q_{э}$ - число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

По уровню ЕСТПП коэффициент $K_{у.э.} \geq 0,61$.

Коэффициенты, характеризующие технические показатели состава имеют важное значение, так как определяют преемственность конструкции, отдельных сборочных единиц в разных изделиях и возможность типизации и стандартизации технологических процессов сборки. К таким коэффициентам относятся:

коэффициент сборности

$$K_{сб} = E / (E + D), \quad (1.11)$$

где E - количество специфицируемых сборочных единиц; $E + D$ - общее количество составных частей изделия.

Чем больше $K_{сб}$, тем технологичнее конструкция;
коэффициент перспективного использования в других изделиях

$$K_{п.и.} = \frac{1}{\sum_{i=1}^Q n_i}, \quad (1.12)$$

где n_i - количество данных изделий (сборочных единиц и деталей), используемых в качестве составной части i - го изделия; Q - количество наименований типоразмеров, в которых планируется использование данного изделия.

Чем больше $K_{п.и.}$, тем технологичнее конструкция;
коэффициент точности обработки

$$K_{тч} = 1 - 1/A_{ср}, \quad (1.13)$$

где $A_{ср} = \frac{\sum A n_i}{\sum n_i} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}}$ - средний квалитет обработки; n_i - число размеров соответствующего квалитета.

Чем больше $K_{т.ч.}$, тем технологичнее конструкция. При $K_{т.ч.} \leq 0,8$ изделие весьма точное;
коэффициент шероховатости

$$K_{ш} = 1/R_{ср}, \quad (1.14)$$

где $R_{ср}$ (R_a, R_z, R_{max})- средний высотный параметр шероховатости. Чем меньше $K_{ш}$, тем технологичнее конструкция;
коэффициент применения материала

$$K_{п.м.} = M_{им}/M, \quad (1.15)$$

где $M_{им}$ - суммарная масса данного материала, кг; M - масса конструкции изделия, кг.

Чем больше $K_{п.м.}$, тем технологичнее конструкция.

Показатели, характеризующие целесообразность принятого метода получения заготовок, определяют коэффициентами K_M и $K_з$;
коэффициент использования материала

$$K_M = M_d / (M_з + M_{о.п.з.}), \quad (1.16)$$

где M_d - масса детали, кг; $M_з$ - масса заготовки, кг; $M_{o.п.з.}$ - масса отходов при изготовлении заготовки, кг.

Чем больше K_m , тем меньше уходит материала в отходы и стружку, т.е. тем технологичнее конструкция детали. По уровню ЕСТПП коэффициент $K_m \geq 0,64$;

коэффициент использования заготовки

$$K_з = M_d / M_з. \quad (1.17)$$

Чем больше $K_з$, тем меньше материала расходуется в стружку и технологичнее конструкция изделия по уровню ЕСТПП коэффициент $K_з \geq 0,7$.

В приборостроении для изготовления мелких деталей приборов уровни ЕСТПП меньше, чем для машиностроения, так как для многих деталей приборов нельзя использовать заготовки с отлитыми отверстиями и др. Рациональность выбранного технологического маршрута изготовления изделия, оборудования и оснастки оценивается рядом показателей по ЕСТПП.

Анализируют изделия на технологичность конструкции для того, чтобы определить возможность получения заготовок прогрессивными методами и применить эти методы для обработки и сборки, контроля и испытаний, использовать типовые технологические процессы и их механизацию и автоматизацию, выявить удобство (приспособленность) изделия в эксплуатации и его технического обслуживания, повысить долговечность и обеспечить надежность в работе, сократить трудоемкость ремонтов, обеспечить транспортабельность и требования техники безопасности.

Кроме того, при анализе одной детали нужно определить:

1) могут ли конструкторские базы быть использованы как измерительные и технологические, что позволит повысить точность изготовления за счет уменьшения погрешностей базирования;

2) являются ли поверхности детали однотипными, позволяющими уменьшить число операций, переходов, оснастки и оборудования для их обработки;

3) позволяет ли простановка размеров обеспечить точность функциональных параметров деталей и методов их достижения;

4) возможно ли использование метода получения заготовок, обеспечивающего ряд поверхностей с точностью и шероховатостью, не требующих дальнейшей обработки, и ряд поверхностей, требующих

обработки с малыми припусками, что позволит сократить объем и трудоемкость механической обработки;

5) возможно ли применение высокопроизводительных процессов, позволяющих снизить трудоемкость и стоимость обработки;

6) обеспечена ли четкая принадлежность конструкции детали к определенной классификационной группе, на представителя которой составлен типовой технологический процесс, что позволит сократить технологическую подготовку производства и использовать наиболее производительное оборудование и технологическую оснастку;

7) возможна ли групповая обработка деталей.

Количественную оценку технологичности производят по вышеуказанным техническим показателям.

1.1.2. Показатели технологичности конструкции изделий электронного приборостроения

Оценку комплексных показателей технологичности конструкций осуществляют для:

- опытного образца (опытной партии);
- установочной серии;
- серийного производства.

Рассматривают узлы и блоки, являющиеся сборочными единицами. В отдельных случаях, при наличии многофункциональных блоков, производят оценку технологичности изделия в целом, без деления на блоки. При этом, в зависимости от конструктивно-технологических особенностей, сборочные единицы разбивают на следующие группы:

- 1) электронные блоки (логические, аналоговые и индикаторные, блоки оперативной памяти, генераторы сигналов, приемно-усилительные блоки и т.п.);
- 2) электромеханические и механические блоки (механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи, редукторы, волноводные блоки и т.п.);
- 3) радиотехнические блоки (вторичные и стабилизированные источники питания, выпрямители и т.п.);
- 4) коммутационно-распределительные блоки (коммутаторы, коробки распределительные, переключатели и т.п.).

Расчет комплексных показателей технологичности каждой группы изделий (сборочных единиц) ведут по конструктивным и технологическим базовым показателям.

К конструктивным показателям относятся (ОСТ 4ГО-091-219): коэффициент применяемости деталей $K_{п.д.}$; коэффициент применяемости ЭРЭ $K_{п.ЭРЭ}$; коэффициент применяемости сборочных единиц $K_{п.е.}$; коэффициент повторяемости деталей и узлов $K_{пов.д.}$; коэффициент повторяемости ЭРЭ $K_{пов.ЭРЭ}$; коэффициент повторяемости микросхем $K_{пов.ИМС}$; коэффициент повторяемости печатных плат $K_{пов.ПП}$; коэффициент повторяемости материалов $K_{пов.м.}$; коэффициент использования микросхем $K_{исп.ИМС}$; коэффициент установочных размеров ЭРЭ $K_{у.р.}$; коэффициент освоенности $K_{осв.}$; коэффициент сложности сборки $K_{с.с.б.}$; коэффициент сборности изделия $K_{сб.}$; коэффициент точности обработки $K_{т.о.}$.

К технологическим показателям относятся: коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ $K_{м.п.ЭРЭ}$; коэффициент автоматизации и механизации монтажа $K_{а.м.}$; коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров $K_{м.к.н.}$; коэффициент применения типовых технологических процессов

$K_{т.п.}$; коэффициент прогрессивности формообразования детали $K_{ф.}$; коэффициент сложности обработки $K_{с.о.}$; коэффициент использования материалов $K_{и.м.}$.

Для каждой группы изделий определен состав базовых показателей (не более семи) из числа приведенных показателей. Их выбирают с учетом наибольшего влияния на технологичность конструкции блоков. Состав базовых показателей, их ранжированная последовательность по весовой значимости и расчетные формулы для различных стадий разработки и производства изделий приведены в табл.1.1.

Таблица 1.1

Базовые показатели технологичности электронных, радиотехнических, электромеханических и механических блоков

Порядковый номер в ранжированной последовательности	Расчетная формула базового показателя технологичности	Коэффициент весовой значимости базового показателя	Э	Р	Рабочая документация							
					о	устан овоч ной	серий ного произ водства					
		Φ_1	с	а	п	ы	т	н	о	и	г	о
			к	б	ы	ч	и	й	п	р	о	
			и	з	и	н	й	п	р	о		
			з	и	н	й	п	р	о			
			н	й	п	р	о					
			ы	п	р	о						
			й	п	р	о						
			п	о								

НОСТИ			р	е	о		
			о	к	б		
			е	т	р		
			к		з		
			т		ца		
1	2	3	4	5	6	7	8

Электронные блоки

1	$K_{исп\ ИМС} = N_{ИМС} / (N_{ИМС} + N_{ЭРЭ})$	1,0	+	+	*	*	*
2	$K_{а.м} = N_{а.м} / N_{м}$	1,0	-	+	*	*	*
3	$K_{мп\ ЭРЭ} = N_{мп\ ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$	0,75	+	*	*	*	*
4	$K_{м.к.н.} = N_{м.к.н.} / N_{к.н.}$	0,5	-	+	*	*	*
5	$K_{пов\ ЭРЭ} = 1 - N_{т\ ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$	0,31	+	+	*	*	*
6	$K_{пов\ ЭРЭ} = 1 - N_{т.ор\ ЭРЭ} / N_{т\ ЭРЭ}$	0,187	+	+	*	*	*
7	$K_{ф} = D_{пр} / D$	0,11	-	-	*	*	*

Радиотехнические блоки

1	$K_{м.п\ ЭРЭ} = N_{м.п\ ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$	1,0	+	+	*	*	*
2	$K_{а.м} = N_{а.м} / N_{м}$	1,0	-	+	*	*	*
3	$K_{с.сб} = 1 - E_{т.сл} / E_{т}$	0,75	-	+	*	*	*
4	$K_{м.к.н.} = N_{м.к.н.} / N_{к.н.}$	0,5	-	-	+	*	*
5	$K_{ф} = D_{пр} / D$	0,31	-	-	+	*	*
6	$K_{пов\ ЭРЭ} = 1 - N_{т\ ЭРЭ} / N_{ЭРЭ}$	0,187	-	-	*	*	*
7	$K_{т.о} = 1 - D_{тч} / D$	0,11	-	-	*	*	*

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Электромеханические и механические блоки

1	$K_{т.о} = 1 - D_{тч} / D$	1,0	-	-	*	*	*
2	$K_{ф} = D_{пр} / D$	1,0	-	-	+	*	*
3	$K_{с..о} = 1 - D_{м} / D$	0,75	-	+	*	*	*
4	$K_{пов.д} = 1 - (D_{т} + E_{т}) / (D + E)$	0,5	-	+	*	-	-
5	$K_{сб} = E / (E + D)$	0,31	-	+	*	-	*
6	$K_{с.сб} = 1 - E_{т.сл} / E_{т}$	0,187	-	+	*	*	*
7	$K_{и.м} = M / M_{м}$	0,11	-	-	+	*	*

Примечание. $N_{ИМС}$ - число микросхем и микросборок в изделии; $N_{ЭРЭ}$ - общее число ЭРЭ; $N_{ам}$ - число монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным и механизированным способом; $N_{м}$ - число монтажных соединений; $N_{мп\ ЭРЭ}$ - число ЭРЭ, подготовка и монтаж которых осуществляется механизированным способом; $N_{м.к.н.}$ - число операций контроля и настройки, выполняемых

механизированным и автоматизированным способом; $N_{к.н}$ - число операций контроля и настройки; $N_{т.эрэ}$ - число типоразмеров ЭРЭ; $N_{т.орэрэ}$ - число типоразмеров оригинальных ЭРЭ; $D_{пр}$ - число деталей, получаемых прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, литьем под давлением и т.д.); D - число деталей (без нормализованного крепежа); $E_{т.сл}$ - число типоразмеров узлов, входящих в изделие, требующих регулировки в составе изделия, пригонки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой; E_t - число типоразмеров узлов в изделии; $D_{тч}$ - число деталей, имеющих размеры с допусками по 7-му качеству точности и ниже; D_m - число деталей (заимствованных и стандартных), требующих обработки со снятием стружки; E - число узлов в изделии; M - масса изделия без учета комплектующих; M_m - масса материала, израсходованного на изготовление изделия; (*) - показатель определяется; (+) - показатель определяется приближенно; (-) - показатель не определяется.

Технологичность изделия оценивается комплексным показателем, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad 1.18$$

где K_i - расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков (согласно ГОСТ 14.202-73 $0 < K_i < 1$); φ_i - коэффициент весовой значимости показателя; i - порядковый номер показателя в ранжированной последовательности; n - число базовых показателей, определяемых на данной стадии разработки изделия.

Уровень технологичности разрабатываемого изделия при известном нормативном комплексном показателе K_n , согласно ГОСТ 14.202-73, оценивают отношением достигнутого комплексного показателя к нормативному K_n . Это отношение должно удовлетворять условию $K / K_n \leq 1$. В качестве изделий-аналогов принимают наиболее современные конструкции, разработанные с учетом новейших достижений науки и техники, выпускаемые серийно.

При отсутствии данных о технологичности изделий-аналогов комплексный показатель K вновь разрабатываемого изделия рассматривается в дальнейшем для изделия данного класса в качестве комплексного показателя изделия-аналога K_a . Нормативные комплексные показатели технологичности блоков автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники в

зависимости от конструктивно-технологических особенностей изделий представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Нормативные комплексные показатели технологичности
блоков автоматизированных систем управления и электронно-
вычислительной техники**

Тип блоков	K _н		
	опытный образец (партия)	установочная серия	серийное производство
Электронные	0,4 - 0,7	0.45 - 0.75	0.5 - 0.8
Радиотехнические	0,4 - 0.6	0,75 - 0,8	0.8 -0.85
Электромеханические и механические	0,3 - 0.5	0.4 - 0.55	0.45 - 0,6

1.1.3. Технологический анализ рабочих чертежей

Приступая к технологическому анализу чертежей на изделие, прежде всего, необходимо изучить технические требования на это изделие, а затем ознакомиться с расчетами размерных цепей всего механизма и отдельных его звеньев. Только так можно убедиться в обоснованности заложенных в конструкции размеров и допусков и увязке их с экономической точностью применяемого в производстве оборудования, оснастки, режущего и измерительного инструментов. Далее приступают к рассмотрению конструкции отдельных деталей (их геометрической формы, шероховатости обработки поверхностей, требований в части термической обработки, гальванических и лакокрасочных покрытий и т.п.).

Переходя к требованиям, предъявляемым различными технологическими процессами к конструкции, можно руководствоваться следующими соображениями. Детали, обрабатываемые на токарных автоматах, по возможности должны иметь:

- минимальное количество различных диаметров и поверхностей, не имеющих форму тел вращения; сопряжение шеек или цапф с торцом

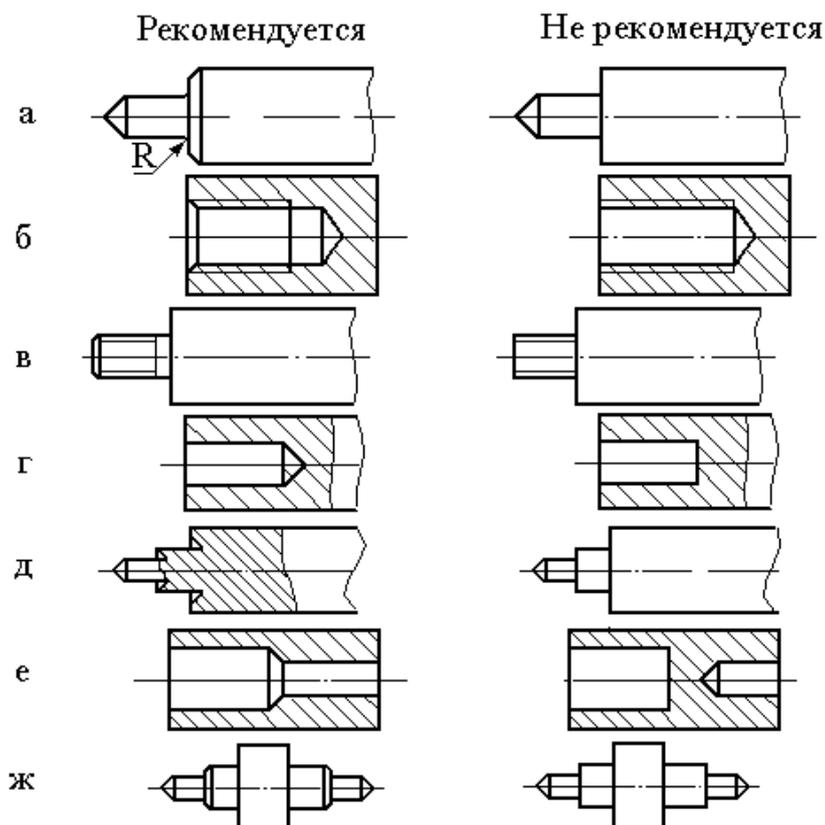


Рис. 1.1. Примеры технологичного и нетехнологичного исполнения точеных деталей

по радиусу (рис. 1.1, а);

- симметричные допуски, особенно на линейные размеры; различную длину сверления и нарезания для внутренних резьб (длина сверления должна быть больше длины нарезания на три - пять шагов резьбы) (рис. 1.1, б);

- различную длину протачивания под резьбу и нарезание резьбы для наружных резьб, с тем, чтобы при нарезании резьбы плашка не соприкасалась с торцом (рис. 1.1, в);

- конус от сверла в глухих отверстиях (рис. 1.1, г);

- поднутрениях на торцах посадочных мест валиков для лучшего прилегания сопрягаемых деталей и уменьшения усилий при расклепывании (рис. 1.1, д);
- фаски на резьбовых поверхностях лучшего свинчивания сопрягаемых деталей; сквозные отверстия при наличии соосных отверстий с двух сторон детали (рис. 1.1, е);
- технологические фаски на утолщенной части трибов для фрезерования зубьев (рис. 1.1, ж).

При проектировании конфигурации *штампованных деталей* необходимо стремиться к тому, чтобы деталь можно было получить методом безотходной штамповки или с минимальным количеством отходов. Стороны, вырубаемого контура заготовки должны сопрягаться по кривой возможно большего радиуса. Это удешевляет стоимость штампа и увеличивает срок его службы. Минимальный радиус сопряжения должен быть равен 0,25 - 0,5 толщины материала заготовки.

Окна для облегчения массы детали или смотровые окна деталей типа платан и мостов обычно проектируются произвольной конфигурации. Для повышения коэффициента использования материала целесообразно конфигурацию смотровых окон или окон для облегчения массы делать по форме какой-либо детали, входящей в изделие и близкой по размерам величине окна. Отверстия штампуемых деталей по возможности должны иметь размеры диаметров, близкие к толщине материала, с тем, чтобы их можно было получить пробивкой в обычных штампах. Спицы заготовок колес, получаемых штамповкой, должны быть одинаковой ширины как у обода, так и у ступицы, иначе увеличивается трудоемкость изготовления штампа. Форма и размеры деталей должны обеспечивать их высокую жесткость.

Излишне высокая точность размеров деталей удорожает стоимость изготовления штампа и снижает срок его службы из-за уменьшенных допусков на износ. Для большинства деталей допуск $IT = 0,2a + 0,3c$, где a - толщина штампуемого материала; c - минимальный зазор между пуансоном и матрицей.

При гибке деталей на штампах оптимальный угол гибки - до 60° ; углы, равные 90° , получить труднее и за одну операцию не всегда удается. Упругое последствие в деталях, получаемых гибкой, приводит к искажению размеров и формы готовой детали, поэтому следует предусматривать в их конструкции ребра, отбортовки и закатку краев, что повышает жесткость. Во избежание возникновения чрезмерных напряжений в местахгиба необходимо, чтобы его радиусы r_{\min} были не менее расчетных, т.е.

$$r_{\min} = \left[(1 + 2\psi_{\max}) / 2\psi_{\max} \right] \bar{S}, \quad (1.19)$$

где ψ_{\max} - относительное максимальное сужение материала листа;
 S - толщина листа.

При конструировании деталей, получаемых методом вытяжки, следует учитывать, что в течение этой операции материал находится в сложном объемно-напряженном состоянии, поэтому важно, чтобы детали имели более простые формы и наименьшее количество криволинейных участков. Применение многократных вытяжек усложняет процесс вследствие необходимости введения дополнительных операций (промежуточного отжига для восстановления пластичности материала и травления для очистки поверхности).

С технологической точки зрения в зависимости от объема производства, конструкции деталей и применяемого материала бывает целесообразно сложную деталь расчленять на несколько простых, а затем сваривать, паять, склеивать или механически соединять отдельные элементы.

При фасонном фрезеровании углубления в плоских деталях, например в пластинах и мостах, сопряжение продольных и поперечных участков должно выполняться не под прямым углом, а по радиусу возможно большего размера. В деталях, имеющих пазы или шлицы под отвертку, допускается выполнять углубления по радиусу для возможности фрезерования без продольной подачи. Шпоночные пазы в валиках или плитах более производительно обрабатывать дисковыми, а не концевыми фрезами. Поэтому сопряжение дна паза с поверхностью валика или плиты следует выполнять по радиусу, равному размеру фрезы. При проектировании надо избегать закрытых пазов, обрабатываемых концевыми фрезами. Материал для деталей выбирают по возможности дешевым и недефицитным.

При выборе марок материалов для сварных конструкций необходимо учитывать соотношение в материале легирующих примесей и углерода. Увеличение последних ухудшает свариваемость заготовок и увеличивает брак. Сварные швы следует располагать по прямым, окружностям и другим правильным геометрическим линиям, размещая их симметрично на конструкции, что дает возможность автоматизировать процесс сварки. Надо избегать пересечения сварных швов и близкого расположения их друг к другу, сварки заготовок различной толщины. При сварке тонких листов следует применять точечную или роликовую сварку; при необходимости обеспечения

герметичности - роликовую, при соединении встык - контактную стыковую.

Для получения качественных паяных деталей и сборочных единиц необходимо уделять большое внимание выбору соответствующего припоя и флюса в зависимости от марки материала детали и рекомендаций, приводимых в справочниках. Если пайкой соединяется последовательно несколько деталей и заготовок, близко расположенных друг к другу, то следует выбирать припой с разными температурами плавления, производя пайку последовательно, начиная с наиболее тугоплавкого припоя. Зазор под пайку между соединяемыми деталями должен находиться в пределах 0,05 - 0,15 мм; шероховатость соединяемых поверхностей предусматривается (по чертежу) не более $R_a 0,63 - R_a 1,25$.

Стенки пластмассовых деталей выполняют по возможности одинаковой толщины в пределах от 0,5 до 6 мм (в зависимости от материала). Для облегчения удаления детали из пресс-формы стенки детали должны иметь уклон в направлении разъема пресс-формы в пределах от 1:10 до 1:50 (от 1 до 6°) в зависимости от высоты детали. Наружные и внутренние стороны стенок деталей должны сопрягаться по радиусу возможно большего размера, но не менее толщины стенки. Для повышения прочности и жесткости детали целесообразно не увеличивать толщину стенок, а делать ребра жесткости полукруглой и трапециевидальной формы.

Отверстия диаметром более 1 мм можно получать при прессовании. Глубина глухих отверстий может быть получена в пределах трех - пяти диаметров, причем стержни пресс-форм для образования отверстий должны иметь конусность. Отверстия менее 1 мм рекомендуется выполнять сверлением.

Резьбовые отверстия 8-го класса с шагом резьбы 1 мм и более могут быть получены при прессовании. Получение резьбы с шагом менее 1 мм достигается армированием металлической арматурой с заранее нарезанной резьбой, а при точных межцентровых размерах - с последующим сверлением и нарезанием резьбы после армирования.

Неподвижные соединения деталей из пластмасс и металла можно получить одним из следующих способов: установкой арматуры в процессе прессования или литья под давлением; скреплением соединяемых деталей клеем; механическим запрессовыванием с натягом в пластмассовую деталь металлической детали, имеющей шлицевую накатку. При соединении деталей клеем следует предусмотреть гарантированный зазор в пределах 0,05 - 0,10 мм.

При проектировании пластмассовых деталей с накаткой необходимо учитывать, что прессованием можно получить только прямую накатку с шагом не менее 0,8 мм; надписи следует делать выпуклыми, высотой 0,2 - 0,5 мм.

Проставлять размеры на чертеже изделия рекомендуется от оси симметрии, так как пресс-формы изготавливают обычно на координатно-расточных станках.

С позиции *технологичности сборки* следует учитывать: возможность расчленения прибора на максимальное количество сборочных единиц, которые можно собирать, регулировать и проверять независимо друг от друга, и возможность расширения уровня взаимозаменяемости их, исключающего трудоемкие подгоночные операции и дающего возможность автоматизировать сборочные работы; исключить из сборки неразъемные соединения сборочных единиц; обеспечить надежную фиксацию сборочных единиц, допускающую неоднократную установку и съем; легкую регулировку и удобство подключения приборов к стендам для испытания и контроля; создавать возможность замены изношенной детали или сборочной единицы без разборки всего механизма.

1.2. Виды технологических процессов

1.2.1. Индивидуальный, типовой и групповой процессы

Индивидуальные технологические процессы (ИТП). Такие процессы изготовления (сборки) разрабатывают индивидуально на всю номенклатуру деталей и сборочных составов, входящих в прибор. Они применяются в единичном производстве и характеризуются большой длительностью технологической подготовки производства.

Типовые технологические процессы (ТТП). Под типовым технологическим процессом понимают схематизированный процесс изготовления многих деталей одного класса, близких по конструкции, размерам и общности производства. По типовому схематизированному процессу можно составить конкретный процесс обработки любой детали данного класса для заданных производственных условий.

Типизация технологических процессов основана на классификации деталей и создании наиболее рациональных технологических процессов для каждого класса. *Класс* – это совокупность деталей, характеризуемая общностью назначения, конструктивной формы и основных технологических задач. Так были

созданы классы валов, втулок, дисков, эксцентриков, крестовин, рычагов, плит, шпонок и др.

Если рассмотреть класс валов (валы, валики, штоки и др.), то они образованы чаще всего наружными цилиндрическими и коническими поверхностями и несколькими торцами (заплечиками). Основная задача, решаемая в процессе обработки деталей класса валов, – обеспечение правильной геометрической формы участков поверхности вала, соосности отдельных поверхностей, перпендикулярности торцов к оси, определенной шероховатости и физико–механических свойств поверхности.

Иные задачи ставятся перед деталями других классов. Общим в каждом классе является необходимость обеспечения примерно одинаковых требований, присущих классу. Разными в одном классе деталей могут быть программа выпуска и конкретные условия на заводе, где должны изготавливаться детали.

Габариты деталей одного класса различны. Например, вал турбины и ось наручных часов. Поэтому возникла необходимость в дальнейшем разделении класса на подклассы, группы и типы.

Подкласс – это группа деталей, имеющих общую конфигурацию и сходные технологические маршруты обработки. *Группа* – это часть подкласса, имеющая близкие элементы конструкции и количество переходов (операций), необходимых для их изготовления. Например, двухступенчатые валы – одна группа, многоступенчатые – другая. *Тип* – это часть группы, в которую входят детали, имеющие близкую конфигурацию и одинаковые операции обработки.

Типовые технологические процессы разрабатывают в двух вариантах. Первый – *оперативный* ТТП, непосредственно используется на основе систематизации и обобщения опыта передовых заводов по технологии изготовления деталей приборов. Второй – *перспективный оптимальный* ТТП, предполагает применение наиболее рациональных методов получения заготовок (холодного выдавливания, литья под давлением, в вакууме, и др.), высокопроизводительного оборудования (автоматических линий, агрегатных станков и др.), совершенных конструкций технологической оснастки. Сюда же можно отнести станки и оснастку, которые еще не применяются в промышленности и находятся в стадии разработки. ТТП применяют в основном в массовом и крупносерийном производстве.

Групповые технологические процессы (ГТП). При разработке ИТП в единичном и мелкосерийном производстве ограничены возможности применения высокопроизводительных методов обработки, характерных для крупносерийного и массового производства.

Основой группового метода обработки является нахождение одинаковых способов обработки различных по конфигурации деталей на одном и том же оборудовании с применением одной и той же оснастки.

К технологическим требованиям в ГТП относят: одинаковую шероховатость поверхности, точность размеров и формы, технологические базы, одинаковый или близкий по обрабатываемости материал деталей, близкие размеры обрабатываемых поверхностей и однотипные заготовки.

Имея группу разных деталей, обрабатываемых без переналадки станка, получают достоинства крупносерийного или серийного производства при фактически мелкосерийном выпуске деталей. Технологи вместо разработки сотен операций для различных деталей определяют лишь, к какому классу и группе относится деталь, и пользуются готовыми, ранее разработанными, хорошо продуманными экономичными процессами групповой обработки. Групповую обработку применяют во всех операциях, когда в группе данных деталей имеется одинаковая последовательность операций, или когда все операции охвачены групповыми наладками.

Групповая обработка начинается с деления данного класса по группам. Для каждой группы создается “комплексная”, т.е. существующая или искусственно созданная деталь, обладающая всеми элементами поверхностей, имеющимися у любой из деталей, входящих в данную группу. Для комплексной детали разрабатывается подробный маршрут обработки с определением установок, позиций, переходов, ходов таким образом, чтобы можно было обработать любую из деталей группы.

Групповые наладки – это технологический прием, позволяющий ускорить процесс подготовки производства, так как разработанная групповая наладка имеет готовую документацию и оснастку, хранящиеся на складе. Начиная обрабатывать партию деталей данной группы, наладчик получает оснастку на складе и устанавливает ее на станке в соответствии с разработанной документацией.

Процесс изготовления деталей осуществляется ускоренно, потому что не требуется сложных переналадок станка в обработке деталей одной группы, режимы резания расчетные, близкие к оптимальным.

Требуемая квалификация рабочего при групповой наладке ниже, чем при применении индивидуальных технологических процессов, так как он получает подробно разработанные процессы для работы на настроенных станках.

Групповая обработка значительно сокращает подготовительно–заключительное время за счет использования высокопроизводительных универсально–наладочных приспособлений, а также машинное время и себестоимость за счет работы на оптимальных или близких к ним режимах.

Рабочий технологический процесс выполняют по рабочей технологической и конструкторской документации.

Маршрутный технологический процесс выполняют по документации, в которой последовательность и содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки. Разработка маршрутного технологического процесса характерна для единичного и мелкосерийного производства при использовании оборудования с ручным управлением. Определение содержания операция и режимов обработки в этом случае поручают рабочим высокой квалификации.

Операционный технологический процесс производят по документации, в которой описание содержания операций включает указание переходов и режимов обработки. Разработка операционных технологических процессов характерна для серийного и массового производства, при использовании автоматизированного оборудования. Содержание операции полностью определяется технологом. Квалификация рабочих, выполняющих операции, ниже, чем при работе по документации маршрутного технологического процесса. При использовании оборудования с числовым программным управлением стала необходимостью разработка операционных технологических процессов и в мелкосерийном производстве.

Маршрутно–операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

1.2.2. Оценка рациональности выбранного технологического процесса

В соответствии с ГОСТ и ЕСТПП рациональность разработанных технологических процессов должна подтверждаться коэффициентами $K_{в.м.}$ и $K_{тпп}$ или $K_{г.м.}$ для групповой обработки, превышающими или равными уровням ЕСТПП:

коэффициент применения прогрессивных высокоэффективных методов обработки $K_{в.м.} > 0,45$,

$$K_{в.м.} = Q_{в.м.} / Q_{м.}, \quad (1.20)$$

где $Q_{в.м}$ – количество эффективных методов обработки, например, алмазное и композиционное точение, растачивание, шлифование алмазными, эльборными, кругами, высокопористыми кругами на полиуретановой связке, электрофизическая и электрохимическая обработка и др.; Q_m – количество методов, применяемых при обработке; *коэффициент применения типовых технологических процессов*
 $K_{тп} > 0,8$,

$$K_{тп} = Q_{тп} / Q_{тп}, \quad (1.21)$$

где $Q_{тп}$ – количество применяемых типовых технологических процессов (операций); $Q_{тп}$ – количество технологических процессов (операций);

коэффициент применения группового метода обработки $K_{г.м} > 0,55$.

Его применяют в серийном производстве, например, для групповой обработки корпусных колец (корпусов) наручных часов:

$$K_{г.м.} = \sum_{j=1}^k n_{D,C,E,j}^1 / N_{D,C,E}, \quad (1.22)$$

где k – количество технологических операций групповых участков обработки; $n_{D,C,E,j}^1$ – годовая программа j -й операции групповых участков; $N_{D,C,E}$ – общая годовая программа D, C, E изделия.

1.3. Подготовка производства приборов

1.3.1. Конструкторская подготовка производства приборов

При промышленном освоении каждого изделия подготовка производства включает в себя в качестве основных этапов конструкторскую, технологическую и организационно-производственную подготовку.

Конструкторская подготовка. По ГОСТ 2.103-68 установлены стадии разработки конструкторской документации на все изделия промышленности. Стадия "*техническое задание*" разработка НИИ на

основе анализа работы, эксплуатации, изучения имеющихся образцов; используется техническая и научная литература, а также результаты расчета основных параметров.

Техническое задание устанавливает основное назначение технических и тактико-технических характеристик, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, выполнение необходимых стадий разработки конструкторской документации и ее состав, а также специальные требования к изделию. Стадия "*техническое предложение*" - разработка технического предложения по результатам анализа технического задания с присвоением документам литеры "П".

Техническое предложение – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений создаваемых изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов.

Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного проекта.

Стадия "эскизный проект" - техническое предложение после согласования и утверждения - является основанием для разработки эскизного проекта с присвоением документам литеры "Э".

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Стадия "технический проект" - на основании эскизной разработки отрабатывается конструкция для обеспечения наиболее компактной конструкции, рациональной (технико-экономической) разбивки изделия на сборочные единицы и детали и выявления возможности использования нормализованных и стандартных агрегатов, сборочных единиц, деталей.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации. Он состоит из чертежей общих видов изделия с присвоением документам литеры "Т".

Стадия "разработка рабочей документации" – рабочие чертежи с техническими условиями, содержащие все данные, необходимые для изготовления и контроля изделия: сборочные чертежи, чертежи деталей, спецификация деталей, материала.

1.3.2. Технологическая подготовка производства приборов

Технологическая подготовка производства базируется на Единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП).

По ГОСТ 14.001-83, ЕСТПП - установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства; предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Документацию на конкретные методы и средства технологической подготовки производства (ТПП) разрабатывают на основе стандартов ЕСТПП и других документов, в том числе:

Единой системы конструкторской документации (ЕСКД);

Единой системы технологической документации (ЕСТД);

Единой системы аттестации качества продукции;

Государственной системы обеспечения единства измерений; нормативно-технической документации;

документации по механизации и автоматизации обработки информации, используемой при ТПП и управлении ею.

Растущая сложность изделий, высокие требования, предъявляемые к их качеству и эксплуатационной надежности, обуславливают высокую трудоемкость изготовления изделий при освоении их заводом.

По ГОСТ 3.1102-81 устанавливаются стадии разработки технологической документации и этапы выполнения работ на изделия.

Этапы технологической подготовки проводят параллельно с этапами конструкторской подготовки. Этапы приведены в табл. 1.3.

Предварительный проект предназначен для проверки технологичности конструкции изделия на стадиях эскизного и технического проектов. Он содержит перечни специальных и типовых технологических процессов, технических заданий на разработку специального технологического оборудования и оснастки.

Предварительный проект служит основанием для разработки рабочей документации: опытного образца; установочной серии; серийного или массового производства.

Таким образом, технологическая подготовка производства состоит из проектирования технологического процесса, конструирования и изготовления технологической оснастки (приспособлений, инструмента), разработки технологии контроля и конструирования средств для его осуществления, разработки технических нормативов и спецификаций, необходимых для планирования производства.

Проектирование и изготовление приборов, средств автоматики и систем управления ставит целый ряд проблем, решение которых должно обеспечивать получение заданных показателей качества изделий приборостроения. В частности, при проектировании технологических процессов необходимо учитывать весь комплекс вопросов, связывающих в единое целое требования к характеристикам изготавливаемых изделий и технические возможности производственной системы. Очевидно, что при использовании системного подхода решение задач технологического проектирования должно базироваться на анализе структуры производства и взаимосвязей между отдельными ее частями с учетом случайных факторов, действующих в производственном процессе.

Таблица 1.3.

Этапы конструкторской и технологической подготовки производства

Стадии разработки	Этапы работы по технологической подготовке
Техническое задание и техническое предложение	—
Эскизный и технический проекты	Разработка предварительного проекта с присвоением литеры “П”
Разработка рабочей	

<p>документации: опытного образца</p> <p>установочной серии</p> <p>серийного и массового производства</p>	<p>Разработка технологической документации для изготовления и испытания опытного образца в масштабе опытного производства. Корректировка технологических документов по результатам испытаний и по результатам корректировки конструкторских документов. Присвоение документам литеры “О”</p> <p>Изготовление и испытание установочной серии. Корректировка технологических документов по результатам изготовления и испытания установочной серии. Присвоение документам литеры “А”</p> <p>Изготовление и испытание контрольной серии. Корректировка технологических документов по результатам изготовления и испытания контрольной серии и по результатам корректировки конструкторских документов с присвоением литеры “Б” технологическим документам, окончательно отработанным и проверенным в производстве изготовленных изделий по зафиксированному и полностью оснащеному технологическому процессу</p>
---	---

1.3.3. Этапы разработки технологических процессов и технологическая документация

1.3.3.1. Исходные данные для проектирования технологических процессов

Исходными данными, которыми необходимо располагать при проектировании технологических процессов, служат рабочий чертеж детали (сборочной единицы); технические условия; программа выпуска изделий; руководящие технические материалы.

Рабочий чертеж детали (сборочной единицы). Чертежи должны быть выполнены в соответствии с ГОСТом, установленным ЕСКД, т.е. должны иметь:

- нужное количество проекций;
- необходимые размеры при правильной их расстановке;

- обозначения шероховатости поверхностей обработки по ГОСТ 2789-73;
- допуски и посадки с обозначением по действующим ОСТам; допуски на погрешности формы и расположения поверхностей;
- указание о марке материала, из которого изготавливается деталь;
- дополнительные требования к детали (термообработка, покрытие) и сборочной единице.

Технические условия. Эти условия на наиболее ответственные детали сборочные единицы (изделия) составляют на стадиях конструкторской подготовки в тех случаях, когда невозможно по ряду причин изложить в рабочем чертеже полностью требования к детали (сборочной единице) или замечания по их выполнению.

В технических условиях указывают:

- назначение детали (сборочной единицы);
- требования к детали (сборочной единице);
- методы контроля;
- общие указания (в отдельных случаях) о хранении, таре, транспортировке, клеймении и др.

Программа выпуска изделия. От характера вида производства (единичное, серийное, массовое) зависит степень детализации при разработке технологических процессов: выбор заготовки, оборудования, оснастки.

Руководящие технические материалы. К числу основных руководящих материалов относят: каталожные данные об оборудовании (его габариты, точность, мощность, быстроходность, оснащенность); нормативы на режущий и измерительный инструмент и приспособления; нормативы на припуски и операционные допуски; нормативы для технико-экономических расчетов; нормативы по техническому нормированию.

Возможны и другие руководящие технические материалы.

При изготовлении деталей в приборостроении наибольший вес по трудоемкости занимают процессы обработки на металлорежущих станках и в общей трудоемкости изготовления приборов; так, например, в условиях производства приборов промышленного значения он достигает 35 - 40%.

Велик удельный вес по трудоемкости и сборочных процессов во многих отраслях как промышленного, так и специального приборостроения (достигает 50 %).

Эти особенности послужили основанием для проведения более широких научно-исследовательских работ и технических обобщений в области процессов обработки на металлорежущих станках и сборки. На базе указанных работ были созданы расчетные, методические, руководящие и нормативные материалы; они позволяют, как правило, более наглядно рассматривать содержание работ, выполняемых при проектировании технологических процессов.

Исходные данные и отмеченные особенности приборостроительного производства должны учитываться при проектировании технологических процессов.

1.3.3.2. Содержание работ по проектированию технологических процессов изготовления деталей и сборки в приборостроении.

В проектировании технологического процесса изготовления характерных деталей приборов, проходящих последовательный цикл пооперационной обработки, а также сборки приборов, входит целый комплекс различных видов работ.

Выбор заготовки. *Заготовка* – это материал, приведенный к форме и состоянию, удобным для дальнейшей механической, термической, гальванической или какого-либо другого вида обработки, связанной с получением из этого материала готовой детали. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, вида производства, наличия оборудования, требования к ее качеству, а также экономических соображений.

С учетом этих факторов на промышленных предприятиях для каждого конкретного случая может быть использован любой из таких способов изготовления заготовок, как литье различными методами, горячая и холодная штамповки и другие методы обработки давлением в холодном состоянии или резанием.

С учетом вида производства необходимо стремиться к выбору такой конструктивной формы заготовки, которая максимально приближалась бы к форме готовой детали.

При изготовлении детали приборов на токарных автоматах, револьверных, а иногда и на токарных станках обычно используют прутковые заготовки или проволоку, нарезанную из бунта. Для повышения точности обработки (на автоматах и револьверных станках) используется, как правило, прутковый материал, калиброванный в холодном состоянии (с диаметрными размерами 11 – 12, а в отдельных случаях и 9-го качества). В особо ответственных случаях заготовкой служат шлифованные на заводах приборостроения прутки.

Чертеж заготовки должен отражать все особенности метода ее изготовления: литейные и штамповочные уклоны и радиусы закругления; шероховатость поверхности, точность размеров и др.

Величину припуска (условную) на чертеже заготовки изображают штриховкой.

Расчеты припусков и промежуточных размеров. В приборостроении при изготовлении деталей вес припуска часто бывает больше веса готовой детали. Кроме того, детали изготавливают из цветных металлов и их сплавов, поэтому уменьшение припуска на обработку - весьма важная задача. Величина припуска должна быть оптимальна; увеличенный припуск приводит к повышению усилия резания, что при снятии стружки в процессе обработки может послужить причиной значительного увеличения деформации детали и уменьшения точности ее изготовления, повышает время на обработку – снятие припуска за несколько проходов; вместе с тем уменьшенный припуск не дает возможности получить требуемую степень точности и чистоты поверхности детали.

В этой связи особое значение приобретает расчет припусков и промежуточных размеров. Научная методика расчета припусков разработана профессором В.М. Кованом.

Минимально необходимая величина припуска z_{\min} должна обеспечивать удаление микронеровностей и слоя материала с измененными физико-механическими свойствами и структурой, полученными при предшествующей обработке (рис. 1. 2)

При одностороннем расположении величина припуска

$$Z_{\min} \geq H_{\max} + T_{\max} + |\bar{\Delta}_a + \bar{\Delta}_y|. \quad (1.23)$$

При симметричном расположении минимальный промежуточный припуск

$$z'_{\min} = 2z_{\min} \geq 2 \left[H_{\max} + T_{\max} + |\bar{\Delta}_a + \bar{\Delta}_y| \right], \quad (1.24)$$

где $\bar{\Delta}_a = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2$,

или

$$\Delta_a = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + 2\Delta_1\Delta_2 \cos(\angle_1\Delta_2)} \quad (1.25)$$

$\bar{\Delta}_a$ – векторная сумма пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей обрабатываемой заготовки, получившихся на

предшествующем переходе; $\bar{\Delta}_y$ – погрешности установки при выполняемой обработке.



Рис. 1. 2. Схема поверхностного слоя:

H_{\max} – наибольшая высота микронеровностей (гребешков);
 T_{\max} – наибольшая глубина слоя материала с измененными физико–механическими свойствами и структурой

Значение $\bar{\Delta}_a$ определяется как векторная сумма пространственных отклонений.

Для получения наиболее вероятного значения в тех случаях, когда нельзя предвидеть направление вектора, пространственные отклонения суммируют по правилу квадратичного суммирования:

$$\Delta_a = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}. \quad (1.26)$$

Погрешность установки заготовки при обработке на станке определяется в общем виде как векторная сумма погрешности базирования Δ_6 и погрешности закрепления Δ_3 :

$$\bar{\Delta}_y = \bar{\Delta}_6 + \bar{\Delta}_3 \quad (1.27)$$

или

$$\Delta_y = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + 2\Delta_6\Delta_3 \cos(\bar{\Delta}_6, \bar{\Delta}_3)} \quad (1.28)$$

Когда трудно предвидеть направление векторов, их суммируют по правилу квадратичного суммирования:

$$\Delta_y = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2}. \quad (1.9)$$

Погрешность базирования определяют из геометрических связей в зависимости от принятой схемы установки. При совмещении установочной и исходной баз погрешности базирования нет.

Значения Δ_a и Δ_y определяют для каждого вида обработки по справочным данным. При расчете припуска необходимо установить допуски на промежуточные размеры.

Погрешность формы - эллиптичность, конусность, непараллельность и др. - находят в пределах назначаемого допуска. Нарушение точности взаимного расположения элементов детали (эксцентриситет, неперпендикулярность и др.) а также погрешность установки D_y не связаны с допуском на размер и учитываются отдельно.

Максимальный промежуточный припуск при одностороннем расположении

$$z_{\max} = \delta_{\Pi} + z_{\min}; \quad (1.30)$$

при двустороннем расположении

$$z'_{\max} = \delta_{\Pi} + z'_{\min}; \quad (1.31)$$

где δ_{Π} - допуск при выполнении предшествующей операции (перехода). Величины H_{\max} , T_{\max} и δ_{Π} зависят от метода обработки и определяются экспериментально.

В табл. 1. 4 приведены и определяются экспериментально значения H_{\max} , T_{\max} и δ_{Π} , соответствующие средней экономической точности, для основных методов обработки деталей.

Промежуточные (или, как часто называют, операционные) размеры указывают в операционном эскизе с учетом припуска на последующую обработку.

Расчет промежуточных размеров следует начинать с последней операции; в качестве исходных принимают размеры и допуски, указанные на рабочем чертеже.

Промежуточные размеры определяют по следующим формулам: для наружных цилиндрических поверхностей (рис. 1.3. а)

$$A_{\Pi \max} = A_{\max} + z'_{\min} + \delta_{\Pi}; \quad (1.32)$$

Таблица 1. 4

Значения H_{max} , T_{max} и $\delta_{п}$, соответствующие средней экономической точности, для основных методов обработки деталей

Вид обрабатываемой поверхности	Стадии обработки	H_{max}	T_{max}	$\delta_{п}$
		МКМ		
1	2	3	3	5
Внешние цилиндрические, конические и фасонные поверхности вращения	Притирка	0,05 – 0,5	3 – 5	4 – 11
	Тонкое обтачивание	1 – 5	15 – 20	8 – 25
	Шлифование	1,7 – 15	15 – 20	10 – 40
	Чистовое обтачивание	5 – 45	30 – 40	50 – 200
	Черновое обтачивание	15 – 100	40 – 60	100 – 400
	Холодная обработка давлением	25 – 100	80 – 100	70 – 340
	Прокатка	100 – 225	300	500 – 1600
	Штамповка горячая	100 – 225	500	400 – 1000
Отверстия цилиндрические	Притирка	0,05 – 0,5	3 – 5	4 – 13
	Тонкое растачивание	1 – 5	15 – 20	15 – 25
	Продавливание шариком	1 – 5	20 – 25	12 – 18
	Протягивание	1,7 – 8,5	10 – 20	18 – 30
	Шлифование	1,7 – 15	20 – 30	15 – 35
	Чистовое растачивание	2 – 25	30 – 40	100 – 200
	Чистовое развертывание	15 – 45	10 – 20	20 – 80
	Черновое развертывание	25 – 100	25 – 30	40 – 150
	Черновое растачивание	25 – 225	30 – 50	200 – 250
	Рассверливание	25 – 225	40 – 60	140 – 300
	Сверление по кондуктору	45 – 225	50 – 60	70 – 300
	Сверление без кондуктора	45 – 225	50 – 60	120 – 350
	Штамповка горячая	100 – 225	500	600 – 1000

Продолжение таблицы 1.4.

1	2	3	4	5
Плоскости	Притирка	0,05 – 0,5	3 – 5	4 – 15
	Шлифование	1,7 – 15	15 – 25	10 – 50
	Чистовое фрезерование	5 – 45	25 – 50	25 – 100
	Черновое фрезерование	15 – 100	40 – 60	70 – 200
	Строгание	15 – 100	40 – 50	80 – 200

	Прокатка	100 – 225	300	500 – 1600
	Штамповка горячая	100 – 225	500	300 – 1000

для цилиндрических отверстий (рис.1.3. б)

$$A_{\text{п min}} = A_{\text{max}} - z'_{\text{min}} - \delta_{\text{п}}; \quad (1.33)$$

для плоскостей (рис.2.3. в)

$$A_{\text{п max}} = A_{\text{max}} + z_{\text{min}} + \delta_{\text{п}}; \quad (1.34)$$

где, $A_{\text{п}}$ – размер, выдерживаемый при предшествующей обработке;
 A – размер, выдерживаемый на данной операции; z, z' – припуск на данную операцию (по табл. 2.4); $\delta_{\text{п}}$ – допуск на выполнение предшествующей операции.

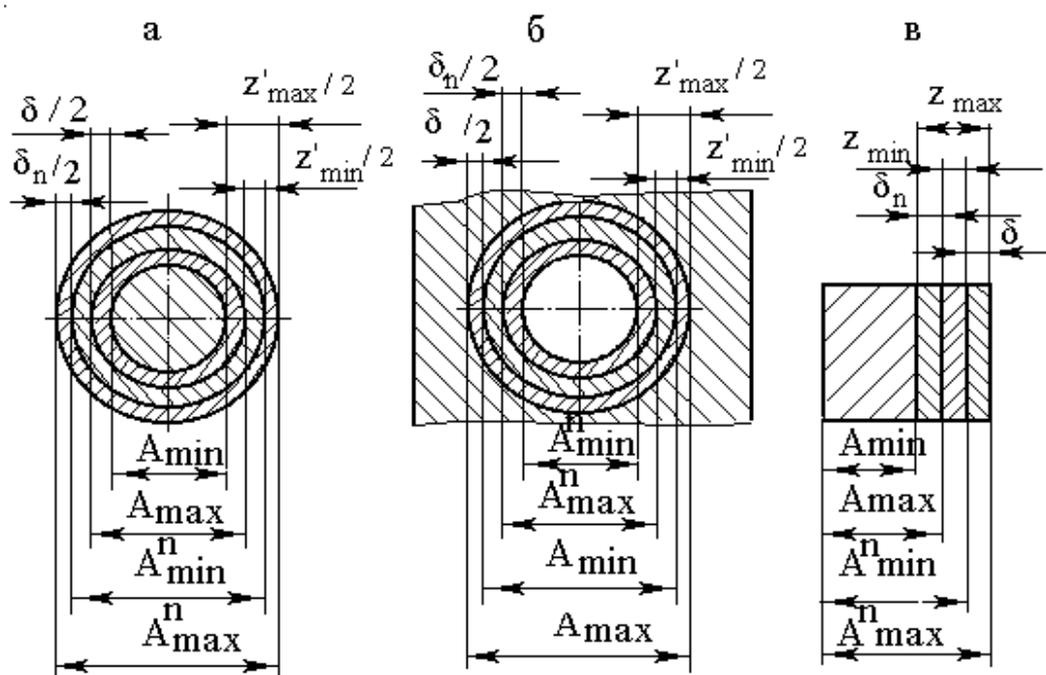


Рис. 1.3. К расчету промежуточных размеров

Пример. Определить припуски и промежуточные размеры при изготовлении вала-шестерни редуктора (рис.1.4.) из стального холоднотянутого прутка ($z = 12$; $m = 0,5$; $\alpha = 20^\circ$). Для упрощения на чертеже показаны только диаметр окружности вершин трибки и длина вала, определяющие размер заготовки. Порядок обработки

наружной поверхности $\phi 7_{-0,03}$ мм следующий: обработка предварительная; обработка чистовая; обработка тонкая.

Предварительная токарная обработка выполняется на автомате продольного точения, отделочная операция – на токарном станке.

Начнем расчет с последней операции – чистового обтачивания.

Решение. По табл. 1.4. выбираем среднее значение величин $H_{\max} = 25$ мкм,

$T_{\max} = 35$ мкм; значения $\Delta_a = 3,0$ мкм и $\Delta_y = 6$ мкм находим по справочным данным.

Подставив эти значения в 2.23, получим

$$z'_{\min} = 2 \left[25 + 35 + \sqrt{3^2 + 6^2} \right] \approx 133 \text{ мкм.}$$

Размер валика после чистового обтачивания $A''_{\max} = A_{\max} + z'_{\min} + \delta_{\text{п}}$.

Находя по табл. 1.4 $\delta_{\text{п}} = 125$ мкм, получаем $A''_{\max} = 7 + 0,133 + 0,125 = 7,258$ мм.

Определим промежуточный размер вала после предварительного (чернового) обтачивания.

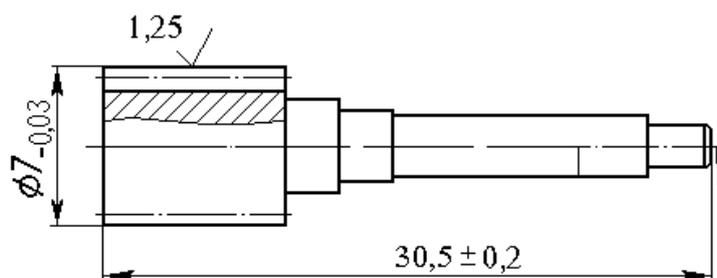


Рис. 1. 4. Вал-шестерня редуктора

Подставляя соответствующие величины в 1.24, получим минимальный диаметральный припуск при черновом обтачивании $z'_{\min} = 2(57,5 + 50 + 2,4 + 0) \cong 220$ мкм.

Размер валика после чернового обтачивания находят подстановкой соответствующих значений в 1.32. По табл. 1.4 среднее значение $\delta_{\text{п}} = 250$ мкм.

Окончательно получим $A''_{\max} = 7,258 + 0,250 + 0,250 = 7,728$ мм.

Теперь определим размер заготовки, т.е. диаметр прутка.

По табл. 2.4. выбираем для холоднотянутой стали $H_{\max} = 62,5$ мкм, $T_{\max} = 90$ мкм. По справочным данным находим $\Delta_a = 60$ мкм, $\Delta_y = 0$.

Тогда минимальный диаметральный припуск на обработку при черновом точении $z'_{\min} = 2(62,5 + 90) + 60 = 425$ мкм.

Определим необходимый размер валика перед обработкой. Допуск на холоднотянутые стальные прутки $\delta_{\text{п}} = 120$ мкм.

Окончательно имеем $A''_{\max} = 7,728 + 0,425 + 0,120 = 8,273$ мм

По сортаменту выбираем пруток диаметром $8,5_{-0,12}$ мм.

Установление структуры процесса. При разработке технологического процесса важно определить число операций, на которые этот процесс должен быть расчленен.

При этом степень *концентрации* процесса (объединения в одну сложную операцию) или *дифференциации* (расчленение на несколько более простых операций) определяют зависимости от конкретных условий.

Основным фактором, определяющим степень дифференциации технологического процесса, является характер производства и связанный с ним объем выпуска продукции. Чем выше серийность выпускаемых приборов и меньше их номенклатура, тем на большее число операций можно расчленять процесс без лишнего усложнения планирования производства.

При дифференциации производственных процессов упрощается оборудование и работа на нем, снижаются требования к классификации работающих на этом оборудовании, а, следовательно, облегчается освоение производства.

При концентрации процесса облегчается планирование производства, повышается точность обработки деталей в связи с тем, что многие операции выполняют при одной и той же установке детали, увеличивается производительность труда за счет одновременной обработки нескольких поверхностей, а также сокращает вспомогательное время, затрачиваемое на установку и снятие детали. Концентрация операций является одним из наиболее вероятных направлений совершенствования технологических процессов в приборостроении.

Последовательность операций и переходов намечают, исходя из следующих основных соображений:

1) последующие операции, переходы или проходы должны уменьшать погрешности и улучшать качество поверхности, полученной при предыдущей обработке;

2) вначале следует обрабатывать поверхность, которая будет служить установочной базой для последующих операций. Для установки при первой операции следует выбирать по возможности поверхность детали, наиболее ровную и имеющую наибольшие размеры;

3) после обработки установочной поверхности заготовка в последующих операциях базируется на нее или на поверхности, связанные с ней;

4) как правило, сначала обрабатывают менее точные поверхности;

5) операции, при которых возможно появление брака, следует производить вначале;

6) отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами для установки др.

Особое внимание при определении последовательности обработки заготовки нужно уделить выбору установочных баз для каждой операции.

Должны быть рассчитаны погрешность установки и результирующая (суммарная) погрешность.

Выбор технологического оборудования. При проектировании технологического процесса необходимо правильно назначать (выбирать) оборудование: должны быть указаны тип и модель станка, завод-изготовитель.

Выбирая станок, надо помнить, что он должен быть наиболее простым для данной операции и обеспечивать оптимальные режимы обработки; обеспечивать заданную точность операции; его мощность должна по возможности соответствовать наибольшей потребляемой при запроектированном режиме.

Особо надо учитывать производительность станка.

Применение того или иного оборудования определяется не только экономической целесообразностью, но и, в первую очередь, необходимостью обеспечения требуемого качества изготовления изделия.

В соответствии с разработанным технологическим маршрутом выбирают станки для каждой операции технологического процесса. Оборудование подразделяют на четыре группы:

1. Станки широкого назначения (универсальные станки) с широким диапазоном скоростей и подач, размеров заготовок, обрабатываемых на них; такие станки целесообразно применять в единичном и мелкосерийном производстве.

2. Станки высокой производительности – полуавтоматы и автоматы, имеющие большее ограничение по размерам заготовок, которые могут на них обрабатываться, по скоростям и подачам; применяются такие станки в серийном и массовом производстве.

3. Специализированные станки – агрегатные и переделанные из станков высокой производительности, приспособленные для обработки какой либо определенной детали или группы деталей, например, к одношпиндельному сверлильному станку добавляют приставку со

шпинделем для одновременного сверления двух отверстий в заготовке. Агрегатные станки компонуют из стандартных узлов, приспособляясь к изготовлению определенной детали. На рис. 2.5. показана схема компоновки различных агрегатных станков, у которых специальными узлами являются шпиндельные коробки 3, колонны 1 и подставки 2.

У этих высокопроизводительных станков шпиндели располагают соответственно обрабатываемым поверхностям детали, а частоты их вращения выдерживают без отклонений от полученных по расчетам режимов резания. Заменяя у этих станков шпиндельные головки и подставки, приспособляют их для обработки других поверхностей заготовок. Компонуя несколько головок на одном станке, можно обрабатывать деталь с двух, трех и более сторон. Специализированные станки применяют в массовом и крупносерийном производстве, а также в серийном производстве при групповой обработке деталей.

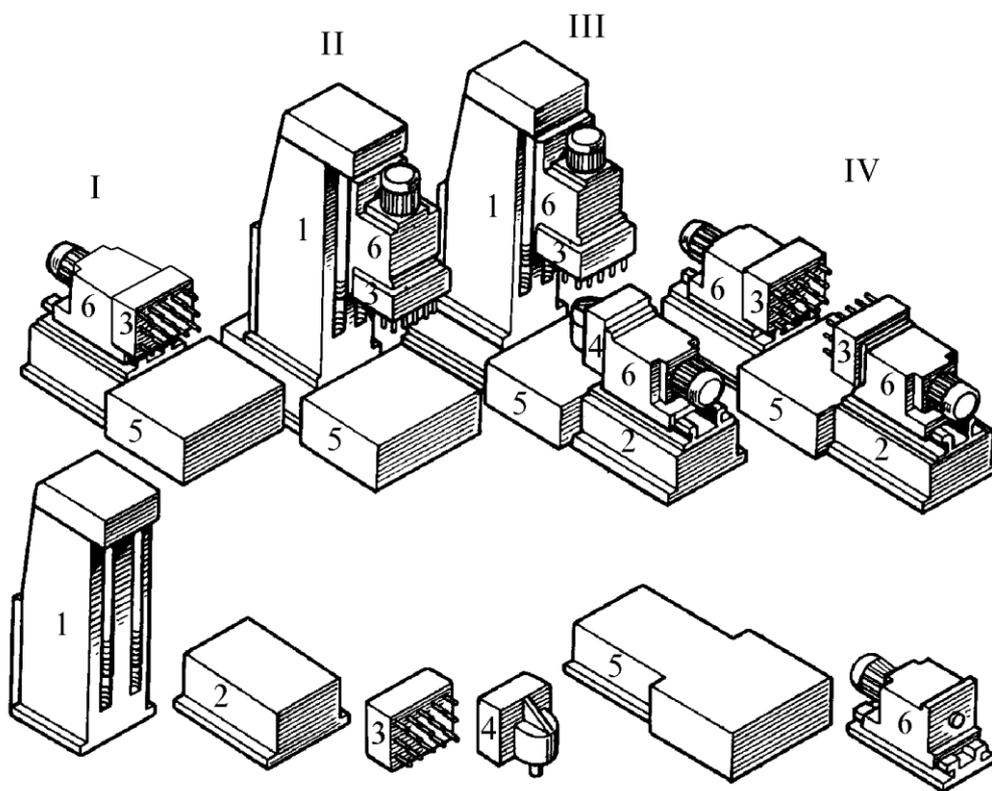


Рис. 1.5. Схема компоновки многопозиционных агрегатных станков:
 I - сверильный; II - резьбонарезной; III - сверильно-фрезерный; IV - сверильно-резьбонарезной;
 1 - колонка; 2 - подставка; 3 - шпиндельная коробка;
 4 - фрезерная насадка; 5 - станина; 6 - сверильная головка

4. Специальные станки – это станки, спроектированные, и изготовленные для обработки заготовок в определенной операции. Такие станки очень производительны, потому что режимы резания соответствуют расчетным режимам, но проектирование и изготовление их длительно и дорого, так как выполняют их в единичном производстве. Специальные станки экономически целесообразны в массовом производстве при выпуске изделия в течение нескольких лет.

Тип станка выбирают из его возможности обеспечить точность размеров и формы изготавливаемой детали, а также качество ее поверхности. Если эти требования можно обеспечить на различных станках, то определенный станок выбирают из следующих соображений:

1) соответствие основных размеров станка габаритам обрабатываемых заготовок; 2) соответствие станка по производительности принятому типу производства; 3) рациональное использование станка по режимам резания и полное использование мощности; 4) возможность механизации и автоматизации оборудования для операций процесса; 5) реальная возможность приобретения станка; б) соответствующая стоимость станка.

После расчетов режимов резания и норм времени следует подтвердить целесообразность выбранного оборудования расчетами коэффициентов использования оборудования по времени, мощности и технологической себестоимости операции.

Коэффициент использования оборудования по времени

$$\eta_0 = T_0 / T_{шт.}, \text{ или } \eta_0 = T_0 / T_k, \quad (1.35)$$

где T_0 , $T_{шт.}$, T_k – основное (машинное), штучное и штучно-калькуляционное время, мин.

Чем ближе значение η_0 к единице, тем меньше вспомогательное время и время обслуживания станка, тем выше механизация и автоматизация операции.

Коэффициент использования оборудования по мощности

$$\eta_N = N_{рез} / N_{шт.}, \quad (1.36)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

$N_{шт.} = N_{дв.} \eta$ – мощность на шпинделе станка, кВт; $\eta = 0,75 - 0,9$ – к.п.д. станка. К.п.д. должен быть близким к единице, чтобы обеспечить эффективное использование электроэнергии.

Технологическая себестоимость операции

$$C_{\tau} = Z_{\text{раб}} + A_{\text{ст}} + L_{\text{ст}} + A_{\text{пр}} + Y + E + D + P_{\text{н}}, \quad (1.37)$$

где $Z_{\text{раб}}$ – зарплата рабочего; $A_{\text{ст}}$ – амортизация станка; $L_{\text{ст}}$ – затраты на ремонт и осмотр станка, отнесенные к данной операции;

$A_{\text{пр}}$ – амортизация и ремонт приспособлений, применяемых в данной операции; Y – расходы на инструмент при выполнении данной операции; E – затраты на силовую электроэнергию, расходуемую при данной операции; D – доплаты и начисления на основную зарплату производственных рабочих; $P_{\text{н}}$ – затраты на наладку станка, отнесенные к данной операции.

Рациональность выбранного оборудования определяется сопоставлением значений коэффициентов, полученных по расчетам с уровнями ЕСТПП. В массовом и крупносерийном производстве – это *коэффициент применения автоматов и полуавтоматов*

$$K_{\text{а. об}} = Q_{\text{а. об}} / Q_{\text{об}}; \quad Q_{\text{а. об}} \geq 0.6 \quad (1.38)$$

и коэффициент применения агрегатного оборудования

$$K_{\text{аг. об}} = Q_{\text{аг. об}} / Q_{\text{об}}; \quad K_{\text{аг. об}} \geq 0,38, \quad (1.39)$$

$Q_{\text{а. об}}$; $Q_{\text{об}}$; $Q_{\text{аг. об}}$ – соответственно количество полуавтоматов и автоматов, оборудования и агрегатных станков, используемых в технологическом процессе.

В мелкосерийном и единичном производстве – это коэффициент применения станков с ЧПУ

$$K_{\text{чпу}} = Q_{\text{чпу}} / Q_{\text{об}}; \quad K_{\text{чпу}} \geq 0,28, \quad (1.40)$$

$Q_{\text{чпу}}$ – количество станков с программным управлением.

Выбор технологической оснастки. Для качественного изготовления деталей используют различного рода приспособления, применение которых повышает производительность труда, облегчает условия труда, обеспечивает полную взаимозаменяемость, возможность использования наличного станочного парка при переходе на новый производственный объект, более точное нормирование, возможность

регулирования длительности операций при организации поточного производства, сокращение сроков освоения производства новых изделий.

Под *технологической оснасткой* понимают приспособление, вспомогательный, режущий и мерительный инструменты, средства механизации и автоматизации операций.

Приспособлением называют дополнительные устройства к станкам, служащие для установки и закрепления заготовки (трехкулачковый и цанговый патроны и др.)

Вспомогательный инструмент – это дополнительное устройство к станкам, служащее для установки и закрепления инструмента (патрон для закрепления сверл с цилиндрическим хвостовиком, патрон для закрепления метчика и др.)

Для сокращения цикла производства существенное значение имеет сокращение времени на его подготовку. В комплексе работ по подготовке производства более половины всех затрат труда расходуется на изготовление станочных и сборочных приспособлений, а с учетом проектирования последних эти работы часто занимают больше времени, чем цикл изготовления самих приборов. Так расходы на проектирование специальных видов оснастки составляют до 20 % и на их изготовление – до 60 % общей суммы затрат на подготовку производства сложных по конструкции приборов и машин.

В серийном производстве с меняющейся номенклатурой изделий стремятся к максимально возможному использованию одних и тех же станков и технологической оснастки. Для этого проводят типизацию технологических процессов, внедряют методы групповой обработки, унифицируют оснастку и применяют серийно выпускаемые прогрессивные высокопроизводительные и агрегатные станки и приспособления.

Принцип агрегатирования состоит в том, что из стандартизированных и нормализованных заранее изготовленных элементов, обладающих свойствами функциональной взаимозаменяемости, собирают нужные изделия (станки, приспособления и др.). После того как изделия использованы, их вновь разбирают на отдельные элементы, чтобы при необходимости использовать для другого изделия. Некоторые специальные детали или редко применяемые механизмы изготавливают в малых количествах. Таким образом, получение готового изделия состоит в основном только в сборке его из стандартизированных, унифицированных и нормализованных деталей. Переналаживаемая оснастка может быть многократно использована при незначительном демонтаже и

переналадке для обработки не только однотипных заготовок, но и значительно отличающихся по конструкции.

Применением приспособлений достигается:

- правильное расположение обрабатываемой заготовки на станке по отношению к режущему инструменту;
- устранение необходимости разметки заготовки перед обработкой;
- устранение влияния ошибок рабочего при расположении заготовки на станке;
- возможность одновременной обработки на станке нескольких заготовок;
- повышение производительности обработки за счет уменьшения вспомогательного времени, так как упрощается или исключается прием выверки детали, уменьшается время на подвод инструмента к детали и сокращается брак, осуществляется быстрый зажим детали, облегчение и упрощение нормирования времени на установку и закрепление заготовки, раскрепление и снятие детали;
- возможность использования наличного станочного парка при переходе на новые виды изделий;
- сокращение сроков оснащения новых видов приборов;
- расширение технологической возможности станков;
- регулирование длительности операций при расчете поточного производства.

Приспособления делят по видам обработки (токарная, фрезерная и др.) для различных условий и типов производства.

Приспособления, как и всю оснастку, выполняют по шести системам.

Неразборные специальные приспособления (НСП) предназначаются для обработки определенной заготовки на соответствующих операциях. При изменении геометрии детали или операции обработки приспособление, как правило, не используют.

В специальных приспособлениях конструкции более совершенны, так как рассчитаны на определенную форму и размер обрабатываемой заготовки. К достоинствам этих приспособлений относят их быстрое действие (малое время установки и зажима), достаточно большие точности и взаимозаменяемость обрабатываемых деталей; К недостаткам – длительное время на их проектирование и изготовление; трудоемкость и большие затраты труда и материалов на изготовление и сборку из-за единичного характера их производства; невозможность использования приспособлений на другой операции обработки.

Затраты на специальные приспособления составляют более половины затрат на технологическую оснастку. Поэтому специальные приспособления используют в основном в массовом и крупносерийном производстве и значительно реже в серийном.

Универсальные безналадочные приспособления (УБП) предназначены для обработки различных заготовок при разнообразных операциях. Конструкции элементов выполняют так, чтобы в данном приспособлении могли обрабатываться разные по форме и размерам заготовки. Имеющиеся дополнительные устройства позволяют изменять положение установочных и зажимных элементов. Работа на этих приспособлениях менее производительна, чем на специальных. К достоинствам этих приспособлений относят небольшие сроки проектирования и изготовления и меньшую себестоимость по сравнению с НСП, так как их изготавливают большими партиями. Материальные и трудовые затраты при этом используются полностью, так как эти приспособления работают до полного износа. Недостаток УБП заключается в том, что заготовки должны выверяться и часто деталь предварительно должна быть размечена для правильной установки (машинные тиски, токарные четырехкулачковые патроны и др.

Специализированные приспособления предназначены для обработки определенной заготовки при конкретных операциях. По окончании обработки партии заготовок эти приспособления переналаживают для обработки других деталей. К специализированным приспособлениям можно отнести сборно–разборные приспособления (СРП), универсально–наладочные приспособления (УНП), универсально–сборочные приспособления (УСП) и специализированные наладочные приспособления (СНП).

Сборно–разборные приспособления состоят из нормализованных деталей, подвергающихся конструктивным изменениям в зависимости от требований, предъявляемых к приспособлению. Нормализованные детали, не получившие повреждений при предыдущей эксплуатации, после разборки приспособления могут быть использованы вторично.

Универсально–наладочные приспособления (УНП) применяются при групповой обработке, когда детали одной группы изготавливают в одних и тех же приспособлениях, а меняют только вкладыш (установочные и направляющие элементы приспособлений). УНП применяют в серийном производстве после проведения конструкторско–технологической работы по унификации деталей изготавлиющихся изделий. Эти приспособления оснащаются

быстродействующими зажимными устройствами и обеспечивают удобство, надежность и высокую производительность.

Недостаток УНП в том, что сменные специальные элементы (вкладыши, губки, кондукторные платы и т.д.) используют сравнительно мало и перестают употреблять раньше физического износа.

УСП собираются из стандартных, закаленных деталей и сборочных единиц для различных видов механической обработки (токарной, фрезерной, сверлильной и др.), сварки, сборки и контроля. После использования приспособление разбирают на отдельные элементы, из которых затем многократно собирают другие приспособления. В этом заключается материально–организационная сущность УСП. На рис.1.6 показано УСП для сверления отверстий в планке. Система УСП позволяет изготовить приспособление для обработки или контроля детали в течение 1 – 3 ч (в среднем), поэтому способствуют созданию скоростной подготовки производства и быстрому изготовлению приборов с минимальными материальными затратами на технологическую подготовку.

Специализированные наладочные приспособления (СНП). Их комплектуют из ряда сборочных единиц, позволяющих собирать приспособления, в которых можно обрабатывать заготовки родственных конфигураций, при небольших переналадках приспособлений, а также дополнять имеющиеся приспособления определенными сборочными единицами, например, гидроприводом.

Системы СРП, УНП, УСП и СНП занимают промежуточное

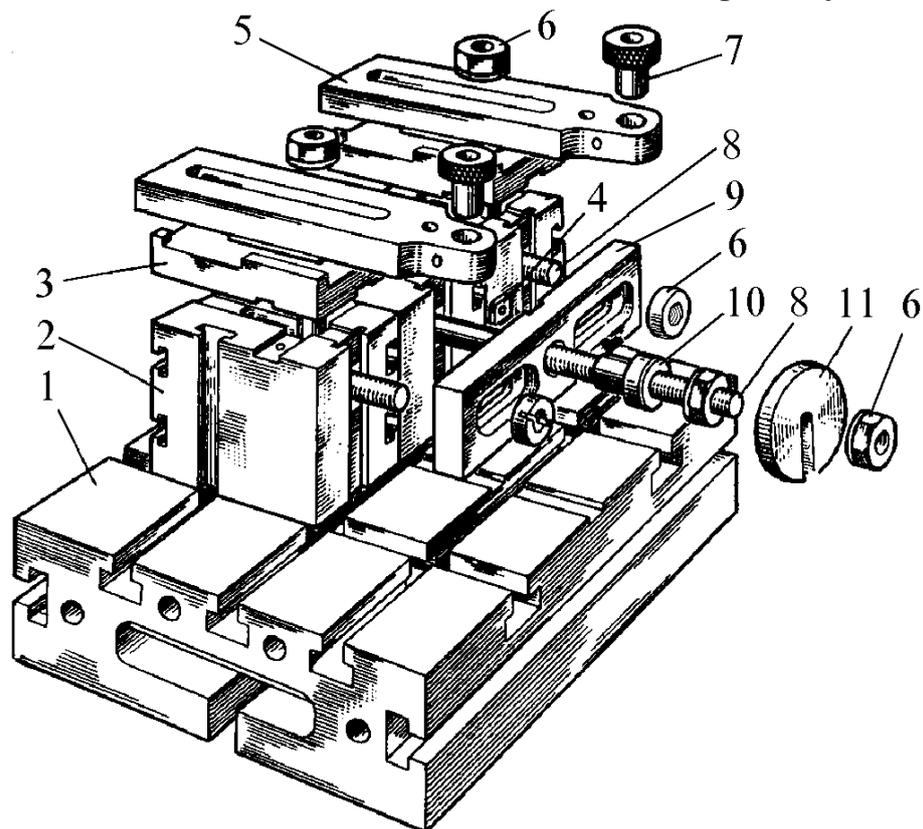


Рис. 1.6. Внешний вид универсально-сборного приспособления для сверления отверстий: базовая плата; 2 - опора; 3 - направляющая опора; 4 - шпонка; 5 - кондукторная планка; 6 - гайка; 7 - кондукторная втулка; 8 - болт; 9 - опорная планка; 10 - установочный палец; 11 - быстро-съемная шайба

положение между неразборными и универсально-безналадочными приспособлениями, совмещая преимущества тех и других и исключая недостатки. В хорошо организованном производстве следует применять те виды приспособлений, которые обеспечивают наибольшую точность, экономичность, маневренность и производительность труда.

Специальные приспособления обеспечивают обработку детали с точностью до 4 -го качества в течение длительного времени; сборно–разборные и универсально–наладочные – обработку деталей с точностью до 6-го качества менее длительное время, чем специальные; универсально-сборочные – обработку с точностью до 8-го качества, причем после обработки 200 – 250 деталей приспособления необходимо подналадивать.

Большая точность обработки обеспечивается применением не только спецприспособлений, но и особо точного оборудования, располагаемого в термokonстантных помещениях, очень точных высококачественных инструментов, обслуживаемых высококвалифицированными рабочими.

Любое приспособление нужно проектировать и собирать так, чтобы было выдержано условие обеспечения точности изготовления, надежности закрепления заготовки и экономичности использования. Конструкция приспособления должна обеспечивать безопасность рабочего и удобство использования в течение всего рабочего времени. Необходимо предусмотреть возможность удобной и безопасной очистки приспособления от стружки и смазочно–охлаждающей жидкости.

Технолог должен стремиться к наименьшему использованию покупной технологической оснастки, чтобы не загружать инструментальный цех завода. Рациональность выбранной для процесса изготовления изделия оснастки должна подтверждаться коэффициентом специализированного производства технологической оснастки, превышающим или равным по уровню ЕСТПП:

$$K_{\text{с.п.о.}} = Q_{\text{с.п.о.}} / Q_{\text{о.о.}}; \quad K_{\text{с.п.о.}} \geq 0,6, \quad (1.41)$$

где $Q_{\text{с.п.о.}}$ – общее количество типоразмеров оснастки, применяемой в технологическом процессе, полученной со специализированных предприятий, изготавливающих оснастку, шт.; $Q_{\text{о.о.}}$ – общее количество типоразмеров оснастки, применяемых в техпроцессе изготовления изделия, шт.

При выборе приспособлений особое значение имеют расчет погрешностей установки и выбор установочной базы, которая должна совпадать с исходной. Тогда можно достичь наименьшей погрешности обработки, так как погрешность установки будет сведена к нулю. В качестве установочных поверхностей следует принимать наиболее точно обработанные.

Заготовки деталей, полученные литьем, горячей штамповкой и другими методами, при первой операции механической обработки не имеют точных поверхностей. В этом случае используют необработанную поверхность, называемую *черновой базой*. При выборе черновой базы следует придерживаться следующих правил:

а) если обработке подлежат не все поверхности детали, то в качестве черновой базы принимают обычно необрабатываемые поверхности;

б) при обработке всех поверхностей детали за базовые принимают те поверхности, которые имеют наименьший припуск;

в) необходимо отдавать предпочтение наиболее чистым поверхностям без следов литников или выпоров.

Черновую базу после первой операции заменяют чистой, поэтому при первой операции необходимо обработать те поверхности, которые при дальнейших операциях будут использованы в качестве базовых.

Переход от одной базы к другой увеличивает общую погрешность установки. Поэтому при выборе установочной базы следует стремиться, чтобы выбранные один раз базовые поверхности были использованы и при последующих операциях.

Основной составной частью погрешности установки Δ_y является погрешность базирования, которая в значительной мере определяет суммарную погрешность обработки.

Погрешностью базирования называют погрешность, вызываемую изменениями положения исходной базы, при данном способе установки, вследствие рассеивания базисных размеров.

Базисными размерами называют размеры заготовки, от которых зависит положение исходной базы при установке детали при обработке.

Примем для упрощения основные погрешности, составляющие суммарную погрешность обработки: Δ_p – рассеивание размеров в зависимости от вида обработки; для случая закона нормального распределения оно может быть принято равным 6σ ; Δ_n – погрешность настройки; Δ_y – погрешность установки.

Рассмотрев сущность трех основных погрешностей: Δ_p , Δ_y и Δ_n , с которыми приходится иметь дело, можно принять, что две погрешности:

Δ_p и Δ_y – погрешности случайного характера, а третья (обычно можно принять $\Delta_n = \text{const}$) погрешность постоянная, систематическая.

Основной задачей при расчете точности является обеспечение допуска δ , заданного чертежом.

Для этого необходимо соблюдение неравенства

$$\delta \geq \Delta_H + \sqrt{k_p^2 \Delta_p^2 + k_y^2 \Delta_y^2}, \quad (1.42)$$

где k_p и k_y – коэффициенты, зависящие от закона распределения погрешностей. Для закона Гаусса они равны единице.

Решая это неравенство, имеем

$$\Delta_y \leq \sqrt{\delta^2 - \Delta_H^2 - k_p^2 \Delta_p^2} / k_y. \quad (1.43)$$

Так как при обработке на станках, настроенных на автоматическое получение заданных размеров, погрешности при определенных условиях можно принять подчиняющимися закону нормального распределения, то

$$\Delta_y \leq \sqrt{\delta^2 - \Delta_H^2 - \Delta_p^2}. \quad (1.44)$$

Оценка выбранного способа базирования заключается в определении фактической погрешности $\Delta_{y,ф}$ при выбранной установочной базе и сравнении ее с допустимой погрешностью установки Δ_y , определяемой по неравенству (2.44). Очевидно, что $\Delta_{y,ф} \leq \Delta_y$.

При выборе приспособления необходимо иметь в виду возможность использования универсальных приспособлений, прежде чем решить проектировать специальную конструкцию приспособления.

В основу выбора приспособления для данной операции должна быть положена экономичность изготовления деталей с использованием специальных приспособлений.

Выбор рабочего инструмента. Выбор рабочего инструмента рассмотрен на примере обработки на металлорежущих станках.

Процесс резания должен выполняться в наикратчайшее время, при этом должны быть соблюдены заданные чертежом точность размеров и чистота обрабатываемых поверхностей.

Решающим фактором для повышения производительности является скорость резания, которая в свою очередь зависит от

стойкости режущего инструмента, т.е. продолжительности в минутах работы инструмента между переточками.

Следовательно, при выборе режущего инструмента необходимо учитывать:

- материал инструмента - пластины из быстрорежущей стали, металло- керамических и твердых сплавов, алмазный режущий инструмент, различные по характеристике шлифовальные круги;

- материал детали и его физическое состояние;

- оптимальные геометрические параметры рабочей части режущего инструмента, т.е. его углы заточки (передний и задний, в плане, наклона режущей кромки), с учетом обрабатываемого материала и материала режущего инструмента.

Способы обработки металлов - точение, сверление, растачивание, фрезерование, подтягивание и др. - отличаются особенностями режущих инструментов и применяемых станков, но фактическая сущность процесса резания остается постоянной и является для всех способов общей. В связи с этим различают нормализованный и специальный режущий инструмент.

Нормализованный режущий инструмент применяют тогда, когда обработку производят инструментом, конструкция и размеры которого утверждены ГОСТом, ОСТом или имеются в нормалях промышленности. При проектировании технологических процессов нормализованный инструмент, как наиболее простой и дешевый.

Специальный режущий инструмент применяют в тех случаях, когда обработка нормализованным инструментом невозможна или малопроизводительна. Специальный инструмент обычно изготавливают небольшими партиями в инструментальном цехе предприятия, а поэтому стоимость его выше нормализованного. Комбинированный режущий инструмент - разновидность специального. Он представляет собой соединение нескольких однотипных или различных режущих инструментов. Комбинированным инструментом возможна одновременная обработка нескольких поверхностей.

При выборе типа и конструкции режущего инструмента учитывают характер производства, тип станка, метод обработки - размер и конфигурацию обрабатываемой детали, качество поверхности, точность обработки, материал обрабатываемой детали и режущего инструмента.

Выбор измерительного инструмента и контрольных приспособлений.

Под средствами измерения понимают устройства, при помощи которых сравнивают измеряемую величину с единицей измерения.

Основные требования, предъявляемые к средствам измерения, - это точность, производительность и стоимость.

Выбор средств измерения зависит от сложности формы контролируемой детали, сборочной единицы, от характера измеряемых параметров и типа производства. Рост производительности труда и высокая точность изготовления создают условия, при которых субъективный контроль, основанный на личном опыте и личных способностях человека с его несовершенными органами чувств, становится тормозом дальнейшего развития производства. Преодолеть его возможно только механизировав и автоматизировав контрольно-измерительные операции. Необходимость механизации и автоматизации процессов контроля и измерения определяются еще и тем, что в условиях растущих масштабов производства с особенной остротой возникает задача предупреждения брака. При современных формах организации дифференцированного производства самый факт отбраковки негодной детали или сборочной единицы создает опасность срыва выпуска готовых изделий со сборки. Эта опасность усугубляется возможностью выявления на сборке скрытого брака. Поэтому необходим такой контроль, который не только регистрировал бы фактические результаты производственного процесса, но и воздействовал бы на его ход, регулировал производственный процесс в заданном технологией режиме.

Наряду с этим остается в силе задача дальнейшей интенсификации процессов за счет дальнейшего совершенствования конструкции средств измерения. В настоящее время существуют две основные формы осуществления контроля деталей, обрабатываемых на станках: пассивная и активная.

Пассивную форму контроля применяют для контроля готовых деталей. Она оправдывает себя в условиях нестабильного технологического процесса, когда возможны случаи возникновения аварийного (статически неопределимого) брака, или в условиях особой трудоемкости контрольных операций. Форму пассивного контроля готовых деталей применяют тогда, когда нет надобности в рассортировке их на группы размеров.

Таким образом, операции пассивного контроля оторваны от операций обработки деталей, и поэтому результаты измерений не могут быть использованы непосредственно для воздействия на производственный процесс.

Способ пассивного контроля – это способ фиксации брака, и поэтому его нельзя считать прогрессивным способом.

Однако в настоящее время пассивная форма контроля имеет еще широкое применение. Переход от пассивной формы к более прогрессивной форме активного контроля связан с развитием техники и методов измерений.

В пассивной форме контроля диаметральные и аксиальные размеры деталей измеряют в опытном и единичном производстве универсальным инструментом; в серийном и массовом - предельными калибрами (пробки, скобы, шаблоны).

В отличие от пассивного контроля деталей после их изготовления контроль деталей в процессе обработки называют активным. Наиболее низкая степень автоматизации активного контроля - непрерывное измерение детали в процессе обработки с помощью какого-либо показывающего прибора, например, индикатора. В этом случае рабочий не производит пробных измерений, а следит за показаниями прибора и выключает станок по достижении заданного размера. Более высокая степень автоматизации активной формы контроля - управление рабочими органами станка по результатам измерения. Таким образом, активный контроль направлен к профилактике (предупреждению) брака и поэтому является прогрессивным способом.

В настоящее время идет интенсивное совершенствование методов и средств активного контроля.

Учитывая специфические требования к приборам, необходимо вводить в технологический процесс значительное количество контрольных операций и оснащать их не только универсально-измерительным инструментом и определенными калибрами, но и контрольными приспособлениями.

Использование контрольных приспособлений обеспечивает объективность контроля, значительно сокращает время, идущее на выполнение контрольных операций. Так, часовая производительность контроля при измерении в трех сечениях валика диаметром $40_{-0,05}$ и длиной 200 мм приведена ниже:

Скоба предельная.....	300
Приспособление с индикатором.....	400
Приспособление с электрическим измерительным устройством электрокон- тактного действия (светофорного типа).....	1000

Контрольные приспособления используют для производственного контроля при выполнении контрольных операций в заготовительных,

механических и сборочных цехах серийного и массового производства. Конструктивное оформление их весьма разнообразно, часто бывает сложным и характеризуется высокой точностью.

В выборе (проектировании) приспособления для контроля данного параметра детали (сборочной единицы) должен быть учтен экономический фактор, т.е. эффективность применения проектируемого приспособления.

1.4. Технологические методы повышения производительности труда

Для выявления технологических методов повышения производительности труда проанализируем структуру штучного калькуляционного времени выполнения операции $t_{ш.к.}$.

$$t_{ш.к.} = (t_{п.з.} / N_{пар}) + t_o + t_v + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{п}, \quad (1.45)$$

где $t_{п.з.}$ - подготовительно–заключительное время; $N_{пар}$ – общее количество деталей в партии; t_o – основное (технологическое время); t_v – вспомогательное время; $t_{т.о}$ – время технического обслуживания оборудования; $t_{о.о}$ - время организационного обслуживания оборудования; $t_{п}$ - время перерывов в работе.

Подготовительно–заключительное время затрачивается рабочим на ознакомление с чертежом, подготовку и наладку оборудования, приспособлений и инструмента, снятие и сдачу приспособлений и инструмента после окончания работы и сдачу выполненной работы. В серийном производстве при периодически повторяющихся операциях, а также на переналаживаемых групповых и автоматических станочных линиях $t_{п.з.}$ затрачивается в основном на наладку оборудования. Это время зависит от оборудования, на котором выполняется работа, характера выполняемой работы, степени сложности наладки и не зависит от размера партий. Основное технологическое время – время непосредственного изменения состояния обрабатываемой детали, т.е. изменения электрических и физических свойств, размеров, конфигурации детали и качества поверхности. Например, основное время избирательного травления фольгированного диэлектрика равно произведению толщины фольги $h_{ф}$ на скорость травления $V_{т}$, т.е. $t_o = h_{ф} V_{т}$, а при станочной обработке резанием $t_o = L_i / S$, где L –

расчетная длина рабочего хода, мм; i – число рабочих ходов для выполнения перехода;

S – минутная подача инструмента, мм/мин.

Вспомогательное время охватывает действия, сопровождающие выполнение основной работы. Оно включает время на установку, закрепление, открепление и снятие обрабатываемой детали, управление механизмами, оборудованием, подвод и отвод детали с приспособлением в рабочую зону оборудования. Вспомогательное время на выполнение перечисленных действий, устанавливается по нормативам вспомогательного времени. Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем $t_{оп}$. Нормируется та часть $t_{в}$, которая не перекрывается основным временем.

Время технического обслуживания затрачивается на восстановление концентрации электролитов при гальванических операциях, на замену износившегося режущего инструмента и последующую регулировку оборудования на выполняемый размер при операциях механической обработки и другие подобные работы, конкретное содержание которых зависит от методов обработки, реализуемых при выполнении технологических операций. Время организационного обслуживания рабочего места включает в себя затраты времени на подготовку рабочего места к началу работы, уборку рабочего времени в конце смены, смазку и чистку оборудования и другие аналогичные действия в течение смены. Время перерывов в работе учитывает время на кратковременный отдых и естественные потребности рабочего.

Повышение производительности труда на рабочем месте достигается уменьшением $t_{ш.к}$. Это уменьшение может быть достигнуто уменьшением любой из составляющих $t_{ш.к}$, кроме последней, или перекрыванием их основным временем $t_{о}$, а также увеличением $N_{пар}$. Уменьшение $t_{ш.к}$ возможно двумя путями: совмещением переходов операции во времени (одновременным их выполнением) и изменением режимов обработки, предельное значение которых оговаривается возможностями оборудования и инструмента или особенностями протекания физико-химических процессов при обработке. Например, сокращение времени термической обработки пластин магнитопроводов после их шихтовки не позволяет полностью восстановить магнитные свойства материалов пластин, а следовательно, вместо годных деталей получают брак. При обработке резанием чрезмерная интенсификация режимов, в первую очередь скорости резания, вызывает увеличение скорости износа инструмента, что

вызывает возрастание другой составляющей $t_{т.о}$ и в общем не уменьшает $t_{ш.к}$.

При штамповке деталей увеличение скорости хода ползунов процесс ведет к необоснованно большому расходу энергии в приводе главного двигателя и к быстрому износу штампов. По всем этим причинам рациональное уменьшение t_o возможно при замене существующего оборудования, возрастанием скорости холостых ходов и совмещением выполнения вспомогательных движений и действий с временем изменения состояния обрабатываемой детали. Значительное сокращение этих составляющих достигается в серийном производстве при использовании оборудования с ЧПУ, промышленных роботов, настройки инструментальных блоков на размер вне оборудования, а в массовом производстве – при использовании автоматических линий оборудования и активного контроля качества деталей во время изготовления.

Уменьшение $t_{о.о}$ достигается мероприятиями, относящимися к совершенствованию организации труда в производственном подразделении.

1.5. Экономические критерии выбора варианта технологического процесса изготовления детали

При разработке ТП всегда можно создать несколько вариантов, в равной степени обеспечивающих выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление детали. Этому способствует наличие большого разнообразия методов обработки и типов оборудования. Из технически равноценных вариантов ТП изготовления деталей выбирают один, при реализации которого сумма текущих и капитальных затрат, отнесенных на единицу продукции, будет минимальной. При этом учитывают только те слагаемые суммы затрат, которые изменяются для разных вариантов ТП. Такими слагаемыми для определенных операций являются: заработная плата C_{zi} операторам и наладчикам (основная и дополнительная) с начислениями на соцстрах, расходы по содержанию оборудования и производственных площадей $C_{ч.з.и}$, удельные часовые капитальные вложения в оборудование $K_{с.и}$ и здания $K_{з.и}$. Сумма этих затрат, отнесенных к часу работы оборудования с учетом коэффициента одновременного обслуживания M и нормативного коэффициента экономической эффективности капитальных вложений E_n , называют приведенными часовыми затратами и вычисляют по формуле

$$C_{п.з.i} = C_{з.i} / M + C_{ч.з.i} + E_n (K_{с.i} + K_{з.i}). \quad (1.46)$$

Стоимость выполнения отдельной операции без учета стоимости получения заготовки равна

$$C_{о.i} = C_{ч.з.i} t_{ш.к}. \quad (1.47)$$

Переменная доля затрат на выполнение всего ТП в значительной мере зависит от метода получения заготовки. Не всегда низкая стоимость заготовки снижает общие затраты. Например, при изготовлении достаточно большой партии металлических корпусов разъемов из проката увеличивается количество операций обработки резанием и общая стоимость выполнения ТП возрастает. А при использовании более дорогой заготовки, полученной литьем под давлением, часть операций механической обработки, выполняемых при первом варианте не выполняется, так как отпала в них необходимость и общая стоимость изготовления детали уменьшается.

Стоимость заготовки C_m представляют выражением

$$C_m = (C_{м.б.} / 1000) Q k_T k_c k_B k_M k_{II} - (Q_{отх} - q)(C_{отх} / 1000), \quad (1.48)$$

где $C_{м.б.}$ – базовая стоимость единицы массы (кг, т) заготовок в зависимости от метода их получения и группы материала; $k_T k_c k_B k_M k_{II}$ – коэффициенты, учитывающие точность размеров, группу сложности формы, массу, марку материала и объем производства заготовки; Q – масса заготовки; q – масса готовой детали; $C_{отх}$ – стоимость тонны реализуемых отходов.

Переменная доля затрат на выполнение ТП изготовления детали с учетом (1.46) и (1.47) равна

$$C_o = C_m + \sum_{i=1}^n C_{oi}, \quad (1.49)$$

где n – количество операций в составе ТП. Выбирают тот вариант ТП, у которого C_o минимальна.

1.6. Технологические мероприятия по экономии материалов, энергии, снижению трудоемкости и себестоимости, улучшению санитарных условий труда и охране окружающей среды

Экономия материалов при изготовлении деталей приборов осуществляется:

- отработкой деталей на технологичность с целью снижения их массы (например, уменьшением толщины стенок и введением ребер жесткости);
- выбором и использованием прогрессивных методов изготовления заготовок, позволяющих уменьшить припуски на последующую обработку или свести их к нулю (например, использованием литья металлов под давлением, ударной штамповки, специальных профилей);
- уменьшением невозвратных потерь материалов путем совершенствования уже освоенных технологических процессов (например, при изготовлении печатных плат из листового фольгированного диэлектрика замена травильного раствора из хлорного железа на травильный раствор из хлорной меди позволяет практически полностью регенерировать медь из отработанного раствора, и процесс регенерации практически оправдан);
- заметим, что регенерация меди из раствора хлорного железа сопряжена со значительными затратами и опасностями для обслуживающего персонала;
- использованием безотходной технологии (например, технологии порошковой металлургии для изготовления монолитных магнитопроводов из порошковых ферритов и магнитодиэлектриков).

Экономия электроэнергии достигается снижением энергоемкости технологических процессов путем использования энергоемких методов только в том случае, если другие, менее энергоемкие методы применены быть не могут; выбором менее энергоемкого технологического оснащения.

Снижение трудоемкости и себестоимости изготовления деталей осуществляется:

- отработкой конструкции детали на технологичность с использованием количественных показателей технологичности;
- структурной и параметрической оптимизацией технологического процесса с помощью ЭВМ;

- комплексной автоматизацией технологических процессов с применением робототехники и применения автоматизированных систем управления.

Улучшение санитарных условий труда, учитываемое при проектировании производственных участков и цехов, непосредственно связано с выбором методов обработки, планировкой участков и специальными мероприятиями по охране труда.

Для охраны окружающей среды от загрязнения ее отходами производства радикальными технологическими методами являются: создание полностью замкнутого технологического безотходного цикла (например, отработанный травильный раствор хлорной меди, получаемый как отход меди при изготовлении печатных плат, используют в том же агрегате для электролитического наращивания проводников и гальванической металлизации монтажных отверстий в платах; в результате не только экономится медь, но и не загрязняется окружающая среда); создание очистных сооружений, позволяющих многократно использовать одни и те же объемы воды и воздуха в производственных целях.

1.7. Технологическая подготовка сборочного производства в точном приборостроении

Технологическая подготовка сборочного производства является частью технологической подготовки производства изделия в целом и включает следующие работы:

А. Проектирование технологического процесса сборки, состоящего из следующих этапов:

1. Определение сборочного состава изделия.
2. Выбор организационной формы сборки.
3. Выбор метода сборки.
4. Разработка технологического маршрута.
5. Подбор оборудования.
6. Выбор нормальной и создание специальной технологической оснастки.
7. Выбор вспомогательных материалов.
8. Установление режимов выполнения операций.
9. Определение разряда работы.
10. Разработка норм времени.
11. Оформление технологической документации.

Б. Разработка системы контроля.

В. Освоение технологического процесса.

Г. Составление нормативов трудовых затрат и расхода материалов.

1.7.1. Проектирование технологического процесса сборки

Исходные данные

1. Конструкторские документы на изделие.
2. Технические условия (ТУ).
3. Годовая программа выпуска или размер партии.
4. Руководящий технический материал (РТМ).

Основным конструкторским документом является сборочный чертеж: документ, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки и контроля.

Для электрических и электронных приборов в качестве основного конструкторского документа используют принципиальные электрические схемы, схемы соединений, электромонтажные схемы.

Кроме сборочного чертежа и схем, необходимо иметь спецификацию, таблицу проводов и другие конструкторские документы, разъясняющие устройство прибора, особенности сборки и регулировку.

В *технических условиях* содержатся следующие данные: назначение изделия, условия эксплуатации, технические требования, контроль, параметры контроля, методы и средства контроля, условия годности, периодичность контроля, условия приемки, маркировка, упаковка, хранение, транспортировка, особенности выполнения отдельных сборочных операций.

Годовая программа выпуска определяет темп производства

$$t = \frac{60F}{N}, \quad (1.50)$$

где F — годовой фонд рабочего времени в часах, при односменной работе $F = 2070$ ч, при двухсменной работе $F = 4140$ ч; N — годовая программа выпуска изделия; t — темп в минутах.

Темп, в свою очередь, определяет тип производства. Если темп превосходит среднюю длительность операций, т.е. $t > t_{шт(ср.)}$, то производство относится к мелкосерийному или единичному.

Если темп равен или меньше средней продолжительности операций, т.е. $t < t_{шт (ср.)}$, то производство относится к крупносерийному или массовому, где сборка ведется на потоке.

В условиях опытного производства вместо годовой программы выпуска устанавливается размер опытной партии и срок выпуска партии.

В зависимости от годовой программы выпуска или размера партии меняется не только содержание технологического процесса, но и детальность его разработки.

Основными *руководящими материалами* РТМ являются ГОСТы, ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП, кроме того, сюда относятся стандарты и нормалы на инструмент и приспособления, каталоги на оборудование, нормативы по режимам обработки и нормам времени, справочники по допускам и посадкам. К РТМ также относятся материалы, характеризующие технические и технологические возможности производства, на котором предполагается выпуск изделия.

Последовательность разработки

Разработка единичного (индивидуального) технологического процесса сборки ведется в следующем порядке.

– На основе анализа конструкторских документов устанавливается сборочный состав изделия. Изделие расчленяется на сборочные единицы, определяются источники комплектования элементов, выделяются базовые детали. Затем составляется схема сборочного состава (рис. 1.6). На схеме показаны элементы, входящие в состав изделия, и основные этапы (ступени) сборки.

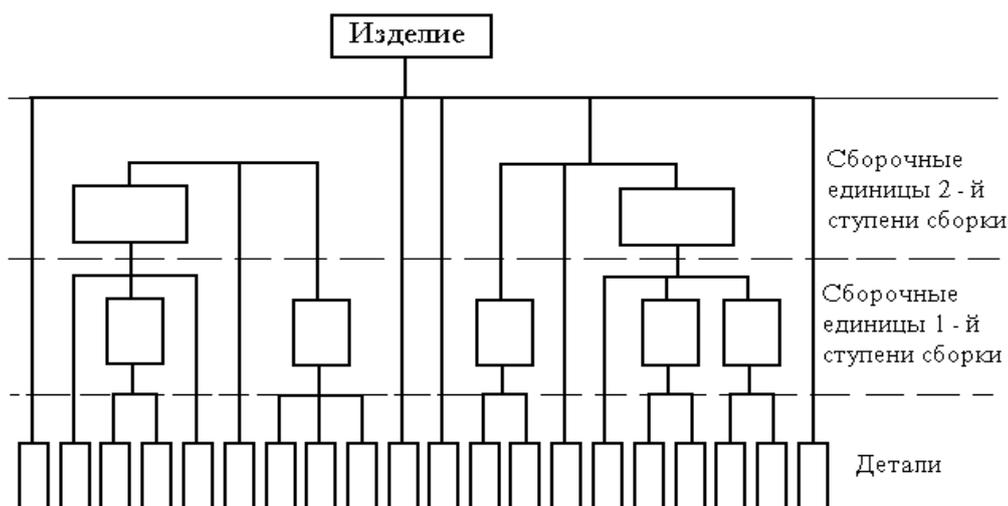


Рис. 1.7. Схема сборочного состава изделия

В геометрических фигурах указывается источник поступления элементов и сроки готовности различных ступеней сборки и изделия в целом. Схема имеет важное значение для дальнейшей разработки технологического процесса, ее можно использовать в качестве диспетчерского документа, по которому удобно следить за процессом производства изделия и принимать необходимые меры, если готовность тех или иных элементов не соответствует графику.

В то же время схема сборочного состава не дает представления о последовательности сборки и способах обеспечения соединений. Последовательность сборки, способы обеспечения соединений, периодичность и содержание процесса регулировки, испытаний и контроля дает технологическая схема сборки.

Такая схема может быть использована на рабочем месте сборщика как иллюстрация к технологической карте сборки.

– Выбор организационной формы сборки осуществляется с учетом конструктивных особенностей изделия, годовой программы выпуска, условий взаимозаменяемости и др.

– Выбор метода сборки производится исходя из требований взаимозаменяемости, принятой организационной формы сборки и ступени сборки.

– Разработка технологического маршрута предусматривает установление перечня, количества и содержания операций, а также последовательности их выполнения.

Перечень операций определяется исходя из конструктивных особенностей сборочной единицы, т.е., исходя из видов элементов, входящих в состав изделия и видов связей, а также с учетом видов соединений, применяемых в сборочной единице. Количество операций зависит от конструкции изделия, от типа производства и принятой организационной формы сборки.

Для поточного производства характерна дифференциация технологического процесса, т.е. уменьшение объема работы в каждой операции и соответственно увеличение общего количества операций.

Для мелкосерийного производства характерно укрупнение операций по объему и соответствующее уменьшение их числа.

Последовательность выполнения операций, прежде всего, зависит от конструкции сборочной единицы, возможности расчленения изделия на отдельные узлы, последовательности узловых сборки и общей сборки изделия.

Следует учитывать, что сборка точных приборов, особенно в условиях мелкосерийного производства обычно проводится в два или

три этапа: предварительная, получистовая и окончательная. Предварительная и получистовая сборка выполняется на временных стопорных винтах с последующей регулировкой и доводкой, а затем, после разборки и промывки, производится окончательная сборка с установкой штифтов.

При определенных условиях на последовательность выполнения операций влияет принятая организационная форма сборки: при сборке на потоке технологический процесс расчленяется на операции так, чтобы время выполнения каждой операции было равно или кратно темпу выпуска изделий и, наконец, каждая последующая операция должна быть логическим продолжением предыдущей.

Содержание операции должно раскрывать способ установки сборочной единицы на рабочем месте, содержание переходов, последовательность их выполнения.

– Оборудование рабочего места выбирается в соответствии с назначением сборочной операции. Большинство сборочных операций выполняется на сборочном верстаке или монтажном столе, оборудованных всем необходимым для хранения и удобного пользования рабочим инструментом.

– Технологическая оснастка включает в себя рабочий и мерительный инструмент, рабочие и контрольные приспособления. Сначала подбирается нормализованная технологическая оснастка и, если она не обеспечивает выполнения работы или не обеспечивает необходимой производительности, проектируется и создается специальный инструмент и специальные приспособления, которые пригодны только для выполнения определенной работы на определенном рабочем месте.

– Для выполнения сборочных операций необходимо подобрать вспомогательный материал, который не входит в спецификацию, но необходим для выполнения сборки (материалы для промывки и сушки деталей, припой, флюс, клей и т.п.).

– Режим работы устанавливается для операций, качество выполнения которых зависит от определенной температуры, давления и продолжительности. К таким операциям можно отнести склеивание, пропитку, опрессовку пластмассой и др. режимы работы подбирают по нормативам, исходя из конкретных условий.

– Разряд работы определяется по соответствующим нормативам, разработанным для различных видов работ. Разряд устанавливается для операции в целом и с ориентацией на наиболее сложный переход. Для

концентрированных операций разряд работы, как правило, выше по сравнению с дифференцированными операциями.

– Нормирование слесарно–сборочных работ (особенно в условиях мелкосерийного производства) представляет большую трудность. В то же время большинство сборочных работ может быть сведено к ограниченному перечню рабочих приемов: завернуть винт, установить штифт, закрепить электроэлемент на плате, паять проводник и т.д. На эти элементы сборки разработаны нормативные материалы применительно к определенному типу изделий и к конкретным условиям производства. Эти нормативы служат основанием для разработки норм времени на отдельные рабочие приемы, технологические переходы и операции в целом. Степень укрупнения норм времени определяется типом производства. Для крупносерийного и массового производства применяются более дифференцированные нормы, а для мелкосерийного и единичного – более концентрированные. В условиях крупносерийного и массового производства нормирование сборочных работ ведется расчетным методом.

– Оформление технологической документации. Перечень технологической документации на сборочные, слесарно–сборочные и электромонтажные работы, а также порядок ее оформления регламентированы ГОСТ 3.1407–74 ЕСТД. К технологическим документам относятся:

Маршрутная карта технологического процесса сборочных, слесарно–сборочных и электромонтажных работ. Карта предназначена для описания технологического процесса по операциям в технологической последовательности. Является основным технологическим документом.

Комплектовочная карта. Карта предназначена для записи данных о деталях, сборочных единицах и покупных изделиях, входящих в комплект собираемой единицы. Составляется на основании спецификации сборочной единицы и технологического процесса.

Ведомость материалов. Ведомость составляется на материалы, применяемые при выполнении технологического процесса изготовления изделия. Запись данных о материалах производится в технологической последовательности выполнения операции.

Операционная карта технологического процесса сборки, слесарно–сборочных и электромонтажных работ. Карта предназначена

для описания операции по переходам в технологической последовательности с указанием методов и приемов выполнения, режима сборки, технологической оснастки и перечня устанавливаемых элементов.

Эскизно–операционные технологические карты предусмотрены отраслевыми стандартами. Они разработаны на основе ГОСТ операционной технологической карты. Эта карта содержит подробный и четкий эскиз выполнения операции и краткое описание работы. Эскиз данной операции должен разъяснять, какие сборочные элементы должны устанавливаться, каким образом осуществляется крепление деталей.

На эскизе должны быть показаны:

- базовая деталь в положении, соответствующем выполнению работы;
- детали и другие сборочные элементы, устанавливаемые только на данной операции, и способы крепления их;
- выноски, указывающие позиции входящих элементов согласно спецификации.

Ранее выполненные работы на эскизах не показываются. Для ускорения вычерчивания эскизов рекомендуется для наиболее распространенных деталей делать трафареты. Кроме эскиза в карте должны быть сведения о порядке выполнения работы, режимах сборки, технологической оснастке и перечень сборочных элементов, устанавливаемых на данной операции.

Такие карты способствуют повышению качества сборки, не требуется обязательное наличие на рабочем месте сборочных чертежей и схем.

Технологические документы на спроектированный технологический процесс после соответствующей проверки утверждаются ответственными за эту работу лицами: главным технологом, главным инженером и др., и изменение их без соответствующего согласования запрещается.

Спроектированный технологический процесс должен обеспечивать:

1. Высокое качество собираемых изделий.
2. Установленное количество изготавливаемых изделий в соответствии с размерами партии или годовой программой выпуска.

3. Выпуск изделия на минимальных производственных площадях.
4. Использование современных методов сборки и монтажа.
5. Минимальные капитальные затраты.
7. Охрану труда.
8. Наименьшую себестоимость выпускаемой продукции.

1.7.3. Разработка системы контроля

Под системой контроля понимают комплекс организационных и технических мероприятий, исключающих выпуск изделий, не отвечающих требованиям технических условий.

Система контроля разрабатывается технологической службой на базе конструкторской документации, технологических условий и технологического процесса сборки и согласовывается со службой технического контроля и представителями заказчика.

При этом устанавливаются:

1. Параметры контроля.
2. Последовательность выполнения контрольных операций.
3. Средства контроля.
4. Виды контроля.
5. Методы и способы контроля.
6. Оформление документации технического контроля и др.

Существует два основных направления контроля.

Статистический контроль, фиксирующий качество выпускаемых изделий.

Профилактический контроль предусматривает проверки, предупреждающие выпуск бракованной продукции. К ним относят:

1. Входной контроль деталей и других элементов, поступающих на сборку.
2. Пооперационный контроль сборочной единицы, что дает выявить стадии сборки, на которых образуется брак.
3. Контроль технологической оснастки на рабочих местах.
4. Контроль режимов выполнения операции, в том числе режимов естественных процессов.
5. Контроль за соблюдением технологической дисциплины.
6. Контроль конструкторской и технологической документации на соответствие ГОСТам, ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП.

7. Контроль санитарного состояния производственных помещений, что очень важно при сборке приборов высокой точности.
8. Санитарный контроль персонала сборочных цехов.
9. Система государственных поверок средств измерений.

Документация на процессы технического контроля регламентирована ГОСТ 3.1502 - 74. Она комплектуется по видам работ и прилагается к технологической документации как самостоятельный комплект. В состав документации входят операционные карты технологического контроля и ведомости технического контроля.

Операционная карта технического контроля предназначена для описания содержания и последовательности выполнения контрольных переходов, методов и приемов их выполнения, а также для описания необходимых средств контроля (инструментов, приспособлений, приборов).

Ведомость технического контроля предназначена для бестекстового, табличного оформления процессов технического контроля всех видов в случаях, когда для описания технологии контроля не требуется подробного изложения содержания контрольных операций и переходов.

1.7.3. Освоение технологического процесса

Методика освоения технологического процесса определяется типом производства, применительно к которому проектировался технологический процесс. В условиях крупносерийного и массового производства технологический процесс является основой проектирования производственных участков, цехов и предприятий в целом. На основе технологического процесса подбирается универсальное и создается специальное оборудование, подбирается нормализованная и создается специальная технологическая оснастка.

В соответствии с технологическим процессом размещается оборудование, решается вопрос о планировке помещений производственных подразделений, подбираются кадры производственных рабочих, решаются другие организационно-технические вопросы.

В условиях мелкосерийного производства технологический процесс проектируется применительно к существующему производству, т.е. новый технологический процесс осваивается на имеющихся рабочих местах и существующем оборудовании.

1.7.4. Составление нормативов трудовых затрат и расхода материала

На данном этапе технологической подготовки производится определение расценок на каждую операцию и на сборку всего изделия. Определяется стоимость вспомогательных материалов. Подсчитываются накладные расходы. Рассчитывается себестоимость сборки одного изделия и всей партии приборов. Рассчитывается потребность в приспособлениях, инструменте, в контрольно - измерительной аппаратуре, вспомогательных материалах на годовую программу или на партию изделия.

1.7.5. Ускорение технологической подготовки производства (УТПП)

Задача УТПП – ускорить выпуск изделий за счет сокращения сроков подготовки производства. Это особенно важно для современных приборов систем ориентации, стабилизации и навигации подвижных объектов и других приборов, относящихся к быстроразвивающейся отрасли техники и отличающихся большой сложностью и трудоемкостью. Длительные сроки подготовки производства могут привести к моральному старению только что созданных приборов. К основным мероприятиям, ускоряющим технологическую подготовку производства, относятся:

1. Создание технологичных изделий.
2. Максимальное совмещение конструкторского и технологического этапов подготовки производства.
3. Создание типовых процессов и групповых методов сборки.
4. Нормализация и унификация технологической оснастки.

Технологичность сборочной единицы – это совокупность конструкции сборочной единицы, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов, времени при технологической подготовке ее производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте, а также обеспечении технологичности изделия, в состав которого она входит (ГОСТ 18831 –73). Требования к технологичности сборочной единицы определены ГОСТ 14.203 –73. Сборочная единица удовлетворяет этим требованиям, если:

– расчленяется на большое количество сборочных единиц, сборка которых может осуществляться параллельно и независимо друг от друга;

- принятые виды соединений удобны для выполнения в конкретных условиях производства;
- сборка изделий позволяет применять прогрессивные высокопроизводительные методы выполнения работ;
- не требует сложного и дефицитного оборудования и технологической оснастки;
- не требует больших производственных площадей;
- не требует высококвалифицированных производственных рабочих;
- позволяет вести сборку на существующих рабочих местах с использованием имеющегося оборудования и технологической оснастки;
- обеспечивает наименьшую себестоимость выпускаемой продукции.

Все требования, характеризующие технологичность закладываются в процессе конструирования.

Совмещение периодов конструкторской разработки и технологической подготовки производства дает большой выигрыш во времени. В соответствии с ГОСТ 3.1101 – 70 ЕСТД предварительный проект технологического процесса разрабатывается на стадии эскизного и технического проекта. Но для приборов, отличающихся непрерывным конструктивным совершенствованием, технологическую подготовку производства можно начинать со стадии разработки технического предложения, когда будет определено принципиальное конструктивное решение отдельных узлов и всего изделия. На основании этого будут определены соответствующие виды производственных процессов, обеспечивающие изготовление отдельных узлов и изделия в целом. Это даст возможность разработать предложения о размещении технологического процесса, своевременно реконструировать существующие производственные подразделения, создать новые производственные подразделения на основе современной техники и технологии, подготовить предложение по кооперированным поставкам.

Участие технологов в процессе разработки конструкции создает условия не только для технологичных конструкций, но и для максимального совмещения конструкторского и технологического этапов подготовки производства.

К другим важным направлениям в ускорении технологической подготовки производства следует отнести:

1. Типизацию технологических процессов (ТПП). Под ТПП понимается создание типовых технологических процессов при сборке

близких по конструктивным признакам и по технологическому маршруту сборки изделий.

2. Групповые методы сборки. Сущность групповой сборки заключается в том, что при большом разнообразии сборочных единиц объединяются в группы такие сборочные единицы, которые требуют при сборке одного и того же оборудования, одинаковых приспособлений и рабочего инструмента, т.е. группы объединяются по единству технологических признаков; конструктивные признаки единства желательны, но не обязательны.

3. Нормализацию и унификацию технологической оснастки. Базой для разработки нормализованных и унифицированных приспособлений и инструмента являются, как правило, типовые технологические процессы и групповые методы сборки.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	3
1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗДЕЛИЯ И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТ	4
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СБОРОЧНОГО СОСТАВА	5
3 ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ФОРМЫ СБОРКИ И МЕТОДА СБОРКИ	6
4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ. КАРТА СБОРКИ	8
5 ВЫЯВЛЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА ИЛИ ЗВЕНА - КОМПЕНСАТОРА	10
6 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННОЙ И МАРШРУТНОЙ КАРТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАТУШКИ 11	
7 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ	12
8 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЯ КАК СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ	13
9 РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРКИ, РУГУЛИРОВКИ ИЛИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ	16
10 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПУЛЬТА ИЛИ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЯ	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	

ВВЕДЕНИЕ

При промышленном освоении каждого изделия (прибора) подготовка производства включает конструкторский, технологический и организационно-производственный этапы подготовки. Из них наиболее трудоемким и длительным является этап технологической подготовки.

Технологическая подготовка производства состоит из проектирования технологического процесса и технологического оснащения (приспособлений, инструмента), разработки технологии контроля и конструирования средств для его осуществления, разработки технических нормативов и спецификаций, необходимых для планирования производства.

Проектирование технологических процессов включает в себя:

1 Установление структуры процесса, выбор оборудования, приспособлений и инструментов;

2 Установление межоперационных размеров, обоснование заданной точности, определение норм времени, экономичности различных вариантов технологического процесса и т.д.;

3 оформление принятого технологического процесса в соответствующей документации.

В данном курсовом проекте необходимо определить сборочный состав узла, разработать технологический процесс сборки, технологический процесс изготовления одной детали, выбрать оборудование, оснастку, приспособления, вспомогательные материалы и инструменты, оценить технологичность узла и детали.

1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗДЕЛИЯ И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Датчики моментов постоянного или переменного токов используются для наложения на гироскоп коррекционных, разгрузочных, компенсационных противодействующих и испытательных моментов.

Конструкция и требования к датчикам определяются их назначением. Основным параметром датчика является крутизна его характеристики (отношение развиваемого момента к напряжению или току, поданному в его управляющие обмотки).

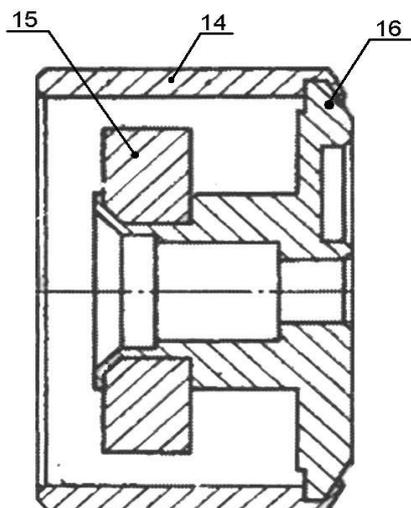
Датчики коррекционных моментов, называемые обычно коррекционными моторами, управляются каким-либо датчиком угла и накладывают коррекционный момент, заставляющий ось фигуры гироскопа прецессировать к какому – то определённом положению: к вертикали места, к горизонтальному положению или к положению, перпендикулярному плоскости наружной рамы. К датчикам такого типа не предъявляют строгих требований по стабильности крутизны, т.к. точность прихода оси гироскопа к заданному положению от нестабильности крутизны практически не зависит.

Для компенсации малых остаточных моментов помех, для обеспечения заданной скорости дрейфа прецизионных гироскопов необходимы датчики с крутизной, строго сохраняющей стабильность в заданном диапазоне моментов, температур, рабочих углов. Перечисленным требованиям наиболее полно удовлетворяют датчики магнитоэлектрического типа, построенные на взаимодействии постоянных токов в рамках с полем постоянных магнитов. Установка на подвижную или неподвижную часть прибора определяется конструктивными соображениями: сокращением количества токоподводов в подвижной системе и уменьшением момента инерции.

«ДАТЧИК МОМЕНТА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ДВУХПОЛЮСНЫМ МАГНИТОМ-РОТОРОМ» рисунок 1.

Ротор 2 датчика имеет двухполюсный магнит 15, магнитный поток которого замыкается по кольцевому ярму 14, выполненному из магнитомягкой стали Э12; корпус 16 выполнен из немагнитной стали 2Х18Н9. Крутизна датчика 73Н*М/А.

Ротор позиции 2 расчленен на сборочные единицы: магнит (поз. 15); корпус (поз. 16); ярмо (поз. 14).



На схеме сборочного состава (рисунок 2) показаны элементы, входящие в состав узла ротора. Ротор представляет собой сборочную единицу второй ступени сборки, её схема имеет большое значение для дальнейшей разработки технологического процесса, их можно использовать в качестве документа, по которому удобно следить за процессом производства изделия и принимать необходимые меры, если

ГОТОВНОСТЬ ТЕХ ИЛИ ИНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕ СООТВЕТСТВУЕТ ГРАФИКУ.

Рис. 1

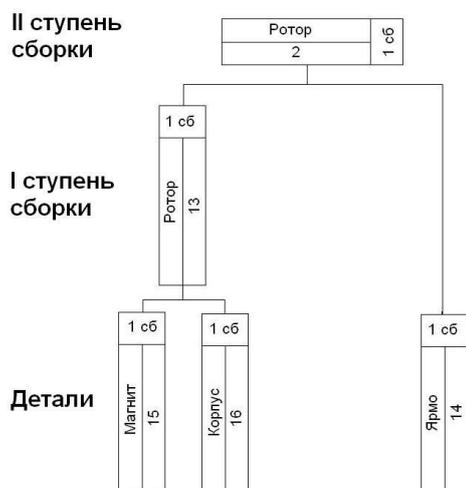


Рис.2. Схема сборочного состава ротора

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СБОРОЧНОГО СОСТАВА СТАТОРА

На основании анализа конструкторских документов устанавливается сборочный состав изделия. Изделие расчленяется на сборочные единицы, определяются источники комплектования элементов, выделяются базовые детали.

Для определения сборочного состава датчика момента была составлена схема веерного типа (рисунок 3).

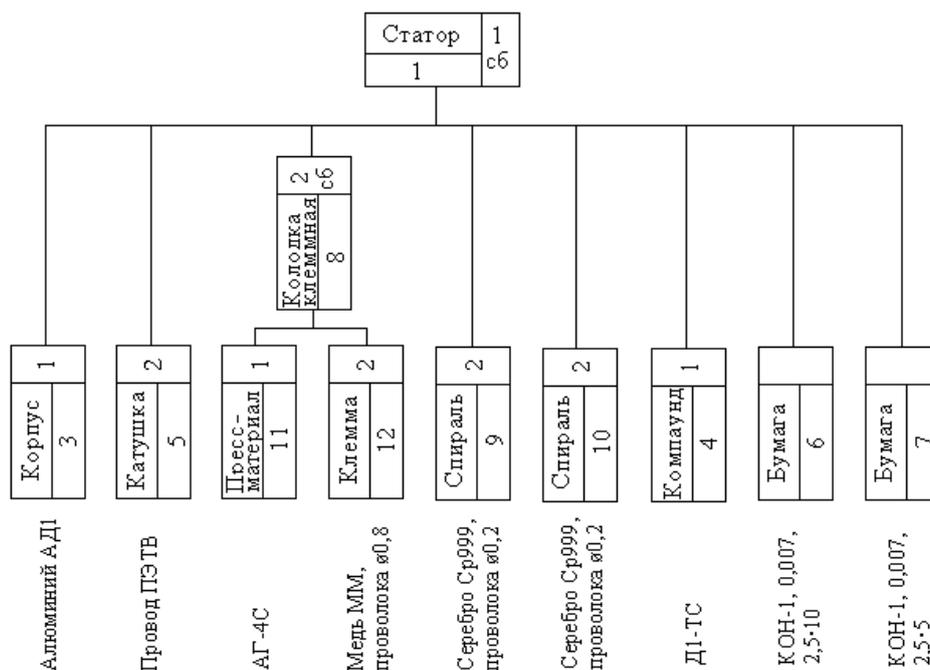


Рис. 3 Схема сборочного состава статора датчика момента

Статор датчик момента постоянного тока с двухполюсным магнитом – ротором является сборочной единицей и состоит из колодки клеммной (поз.8), корпуса (поз.3), катушки (поз.5), пресс – материала (поз.11), клеммы (поз.12), спирали (поз.9), спирали (поз.10), компаунда (поз.4), бумаги (поз.6), бумаги (поз.7). На схеме сборочного состава показаны элементы, входящие в состав статора, указаны материалы деталей и основные этапы (ступени) сборки.

Выбор организационной формы сборки и метода сборки

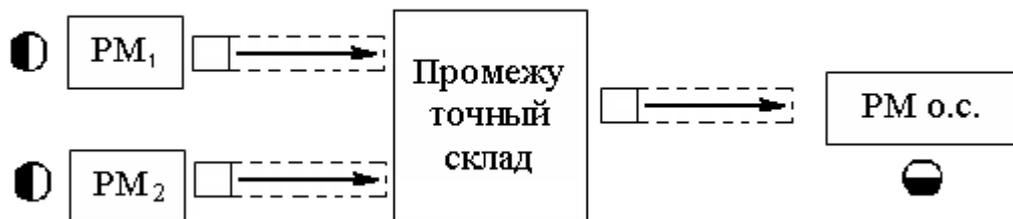
Выбор организационной формы сборки зависит от серийности производства и от сложности конструкции. Различают стационарную и подвижную сборку. В свою очередь, стационарная сборка может быть поточной и непоточной.

Непоточная сборка выполняется по принципу концентрации и частичной дифференциации. В первом случае сборочный процесс выполняется одним или несколькими рабочими на одном сборочном посту. Такая форма сборки применяется в единичном и опытном производствах. Во втором случае сборочный процесс расчленяют на сборку отдельных сборочных единиц и общую сборку по схеме сборочного состава изделия. Это находит применение в серийном производстве.

При поточной неподвижной сборке каждый рабочий или бригада рабочих в технологической последовательности, переходя с объекта на объект, с соблюдением определенного такта сборки выполняет свою операцию. Эту форму сборки применяют для приборов больших габаритов и массы.

Подвижную сборку применяют в поточном производстве; она бывает со свободным и с принудительным движением собираемого изделия. Сборка с принудительным движением собираемого изделия разделяются на подвижную сборку непрерывного движения и подвижную сборку периодического движения.

Основываясь на анализе состава изделия с учетом объема выпуска принимаем решение по организационной форме сборки статора. В данном случае это стационарная дифференцированная форма сборки.



PM1 - пайка пластин с контактами;
 PM2 - узловая сборка с операцией клёпки;
 PMо.с. – общая сборка.

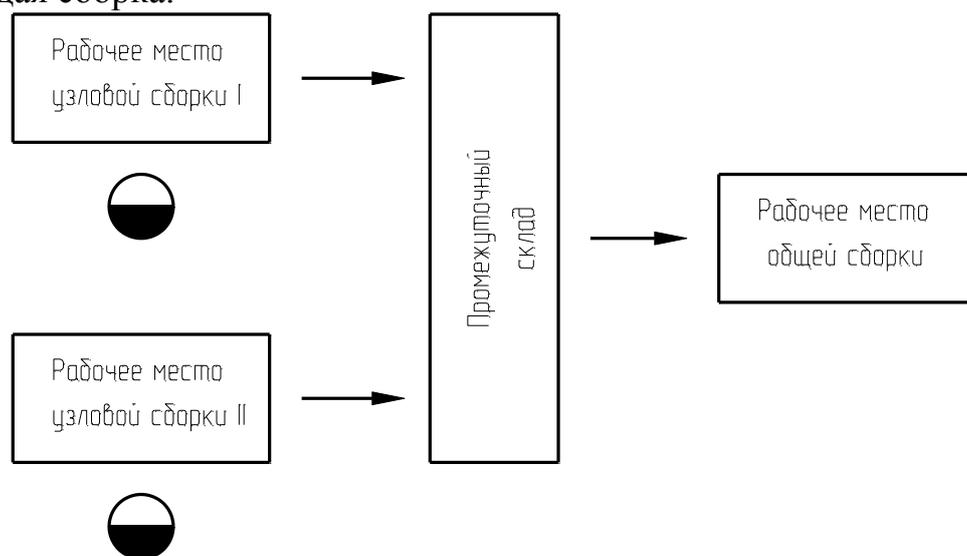


Рис. 4 Схема стационарной дифференцированной формы сборки

PM_{уc1} - намотка катушек;
 PM_{уc2} - сборка узла катушек;
 PM_{оc} - общая сборка.

Методом сборки называется метод обеспечения заданной точности выходных параметров изделия в процессе производства при определенных требованиях взаимозаменяемости.

Существует два вида сборки:

а) обусловленная, т.е. сборка, к которой предъявляют специальные требования по точности выполнения сопряжения и закрепления собираемых деталей;

б) необусловленная, т.е. сборка, к точности выполнения, сопряжения собираемых деталей которой не предъявляют каких-либо повышенных требований.

Обусловленная сборка осуществляется следующими методами:

- полной взаимозаменяемости;
- неполной взаимозаменяемости;
- предварительного подбора (селективный метод);
- подгонки по месту;
- регулировкой.

При выборе метода сборки следует руководствоваться требованиями взаимозаменяемости, учитывать конструктивные особенности приборов, точность приборов, серийность производства, принятую организационную форму сборки, экономическую целесообразность.

При выборе метода сборки следует руководствоваться требованиями взаимозаменяемости, учитывать конструктивные особенности приборов, точность приборов, серийность производства, принятую организационную форму сборки, экономическую целесообразность. Для сборки данного узла (узел катушек поз.5) применяется метод предварительного подбора (селективный метод), так как осуществляется подбор катушек таким образом, чтобы разность их сопротивлений удовлетворяла заданным требованиям.

4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ. КАРТА СБОРКИ

На данный момент установлен сборочный состав изделия. Изделие расчленено на сборочные единицы, определены источники комплектования элементов, выделены базовые детали, а также были составлены схемы сборочного состава (рисунок 1) и с базовой деталью.

В тоже время схема сборочного состава не дает представления о последовательности сборки и способах обеспечения соединений. Об этом, а также о периодичности, содержании процесса регулировки, испытаниях и контроле говорит технологический процесс сборки.

Схемы имеют большое значение для дальнейшей разработки технологического процесса, их можно использовать в качестве документа, по которому очень удобно отслеживать процесс производства изделия и принимать необходимые меры, если готовность тех или иных элементов не соответствует графику.

Перечень операций определяется, исходя из конструктивных особенностей сборочной единицы, т.е. исходя из видов элементов, входящих в состав изделия и видов связей, а также с учетом видов соединений, применяемых в сборочной единице. Количество операций

зависит от конструкции изделия, от типа производства и принятой организационной формы сборки.

Содержание технологического процесса должно раскрывать способ установки сборочной единицы на рабочем месте, содержание переходов, последовательность их выполнения.

Все вышеперечисленное должно отражаться в технологических документах: маршрутной и операционной картах.

Маршрутная карта технологического процесса сборочных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ. Карта предназначена для описания технологического процесса по операциям в технологической последовательности. Является основным технологическим документом.

Операционная карта технологического процесса сборки, слесарно-сборочных работ и электромонтажных работ. Карта предназначена для описания операции по переходам в технологической последовательности с указанием методов и приемов выполнения, режима сборки, технологической оснастки и перечня устанавливаемых элементов.

В качестве базовой детали выбираем ярмо, потому что оно имеет поверхность в форме цилиндра, удобную для закрепления в приспособлении. На рисунке 5 показана схема сборки магнита с базовой деталью.

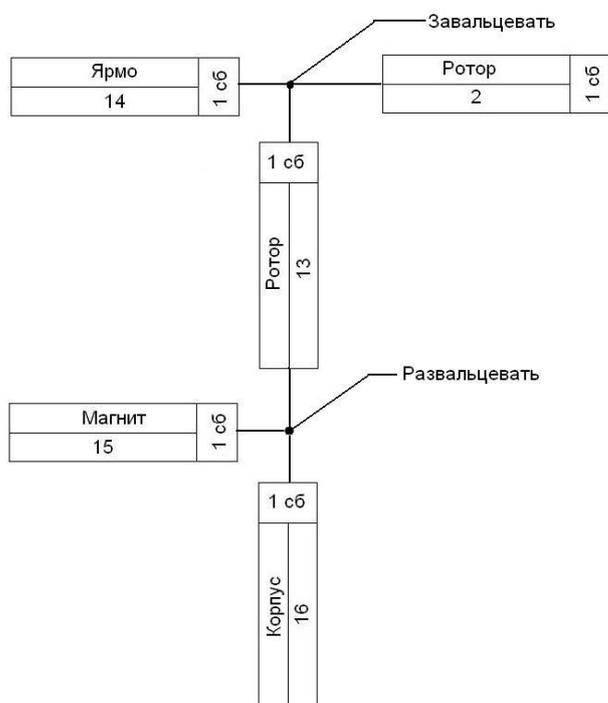


Рис.5. Схема сборки ротора

Последовательность сборки ротора

Магнит позиции 15 установить на корпус 16. Развальцевать кромку корпуса 16, установить на ядро 14. Собранный ротор поз. 13 установить на ядро 14 и завальцевать кромку ядра 14. Сборочная единица готова. Требования к изготовлению детали указаны в сборочном чертеже.

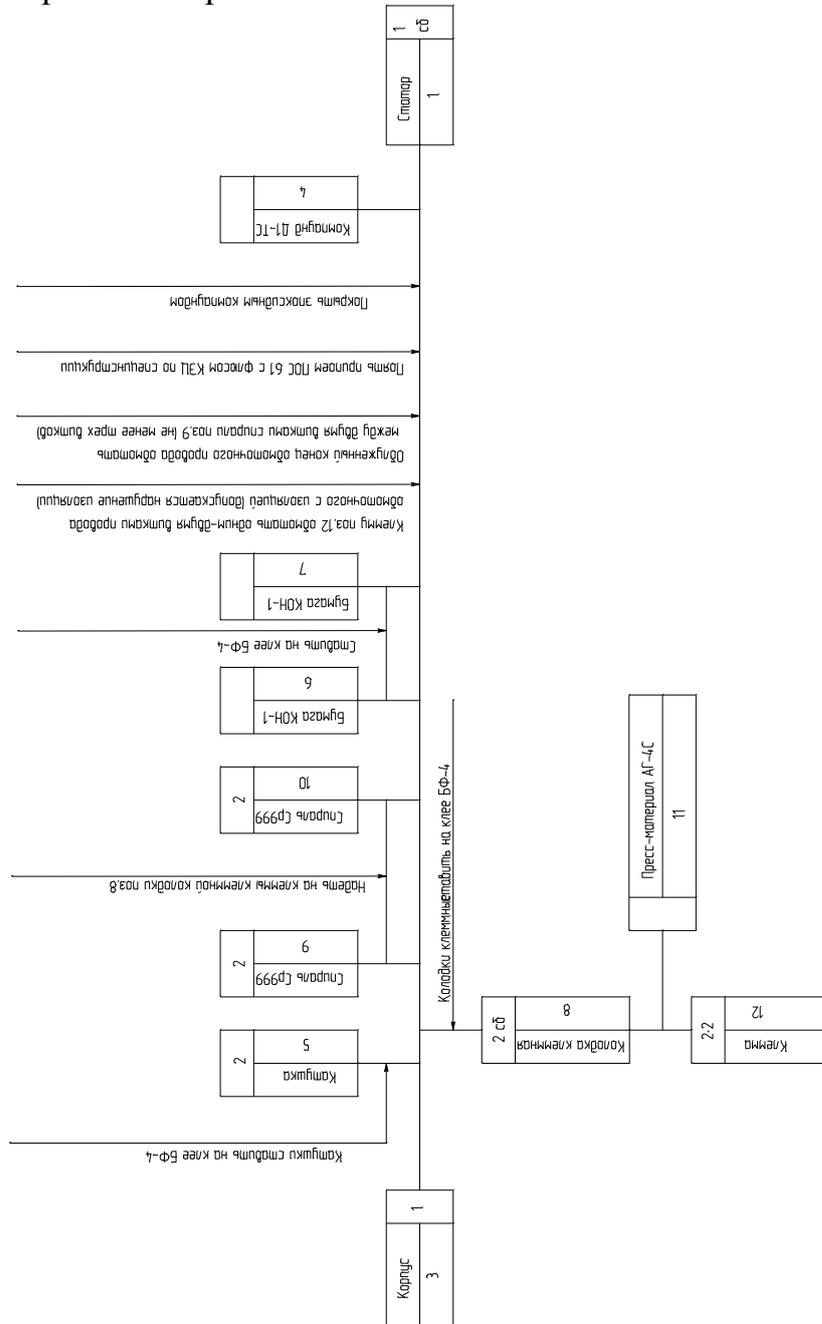


Рис. 6. Схема сборки статора

Выбор оборудования и инструмента для сборки

В качестве крепления деталей и узлов используется завальцовка и развальцовка. Пример завальцовки изображен на рисунке 7.

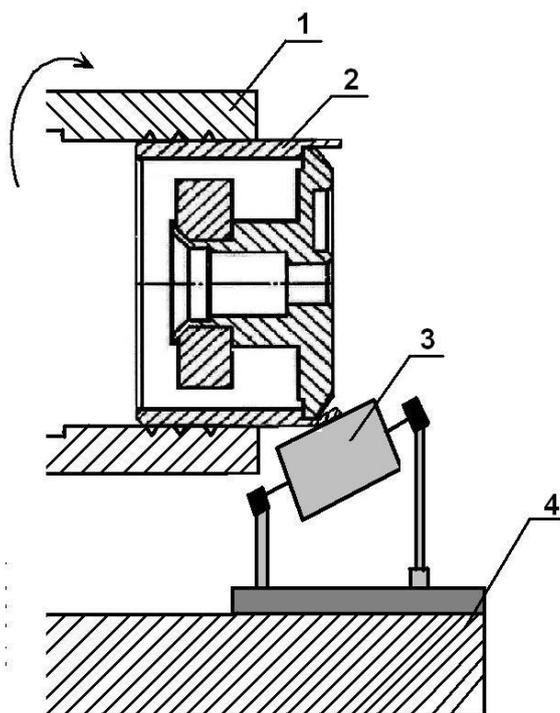


Рис. 8

1-зажимы, 2-ротор, 3-валыцы, 4-резцедержатель.

Разработка технологической документации

Содержание технологического процесса раскрывает способ установки сборочной единицы на рабочем месте, содержание переходов, последовательность их выполнения. Все это отражается в технологических документах: маршрутной и операционной картах.

Маршрутная карта технологического процесса сборочных, слесарно-сборочных и электромонтажных работ предназначена для описания технологического процесса по операциям в технологической последовательности и является основным технологическим документом.

Спроектированный технологический процесс обеспечивает:

1 Высокое качество собираемых изделий.

2. Установленное количество изготавливаемых изделий в соответствии с размерами партии или годовой программой выпуска.
- 3 Выпуск изделия на минимальных производственных площадях.
- 4 Использование современных методов сборки и монтажа.
- 5 Минимальные капитальные затраты.
- 6 Охрану труда.
- 7 Наименьшую себестоимость выпускаемой продукции.

5 ВЫЯВЛЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА ИЛИ ЗВЕНА – КОМПЕНСАТОРА

5 Расчет размерной цепи

Расчет размерной цепи проведем с целью зазора между ярмом 14 и ротором. По исходным данным предоставленного чертежа произведем расчет размерной цепи, между ярмом 14 и ротором 13. На рисунках 6 и 7 представлены: рисунок 8 – размерная цепь; рисунок 9 - схема размерной цепи для расчёта замыкающего звена АХ.

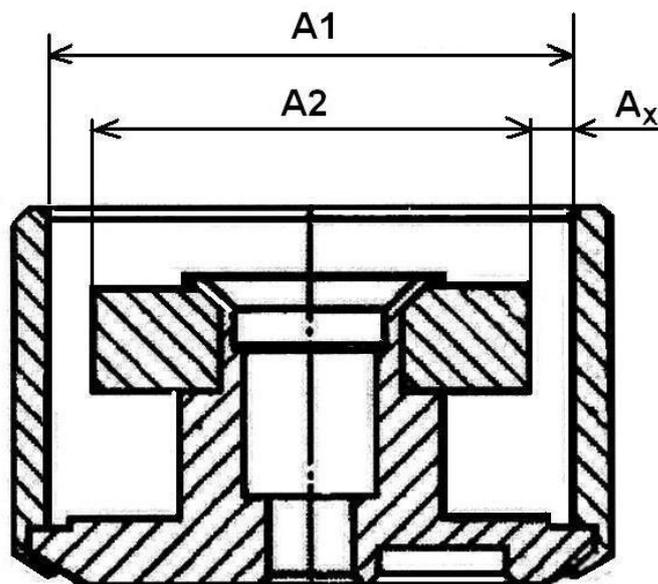


Рис. 8. Размерная цепь

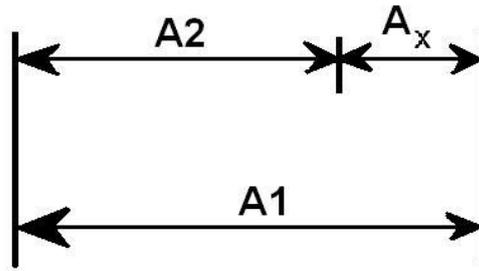


Рисунок 9. Схема размерной цепи для расчёта замыкающего звена

В схемах размерной цепи примем $D1=23,8^{+0,045}$ и $D=20_{-0,013}$

$$Ax = A1 - A2$$

$$Ax = 23.8 - 20.0 = 3.8 \text{ мм}$$

Далее найдем возможный максимальный и минимальный зазоры, рассчитав их следующим принципом:

$$\Delta_{AxB} = \sum_i^m \Delta_{B_i} - \sum_i^n \Delta_{H_i} = 0.045 - (-0.013) = 0.058 \text{ мм,} \quad \text{- максимальный зазор}$$

$$\Delta_{AxH} = \sum_i^m \Delta_{H_i} - \sum_i^n \Delta_{B_i} = 0 - 0 = 0 \text{ мм,} \quad \text{- минимальный зазор}$$

По полученным выше результатам рассчитаем допуск на зазор:

$$A_{Ax/2} = 1.91^{+0.029} \text{ мм.}$$

Необходимо произвести расчет размерной цепи, представленной на рисунке 10.

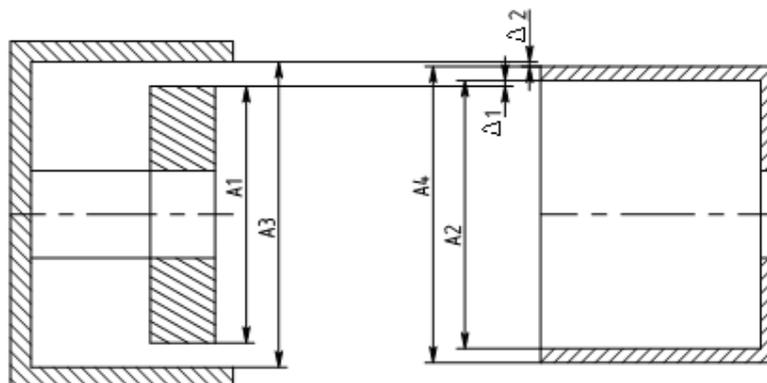


Рис. 10 Размерная цепь

$A1=20h6_{-0,013}$ мм – уменьшающее звено,

$A_2=20,9^{+0,045}$ мм – увеличивающее звено,

$A_3=23,8^{+0,045}$ мм – уменьшающее звено,

$A_4=23,1_{-0,045}$ мм – уменьшающее звено,

$2\Delta_1=A_2-A_1=20,9-20=0,9$ мм,

$\Delta_1=0,9/2=0,45$ мм

$2\Delta_2=A_3-A_4=23,8-23,1=0,7$ мм

$\Delta_2=0,7/2=0,35$ мм

Найдем значения верхнего и нижнего предельных отклонений замыкающего звена:

$V_{\text{по}\Delta_1}=0,045-(-0)=0,045$ мм,

$H_{\text{по}\Delta_1}=0-0,013=-0,013$ мм,

$V_{\text{по}\Delta_2}=0,045-(-0)=0,045$ мм,

$H_{\text{по}\Delta_2}=0-0,045=-0,045$ мм.

$\Delta_1 = 0,45^{+0,045}_{-0,013}$ мм

$\Delta_2=0,35\pm 0,045$ мм

Рассчитаем допуски:

$\delta_1=V_{\text{по}\Delta_1}-H_{\text{по}\Delta_1}=0,045-(-0,013)=0,058$ мм,

$\delta_2=V_{\text{по}\Delta_2}-H_{\text{по}\Delta_2}=0,045-(-0,045)=0,09$ мм.

6 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННОЙ И МАРШРУТНОЙ КАРТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАТУШКИ

Содержание технологического процесса должно раскрывать способ установки сборочной единицы на рабочем месте, содержание переходов, последовательность их выполнения.

Состав технологических операций и их последовательность выбирают в соответствии с требованиями конструкторской документации, он включает: заготовительные операции по порезке изоляционных материалов, намотку, присоединение гибких выводов, изолирование катушек, пропитку, сушку, опрессовку, маркировку, контроль числа витков, электрического сопротивления, выявление короткозамкнутых витков, перемещение. Назначение каждой операции следует обосновать и произвести выбор соответствующего оборудования.

Натяжение провода в процессе наматывания - важный технологический фактор, определяющий сопротивление и геометрические параметры обмотки, качество и производительность технологического процесса. Для проектирования технологического

процесса намотки катушек необходимо знать оптимальное и максимально допустимое натяжение. Оптимальным следует считать натяжение, при котором обеспечиваются все технологические требования к обмотке и к условиям её эксплуатации при минимальной себестоимости её изготовления.

Катушка поз. 5 изготавливается из провода ПЭВ-2, провод медный круглого сечения, эмалированный лаком ВЛ-931.

6. Разработка операционной карты технологического процесса изготовления одной детали. Магнит позиции 15

Разработка технологического процесса заключается в:

- ◆ выборе организационной формы сборки, осуществленной с учетом конструктивных особенностей изделия, годовой программы выпуска, условий взаимозаменяемости и др.;

- ◆ выборе метода сборки, произведенного исходя из требований взаимозаменяемости, принятой организационной формы сборки и степени сборки;

- ◆ разработке технологического маршрута, предусматривающей установление перечня, количества и содержания операций, а также последовательность их выполнения.

Содержание технологического процесса должно раскрывать способ установки сборочной единицы на рабочем месте, содержание переходов, последовательность их выполнения.

Все вышеперечисленное должно отражаться в технологических документах: маршрутной и операционной картах.

Технологический процесс изготовления литых постоянных магнитов подразделяется на следующие этапы:

- ◆ получение отливок
- ◆ термообработка
- ◆ механическая обработка
- ◆ операции контроля.

Магнит изготовлен из сплава **ЮНДК24Б**. Относится к разряду литых магнитов.

При изготовлении сплавов для постоянных магнитов используются промышленные материалы высокой частоты. При изготовлении магнитов используются преимущественно керамические формы, изготовленные по выплавляемым моделям. Перед заливкой формы, помещенные в опоки, прокаливают при температуре 800-900 °С.

Далее получают направленную кристаллическую структуру анизотропных материалов.

Термообработка изотропных сплавов заключается в медленном подогреве со скоростью не более 100-120 °С в 1 час до температуры 800 °С.

Намагничивание постоянных магнитов. После изготовления магниты находятся в ненамагниченном состоянии, что связано с технологического процесса механической обработки. Материал должен быть намагничен до полного насыщения. Для этого намагничивающее поле должно иметь напряженность, в несколько раз превышающую коэрцитивную силу материала, соответственно ГОСТ 8.268-77. Конфигурация магнитной системы намагничивания установки или приспособления должна соответствовать форме магнита рисунок 8.

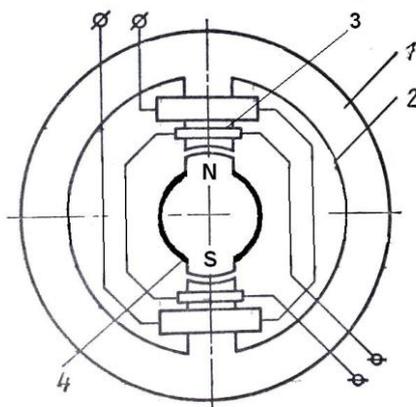


Рис. 11. Схема приспособления намагничивания магнита

1- двухполюсный электромагнит; 2- намагничивающая обмотка; 3 – измерительная обмотка; 4 – намагничиваемый магнит.

Основными методами магнитной стабилизации является частичное размагничивание магнита и циклическая температурная обмотка. В результате такой обработки дальнейшие изменения свойств магнита в определенном диапазоне изменений магнитного поля с убывающей до нуля амплитудой.

7 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ

Анализ изделия на технологичность конструкции необходим для того, чтобы определить возможность получения заготовок прогрессивными методами, выявить удобство изделия в эксплуатации и его технического обслуживания, повысить долговечность и обеспечить

надёжность в работе, сократить трудоёмкость ремонтов, обеспечить транспортабельность и требования техники безопасности.

Анализируя деталь на технологичность, было установлено следующее:

- конструкторские базы могут быть использованы как измерительные и технологические, что позволит повысить точность изготовления за счет уменьшения погрешностей базирования;
- поверхности детали однотипные, что позволяет уменьшить число операций, переходов, оснастки, оборудования для их обработки;
- простановка размеров обеспечивает точность функциональных параметров деталей и методов их достижения;
- возможно применение высокопроизводительных процессов, позволяющих снизить трудоемкость и стоимость обработки;
- обеспечена четкая принадлежность конструкции детали к определенной классификационной группе,

Автоматизация намоточных работ, а также трудоемкость изготовления катушек существенно зависят от технологичности конструкции. Поэтому конструкция каркаса должна быть по возможности цельной, изготовленной из пластмасс литьем под давлением или методом литьевого прессования. Часть поверхности каркаса, на которую укладываются витки обмоточного провода, должна быть выполнена с точностью не грубее 12 квалитета. В нашем случае две катушки статора уложены на цилиндрической поверхности корпуса и залиты эпоксидным компаундом для надежности конструкции.

8 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕИЯ КАК СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Перед разработкой технологических процессов изготовления изделий, необходимо произвести анализ технологичности конструкции изделия. Опыт приборостроения показывает, что путем увеличения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение трудоемкости ее изготовления на 15-25% и уменьшение себестоимости на 5-6%. Конструкция технологична, если при принятом типе и организации производства, заданной программе, повторяемости выпуска и применяемых технологических процессах, она будет обладать наименьшей трудоемкостью и себестоимостью в процессе изготовления, удобной и надежной в эксплуатации и простой в ремонте.

Технологичность конструкции изделия закладывается в процессе ее проектирования, поэтому необходимо, чтобы при проектировании

наряду с конструктором работал и технолог, который при технологичном анализе чертежей, выполненных конструктором, исключал бы элементы нетехнологичности.

Технологичность конструкции оценивается количественными характеристиками, называемыми показателями технологичности. Расчетные показатели технологичности сравнивают с базовыми показателями технологичности. Конструкция считается технологичной, если значения показателей технологичности соответствуют или превосходят значения базовых показателей.

Датчик момента постоянного тока относится к электромеханическим изделиям, для которых установлен перечень из семи следующих основных показателей.

1 Коэффициент точности обработки:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{D_{m.ч}}{D},$$

где $D_{m.ч}$ – число точных деталей по 7 качеству и точнее,

D – общее число деталей

$$\hat{e}_{\delta.i.} = 1 - \frac{0}{11} = 1$$

2 Коэффициент прогрессивности формообразования:

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D},$$

где D_{np} – число деталей, полученных прогрессивными формообразованиями (литье, штамповка, прессование пластмасс в пресс-формы)

$$\hat{E}_{\delta} = \frac{4}{11} = 0,36$$

3 Коэффициент сложности обработки:

$$K_{c.o.} = 1 - \frac{D_m}{D},$$

где D_m – число деталей, требующих обработки со снятием стружки

$$\hat{E}_{\bar{n}.i.} = 1 - \frac{0}{11} = 1$$

4 Коэффициент повторяемости деталей и узлов:

$$K_{пов.д} = 1 - \frac{D_m + E_m}{D + E},$$

где D_m – число типоразмеров деталей;

E_m – число типоразмеров узлов;

E – число узлов.

$$\hat{E}_{i.\dot{a}.} = 1 - \frac{3+2}{5+4} = 0,44$$

5 Коэффициент сборности изделия:

$$K_{c\dot{b}.} = \frac{E}{D + E},$$

$$\hat{E}_{\dot{n}\dot{a}} = \frac{4}{5+4} = 0,44$$

6 Коэффициент сложности сборки:

$$K_{c.c\dot{b}} = 1 - \frac{E_{m.c\dot{a}}}{E},$$

где $E_{m.c\dot{a}}$ – число типоразмеров узлов в изделии, требующих регулировки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой.

$$\hat{E}_{\dot{n}.\dot{n}\dot{a}} = 1 - \frac{0}{2} = 1$$

7 Коэффициент использования материала:

$$K_m = \frac{M}{M_m},$$

где M – масса изделия без комплектующих;

M_m – масса заготовок.

$$\hat{E}_i = \frac{3761}{6422,3} = 0,59$$

Технологичность изделия оценивается комплексным показателем технологичности, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где K_i – расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков;

φ_i – коэффициент весовой значимости показателя;

i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности;

n – число базовых показателей, определяемых на данной стадии разработки изделия.

$$\hat{E} = \frac{1 \times 1 + 0,36 \times 1 + 1 \times 0,75 + 0,44 \times 0,5 + 0,44 \times 0,31 + 1 \times 0,187 + 0,59 \times 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,187 + 0,11} = 0,55$$

Уровень технологичности разрабатываемого изделия при известном нормативном комплексном показателе согласно ГОСТ 14.202-73, оценивают отношением достигнутого комплексного показателя к нормативному K_n . Это отношение должно удовлетворять условию $\frac{\hat{E}}{\hat{E}_i} \geq 1$. Для электромеханических блоков $K_n=0.5$.

$$\frac{0.55}{0.5} = 1.1$$

$$1.1 \geq 1$$

Т.е. условие технологичности выполняется

Оценка технологичности узла

1. Коэффициент точности обработки:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{D_{m.ч}}{D},$$

(4)

где $D_{т.о}$ – число деталей по 7,6,5 квалитетам точности,

D – общее число деталей (не считая стандартных деталей)

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{0}{3} = 1$$

$$\phi_1 = 1$$

2. Коэффициент прогрессивности формообразования:

$$K_{\phi} = \frac{D_{пр}}{D},$$

(5)

где $D_{пр}$ – детали, полученные прогрессивными формообразованиями (литье, штамповка, прессование...)

$$K_{\phi} = \frac{3}{3} = 1$$

$$\phi_2 = 1,0$$

3. Коэффициент сложности обработки:

$$K_{c.o.} = 1 - \frac{D_{м}}{D},$$

(6)

где $D_{м}$ – число деталей, требующих обработки со снятием стружки

$$K_{c.o.} = 1 - \frac{2}{3} = 0,33$$

$$\phi_3 = 0,33$$

4. Коэффициент повторяемости деталей и узлов:

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{D_m + E_m}{D + E},$$

(7)

где D_T – число типоразмеров деталей;

E_T – число типоразмеров узлов;

D – число деталей;

E – число узлов.

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{3+1}{3+2} = 0.2$$

$$\varphi_4 = 0,2$$

5. Коэффициент сборности изделия:

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{E}{D + E},$$

(8)

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{2}{3+2} = 0.6$$

$$\varphi_5 = 0,31$$

6. Коэффициент сложности сборки:

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{E_{т.сл}}{E},$$

(9)

$$\kappa_{нов.д} = 1 - \frac{0}{2} = 1$$

$$\varphi_6 = 0,187$$

где $E_{т.сл}$ – число типоразмеров узлов в изделии, требующих регулировки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой.

7. Коэффициент использования материала:

$$\kappa_M = \frac{M}{M_M},$$

(10)

где M – масса изделия без комплектующих;

M_M – масса заготовок

$$\kappa_M = \frac{0.22}{0.3} = 0.7$$

$$\varphi_7=0,11$$

Технологичность изделия оценивается комплексным показателем технологичности, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

(11)

где K_i – расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков;

φ_i – коэффициент весовой значимости показателя;

i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности;

n – число базовых показателей, определяемых на данной стадии разработки изделия.

$$K = \frac{2.4}{3.857} = 0.62$$

Вывод: все поставленные цели и задачи технологичности процесса изготовления детали выполняются, т.к. $K \geq 1 \geq 0,62$. Деталь можно запускать в производство, изделие отвечает требованиям технологичности.

9 РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАМОТКИ КАТУШКИ

Намоточный станок предназначен для всех видов рядовой намотки и перемотки длинномерных материалов с высокой точностью и скоростью. Диапазон диаметров наматываемого провода от 0,05 до 1,5 мм.

В стандартную комплектацию входит механизм намотки, задняя бабка, реечный раскладчик с шаговым двигателем, фрикционное натяжное устройство ФНУ-2,0, смоточное устройство БСУ-0,5, блок управления БЛ1.50.00., блок дополнительной памяти.

Привод станка включает в себя асинхронный двигатель с преобразователем частоты, который позволяет настраивать более 1000 параметров режима работы двигателя намотки. Управление режимами разгона, торможения, моментом двигателя, 100 скоростей работы защита двигателя от перегрузок, индикация всех режимов - краткий перечень возможностей преобразователя.

Приводной вал оснащается программируемым ленточным электромеханическим тормозом, обеспечивающим максимальный комфорт при торможении за счет эластичности.

Механизм раскладки комплектуется импортным шаговым двигателем с системой электронного деления шага, что позволяет иметь 120 000 режимов раскладки. Механизм раскладки можно перемещать относительно приводного вала в 3-х плоскостях, поворачивать вокруг вертикальной оси для намотки якорей и конических катушек.

Эластичный ремень привода обеспечивает малошумящий режим работы. Станок выдерживает трехсменный режим работы, не требует никакого обслуживания. Интервал обслуживания определяется только долговечностью подшипников.

Блок управления имеет энергонезависимую память и позволяет хранить большое количество программ неограниченно долго.

Возможности станка позволяют производить намотку любого вида: рядовую, секционную, ортоциклическую, ступенчатую, пирамидальную, коническую, с переменным шагом, ортодоксальную (нестандартную). Станок может дополнительно комплектоваться различными оправками, оправками для намотки якорей, педалью «Пуск- Стоп» или интеллектуальной смоточным устройством БСУВ-1,5, электронно-смоточным устройством ЭСУ, электронно-натяжным устройством ЭНУ-0,1, датчиком обрыва, многофункциональным блоком управления МФБУ.



Рис. 12. Станок для рядовой открытой намотки катушки

Технологический процесс изготовления многослойной рядовой обмотки с каркасом-шпулей включает следующие операции:

подготовительную, намоточную, контрольную, пропиточную и окончательный контроль (рисунок 12).

1 Подготовительная операция. Каркас катушки обертывается кабельной бумагой 5 и скрепляется клеем БФ-4. Каркас катушки 4 устанавливается на оправке станка 1 и крепится гайкой 3 с конусной разрезанной шайбой 2. К обмоточному проводу 6 подпаивается выводной конец 8 с последующей изоляцией места пайки лакотканью. Выводной конец пропускается в отверстие каркаса и закрепляется на нем.

2 Намотка. Соблюдать количество витков в ряду, количество рядов и общее количество витков. Ряды обмотки изолируются между собой кабельной бумагой. Отрезать конец обмоточного провода, подпаять к нему выводной конец 9 и пропустить его в отверстие каркаса. Обмотку обернуть двумя-тремя слоями лакоткани 7. Снять катушку с оправки станка.

3 Контрольная операция. Произвести внешний осмотр и выяснить, нет ли механических повреждений каркаса и обмотки, надежность крепления выводных концов и наружной изоляции. Число витков проверяют сравнением с числом витков в эталонной катушке. Резистивным мостом проверяют омическое сопротивление обмотки.

4 Пропитка. Пропитке подвергаются или отдельно катушки, или собранные элементы в целом. Пропиточный материал - лаки и компаунды. Процесс пропитки ведется в специальных вакуумных установках.

5 Окончательный контроль. Осуществляются проверки: внешний осмотр, нет ли короткозамкнутых витков и обрывов, электрического сопротивления изоляции, диэлектрических потерь и т.д.

10 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПУЛЬТА ИЛИ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЯ (ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАТУШКИ ПОЗ.5)

В качестве измерительных приборов применяют мосты сопротивлений (рис.13) постоянного тока различных типов. Путем подбора сопротивления R моста добиваются того, что при замкнутых контактах K_1 и K_6 стрелка гальванометра будет оставаться в нулевом положении, т.е. должно выполняться условие:

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{R_{ia}}{R}$$

Отсюда выражаем $R_{об}$:

$$R_{ia} = \frac{r_1' \times R}{r_2'}$$

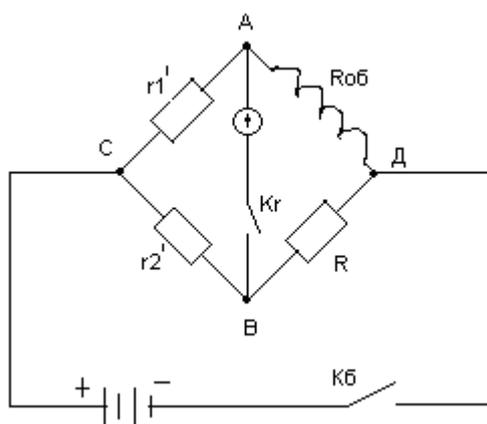


Рис. 13 Схема проверки омического сопротивления обмоток с помощью моста сопротивлений

Также для надежности прибора производят проверку электрической прочности изоляции. Электрическая прочность изоляции - это способность электрической изоляции выдерживать электрическое напряжение, приложенное к ней. Электрическая прочность изоляции характеризуется напряжением, при котором наступает пробой – пробивное напряжение. Так как пробой изоляции во время испытания приводит к браковке прибора, величина испытательного напряжения принимается значительно большей рабочего напряжения питания, но меньшей пробивного напряжения. Проверка производится на специальных установках переменным током 50Гц при мощности источника питания 0,5кВА. Испытуемый прибор устанавливается на металлической плите установки, к которой подведен один из выводов от автотрансформатора. Другой вывод от источника питания подсоединяется к токоведущей части проверяемого прибора. Испытательное напряжение должно держаться в течение 1 мин. Изделие считается годным, если при испытании не произошло пробоя изоляции.

При сборке ротора используется методы завальцовки и развальцовки. Наша деталь имеет только неразъемного вида соединения, ввиду этого будет необходимо использовать только развальцовочное и завальцовочное оборудование, рисунок 9, 10.

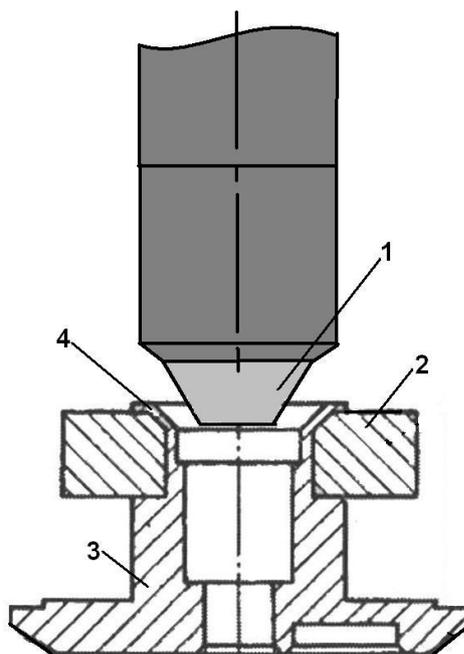


Рис. 14. Развальцовочное оборудование

1 – развальцовочный цилиндр (двигается поступательно); 2 – магнит (базируемый); 3 – корпус (базовая деталь); 4 – развальцованная поверхность.

9 Разработка принципиальной электрической схемы пульта или рабочего места для контроля электрических параметров изделия

Разработка принципиальной электрической схемы пульта или рабочего места для контроля электрических параметров изделия по контролю параметров магнита **H, B**.

Весьма удобным прибором для измерения постоянного магнитного потока является

флюксметр, называемый иногда веберметром или милливеберметром. Флюксметр представляет собой прибор магнитоэлектрической системы, в котором подвод тока к подвижной рамке осуществляется не через пружинки, а через безмоментные спирали, т. е. в его измерительном механизме отсутствует противодействующий момент. Вследствие этого указатель флюксметра

при отсутствии тока в обмотке рамки может занимать любое положение относительно шкалы.

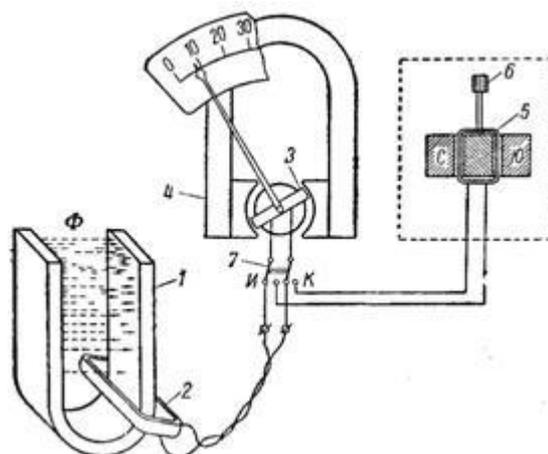
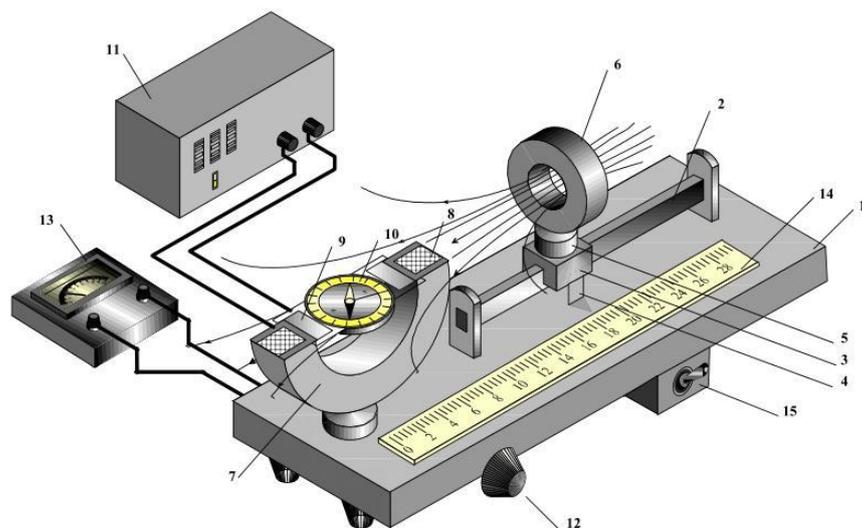


Рис. 15

Флюксметр, как и большинство гальванометров магнитоэлектрической системы, имеет бескаркасную рамку, однако он рассчитывается так, чтобы при внешнем сопротивлении, меньшем 20 ом, подвижная часть оказывалась в режиме переуспокоения. Как и у баллистического гальванометра, подвижная часть флюксметра выполняется со сравнительно большим моментом инерции. На рисунке приведена схема, поясняющая процесс измерения магнитного потока при помощи флюксметра. Для измерения магнитного потока, например постоянного магнита 1, к зажимам флюксметра присоединяется измерительная рамка 2, состоящая из достаточного количества витков медной проволоки. Если эту рамку надеть на испытуемый магнит так, как это показано на рисунке, то во время перемещения рамки 2 в ней будет наводиться э.д.с., создающая ток в цепи прибора. Под действием этого тока подвижная рамка 3 прибора начнет поворачиваться. После того как измерительная рамка 2 будет приведена в положение, показанное на рисунке, и остановлена, э.д.с., действовавшая в ней, исчезнет, но рамка 3 по инерции будет еще немного продолжать двигаться. Переместившись на некоторый угол а от начального положения, рамка 3 остановится.

Аналоговый импульсный тесламетр с датчиком Холла типа ПХЭ для измерения индукции магнитного поля рисунок 13. Схема проверки магнита рисунок 12.



7

Рис 17

Где 1-основание; 2-неподвижная рейка; 3-ползунок; 4-указатель; 5-держатель; 6-магнит; 7-катушка; 8-обмотка; 9-пластинка; 10-компас; 11-выпрямитель; 12-потенциометр; 13-миллиамперметр; 14-линейка; 15-переключатель.



Рис. 18

Назначение

Аналоговый импульсный тесламетр предназначен для оперативного измерения и контроля величины индукции постоянного,

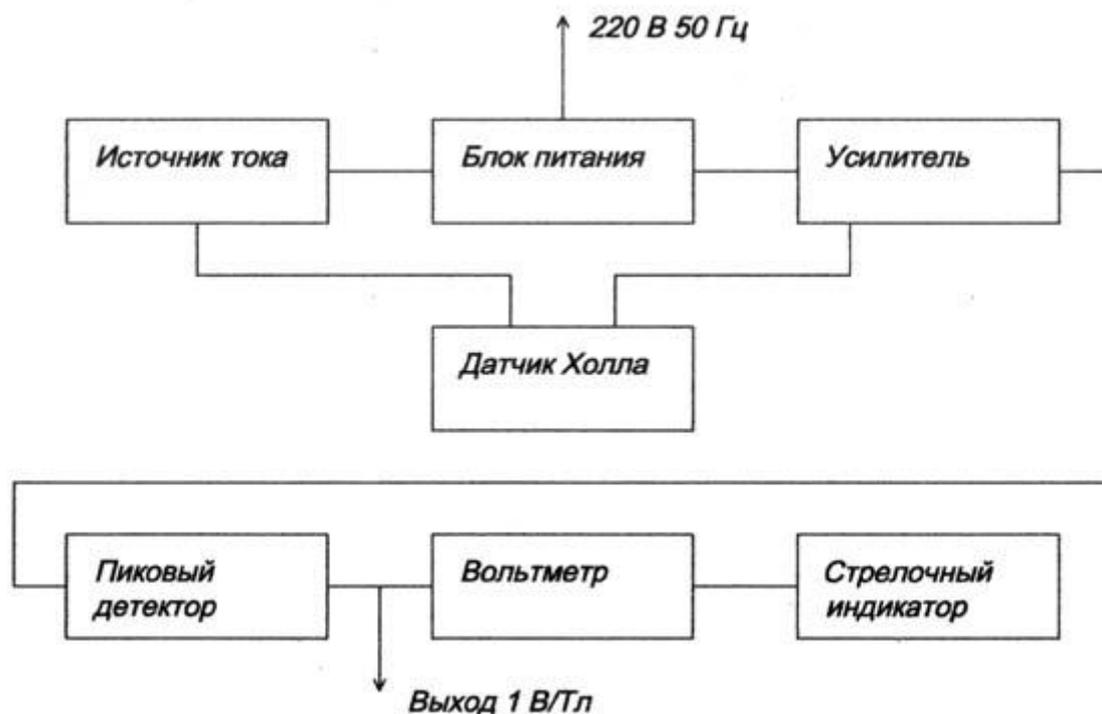
переменного низкочастотного или импульсного магнитного поля с помощью датчика Холла типа ПХЭ606118В [1]. Он может использоваться при измерении характеристик магнитных материалов, при конструировании и ремонте магнитных систем и устройств с постоянными магнитами, для контроля и измерения амплитудных значений магнитной индукции в различных установках [3, 4], а также для построения измерительных установок и комплексов

Технические данные:

- диапазон измеряемых значений величины индукции магнитного поля 0 ... 5000 мТл разбит на девять поддиапазонов: 0 ... 10, 0 ... 25, 0 ... 50, 0 ... 100, 0 ... 250, 0 ... 500, 0 ... 1000, 0 ... 2500, 0 ... 5000 мТл; имеется указатель полярности и выход для подключения внешнего прибора;
- погрешность измерения не более 2.5 % при нахождении стрелки прибора в последней трети шкалы;
- диапазон рабочих частот по индукции 0 ... 250 Гц; для переменных магнитных полей измеряется среднее значение модуля индукции; для импульсных магнитных полей измеряется амплитудное значение индукции;
- диапазон измеряемых значений величины магнитной индукции на выходе для подключения внешнего прибора -13 ... +13 Тл, коэффициент преобразования 1 В/Тл, погрешность преобразования не более 1 % в диапазоне -10 ... +10 Тл;
- в приборе могут использоваться датчики С- и М-типов, имеется переключатель типа датчика;
- питающая сеть однофазная напряжением 220 ± 10 В;
- частота питающей сети 50 ± 1 Гц;
- потребляемая мощность не более 25 ВА;
- прибор имеет естественное воздушное охлаждение, готов к работе сразу после включения, время непрерывной работы не ограничено;
- габаритные размеры не более 400 x 400 x 160 мм³ (без элементов управления и подключения);
- масса не более 6.5 кг.

Устройство тесламетра

Блок-схема аналогового импульсного тесламетра с датчиком



Холла типа ПХЭ приведена на рис. 19.

Рисунок 14. Блок-схема тесламетра

Блок питания вырабатывает необходимые для питания узлов прибора напряжения. Источник тока служит для стабилизации тока питания датчика Холла (100 мА). Выходное напряжение с датчика Холла подается на инструментальный усилитель. Усиленный сигнал (приведенный к уровню 1 вольт/тесла) подается на пиковый детектор, к выходу которого подключен вольтметр со стрелочным индикатором. Коэффициент преобразования вольтметра и, соответственно, диапазон устанавливается с помощью ручного переключателя. Сигнал с усилителя может быть также подан непосредственно на вольтметр в обход пикового детектора. В приборе имеется выход для подключения внешнего прибора (милливольтметра, осциллографа), с помощью которого можно измерять магнитную индукцию и контролировать форму сигнала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гормаков А. Н. Технология приборостроения: Уч. пособ. – Томск, ТПУ, 1999 г. – 240с.

2 Справочник технолога-приборостроителя. / Под ред. Е. А. Скороходова, том 2 – М., Машиностроение, 1980 г., 469с.

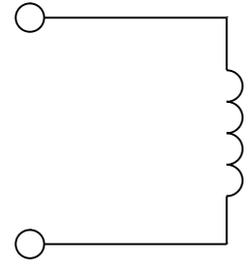
3 Шепелев Н.И. Сборка, регулировка и испытание автоматизированных систем. М., «Машиностроение», 1977 г. – 192с.

4 www.namotka.com

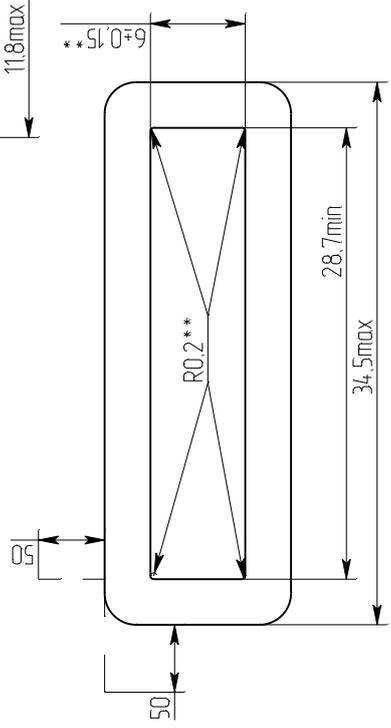
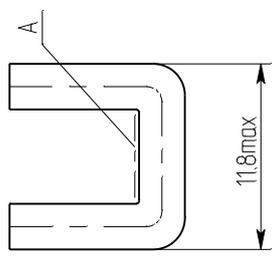
100891.000589 УдФФ

№ подл. и дата
№ инд. докум.
№ подл. и дата

Схема электрическая



Данные катушки
 Марка провода ПЭВ-2,
 Диаметр по меди 0,061
 Число витков-120,
 Сопротивление 50±6 Ом.



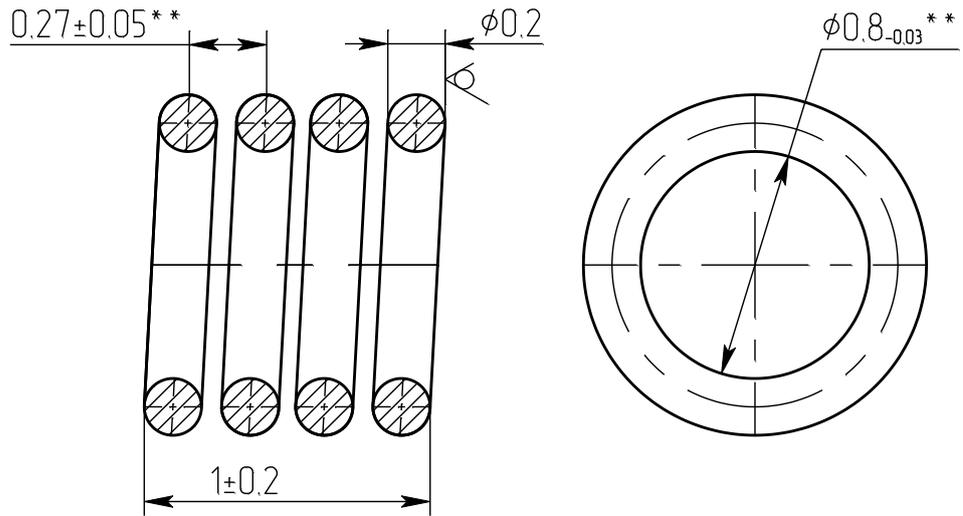
1. ** Размеры обеспечить инструментом.
2. Прямлинейная поверхность А не менее 5 мм**, Непрямлинейность не более 0,1 мм**.
3. Витки катушки скрепить лаком ГФ-95.
4. Начало и конец катушки должны быть обозначены маркированными бирками.
5. Направление намотки по часовой стрелке, если смотреть с богнутой стороны.
6. В катушке после формовки короткозамкнутые витки не допускаются.

ФЮРА 685000.168.001		Лист	Масса	Масштаб
Катушка		У		4:1
		Лист		Листов
Провод ПЭВ-2		ТПУ ЭФФ д.р.1653		

Копировал
 формат А3

ФЮРА 685000.168.002

$\sqrt{Rz40}$



1. **Размеры обеспечить инструментом.
2. Число витков -4 ± 0.25 .
3. Навивка левая.
4. Покрытие 0.9 оплавленное.

Перв. примен.					ФЮРА 685000.168.002		
Справ. №					$\sqrt{Rz40}$		
Подп. и дата	Инв.№ дцкл.	Взам.инв.№			<p>1. **Размеры обеспечить инструментом.</p> <p>2. Число витков -4 ± 0.25.</p> <p>3. Навивка левая.</p> <p>4. Покрытие 0.9 оплавленное.</p>		
Подп. и дата							
Инв.№ подл.							
				ФЮРА 685000.168.002			
Инв.№ подл.	Н. контр.	Утв.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Г.оликов А.Н.	Дмитриев В.С.			Мисайлова Л.В.		
	Гормаков А.Н.				Гормаков А.Н.		
	Гормаков А.Н.				Гормаков А.Н.		
Спираль					Лист	Масса	Масштаб
					4		50:1
					Лист		Листов
Серебро Ср999					ТПУ ЭФФ зр.1653		

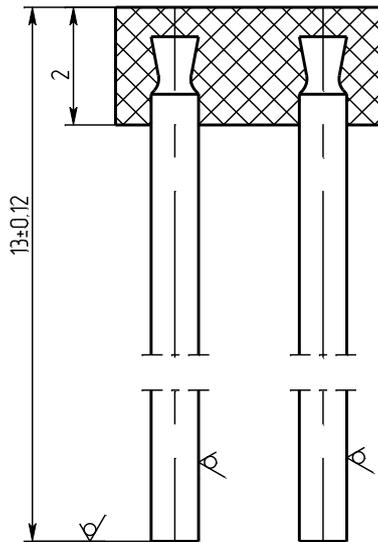
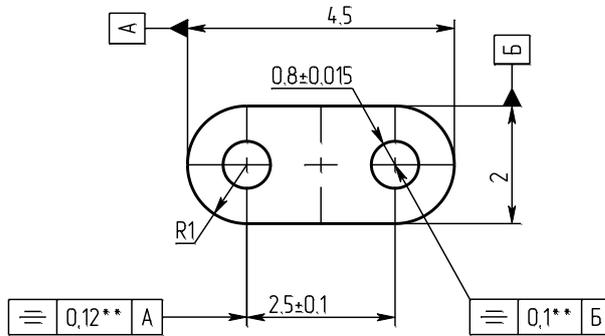
Копировал

Формат А4

ФЮРА 687000.168.СБ

$\sqrt{Ra0.63}$

Поверхности из пресс-материала

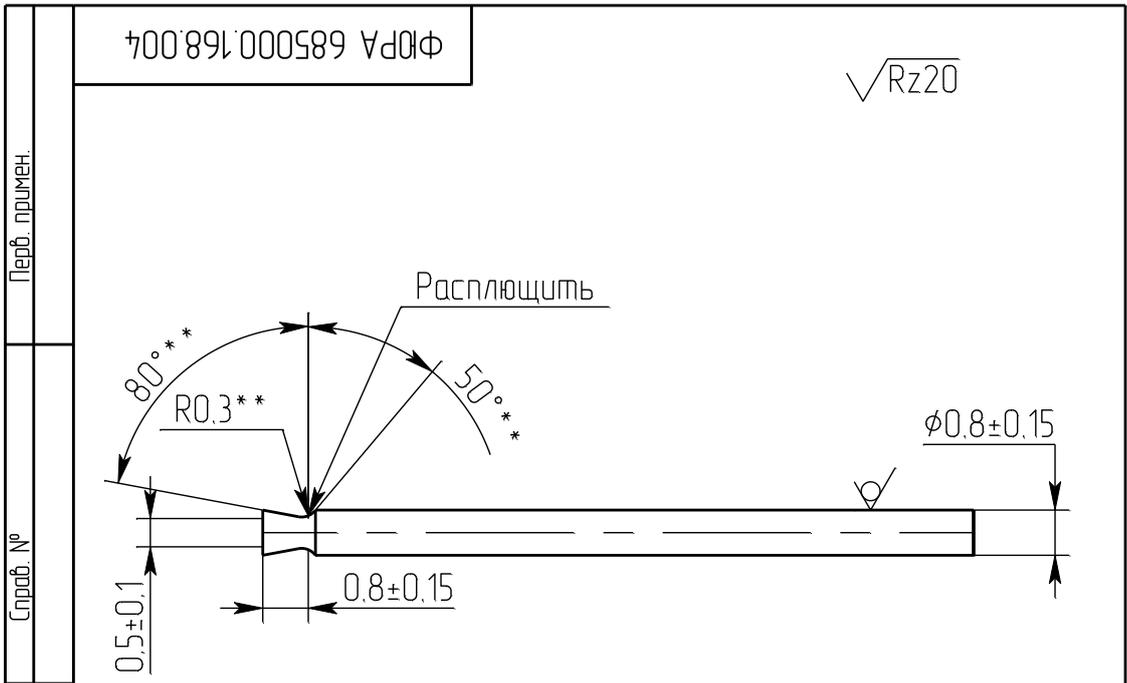


1. **Размеры обеспечить инструментом.
2. Клеммы поз.12 после прессовки облудить припоем ПОСУ 61-0.5.
3. Клеммы поз.12 должны выдерживать испытания на пробой напряжением 500В переменным током в течение 1 мин.
4. Неуказанные предельные отклонения размеров по нормали.

Перв. примен.						ФЮРА 687000.168.СБ					
Справ. №						$\sqrt{Ra0.63}$					
Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата					Поверхности из пресс-материала				
Инв.№ подл.	Подп. и дата					ФЮРА 687000.168.СБ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колодка клеммная			Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Мисайлова Л.В.							У			10:1
Проб.	Гормаков А.Н.							Лист	Листов		
Т.контр.	Гормаков А.Н.										
Н. контр.	Голиков А.Н.							ТПУ ЭФФ зр.1653			
Утв.	Дмитриев В.С.										
					Копировал			Формат А4			

ФЮРА 685000.168.004

$\sqrt{Rz20}$



Перв. примен.	
Справ. №	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	

1. ** Размеры обеспечить инструментом.
2. Покрытие 0.9 оплавленное.

				ФЮРА 685000.168.004		
				Клемма		
				Лист	Масса	Масштаб
				У		20:1
				Лист / Листов		
				Медь		
				ТПУ ЭФФ зр.1653		

Копировал Формат А4

Требования к техники безопасности при сборке, монтаже и регулировке

1 Опасные и вредные факторы

1.1 Физические.

1.1.1 Повышенная температура поверхности паяльников, тиглей для лужения, расплавленного припоя.

1.1.2 Повышенный уровень статического электричества.

1.1.3 Повышенный уровень напряжения в электрических цепях.

1.1.4 Механические повреждения рук инструментом (бокорезами, отверткой, острыми кромками режущего инструмента и т.д.).

1.1.5 Повреждение органов зрения посторонними предметами (кусочками провода при подрезке под размер после лужения, брызгами припоя, металлической пылью и стружкой при доработках деталей),

1.1.6 Пожароопасность.

1.1.6 Повышенное газовое давление.

1.2 Химические.

1.2.1 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны токсичными и пожароопасными веществами: парами спирта, бензина, фтора, свинца, токсичных веществ, входящих в состав клеев и контрольных составов.

2 Меры безопасности

2.1 К работе в сборочных цехах допускаются лица, прошедшие специальное обучение, освоившие безопасные приемы работы и аттестованные на право допуска к сборочным, электромонтажным или регулировочным работам.

2.2 В случае заболевания или даже незначительной травмы прекратить работу, сообщить мастеру, получить направление и обратиться в медпункт.

2.3 При работе пользоваться исправными инструментами, обеспечивающими безопасность исполнителя.

2.4 Инструменты хранить в таре. Запрещается хранить инструменты в карманах технологической одежды.

2.5 При ввертывании и вывертывании винтов изделие устанавливается так, чтобы при срыве отвертки из шлица, исполнитель не мог поранить руку.

2.6 Во избежание выброса расплавленного припоя из тигля для лужения недопустимо попадание жидкости в рабочий объем тигля.

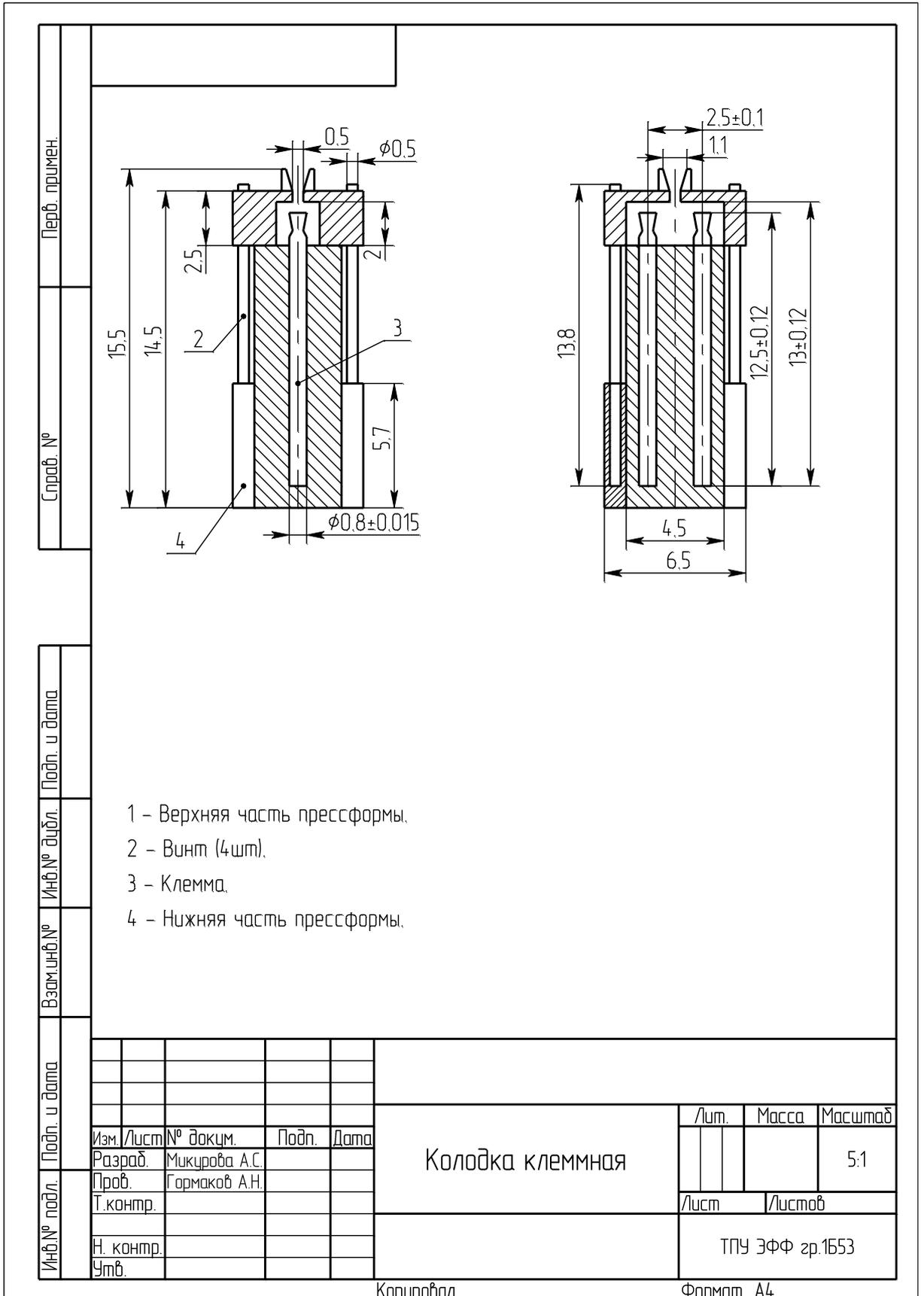
2.7 Электрооборудование должно быть заземлено, подводящие провода должны быть хорошо изолированы и не иметь механических повреждений.

2.8 При работе с полупроводниковыми приборами (ПП) и интегральными микросхемами (ИС) электропаяльник должен быть заземлен.

2.9 При производстве монтажных работ с изделиями, содержащими ПП и ИС с применением браслета.

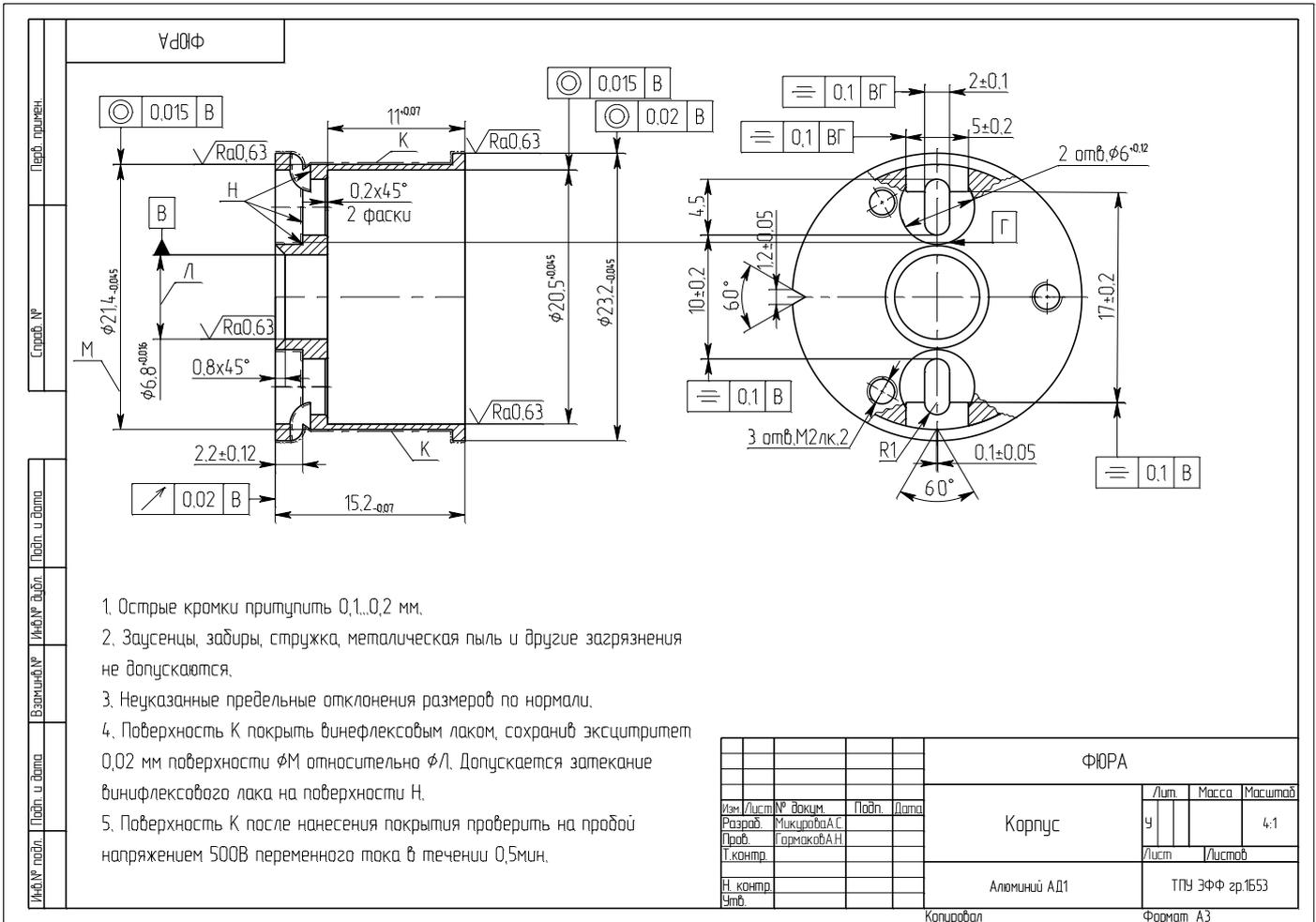
2.10 При монтаже использовать паяльник мощностью до 50Вт. и напряжением не выше 36В.

2.11 Во избежание брызг припоя при пайке флюс наносить тонким слоем.



Копировал

Формат А4



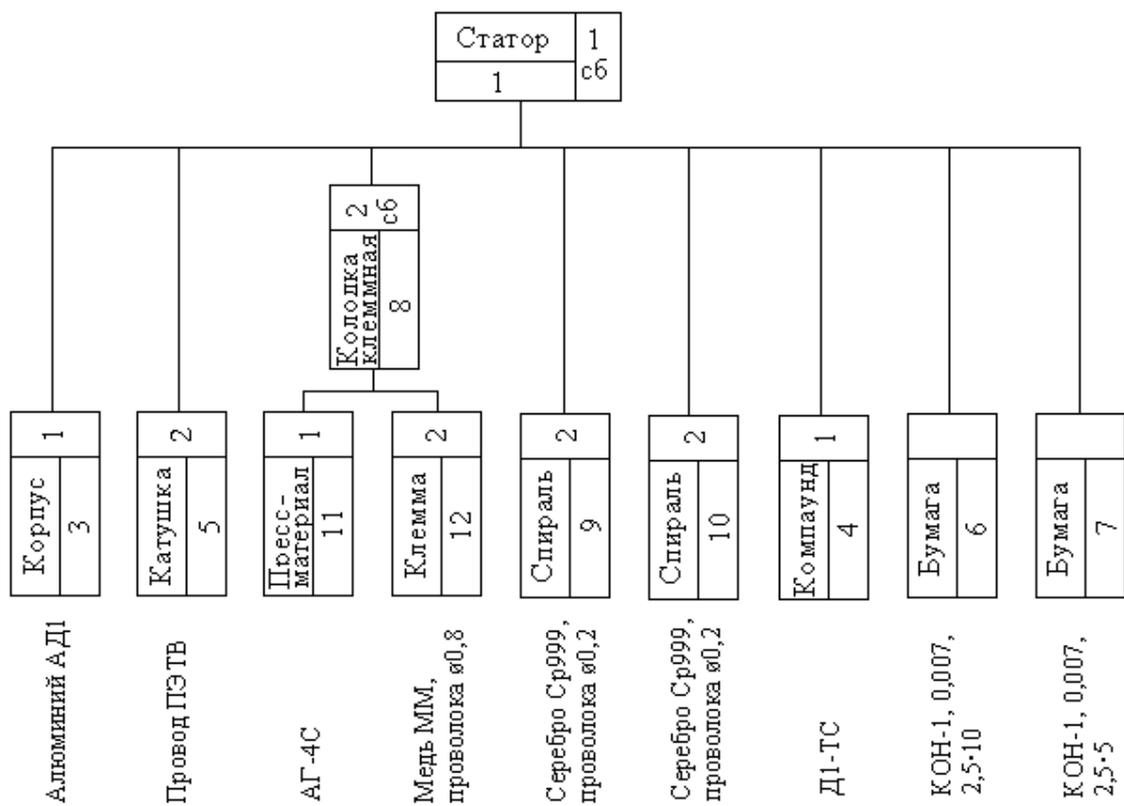
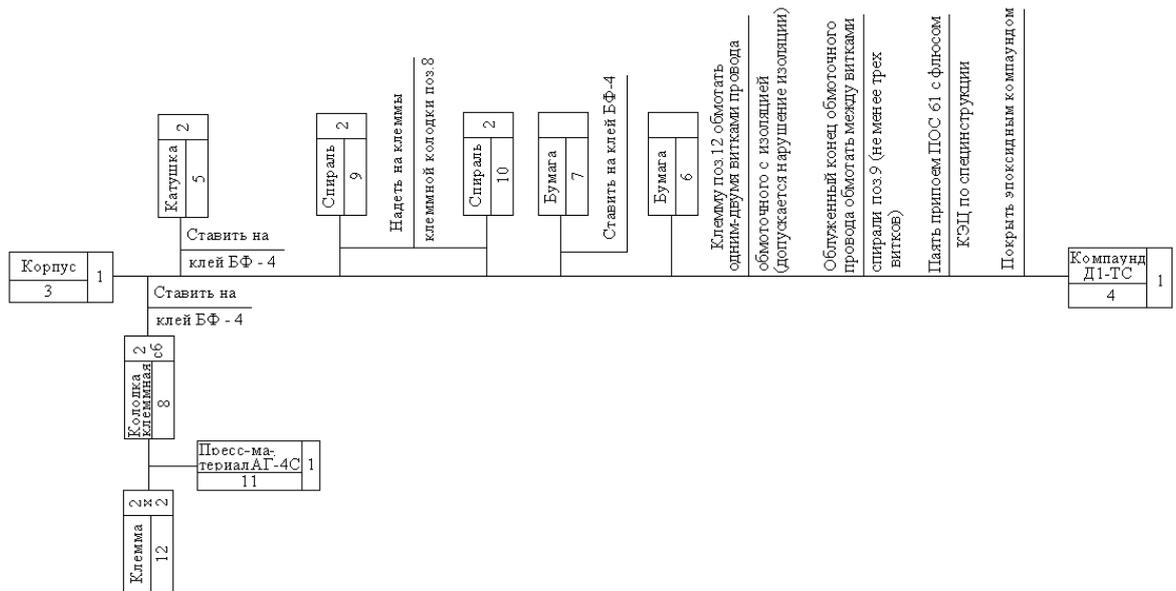


Рисунок 1 Схема сборочного состава



01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки
02	Иль и размеры			КД	МЗ		
03		[4:ЕВ]	[7:МД]	[6:ЕН]	[7:НРасх]	[5:КИМ]	[17:Заготовка]
04	Проф.Размеры		[5:КД]	[7:МЗ]			
05							
06							
07	001 Заготовительная						
08	1. Выбрать медную проволоку $\varnothing 0,8$ мм.						
09							
10	002 Подготовительная						
11	1. Нарезать медную проволоку нужной длины.						
12							
13	003 Прессовочная						
14	1. Установить две клеммы поз.12 в нижнюю часть пресс-формы.						
15	2. Собрать пресс-форму. Соединить верхнюю и нижнюю часть пресс-формы винтами.						
16							
17	3. Прессовать АГ-4С в пресс-форму						
18	4. Выдержать 15 мин.						
19	5. Разобрать пресс-форму и вынуть клеммы.						
20							
21	004 Слесарная						
22	1. Удалить облой (напильник, шабер).						
23							
24	005 Контрольная						

001 Заготовительная

- 1. Выбрать медную проволоку $\varnothing 0,8$ мм.**

002 Подготовительная

1. Нарезать медную проволоку нужной длины.

003 Прессовочная

1. Установить две клеммы поз.12 в нижнюю часть пресс-формы.
2. Собрать пресс-форму. Соединить верхнюю и нижнюю часть пресс-формы винтами.
3. Прессовать АГ-4С в пресс-форму
4. Выдержать 15 мин.
5. Разобрать пресс-форму и вынуть клеммы.

004 Слесарная

1. Удалить облой (напильник, шабер).

005 Контрольная

1. Визуальный контроль.

006 Испытательная

1. Клеммы поз.12 должны выдерживать испытания на пробой напряжением 500В переменным током в течении 1 минуты.

Требования по техники безопасности

1 Опасные и вредные факторы

1.1 Физические.

1.1.1 Повышенная температура поверхности паяльников, тиглей для лужения, расплавленного припоя.

1.1.2 Повышенный уровень статического электричества.

1.1.3 Повышенный уровень напряжения в электрических цепях.

- 1.1.4 Механические повреждения рук инструментом (бокорежами, отверткой, острыми кромками режущего инструмента и т.д.).
- 1.1.5 Повреждение органов зрения посторонними предметами (кусочками провода при подрезке под размер после лужения, брызгами припоя, металлической пылью и стружкой при доработках деталей),
- 1.1.6 Пожароопасность.
- 1.1.6 Повышенное газовое давление.
- 1.2 Химические.
- 1.2.1 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны токсичными и пожароопасными веществами: парами спирта, бензина, ванадия, свинца, токсичных веществ, входящих в состав клеев и контрольных составов.

2 Меры безопасности

- 2.1 К работе в сборочных цехах допускаются лица, прошедшие специальное обучение, освоившие безопасные приемы работы и аттестованные на право допуска к сборочным, электромонтажным или регулировочным работам.
- 2.2 В случае заболевания или даже незначительной травмы прекратить работу, сообщить мастеру, получить направление и обратиться в медпункт.
- 2.3 При работе пользоваться исправными инструментами обеспечивающим безопасность исполнителя.
- 2.4 Инструменты хранить в таре. Запрещается хранить инструменты в карманах технологической одежды.
- 2.5 При ввертывании и вывертывании винтов изделие устанавливают так, чтобы при срыве отвертки из шлица, исполнитель не мог поранить руку.

- 2.6 Во избежание выброса расплавленного припоя из тигля для лужения недопустимо попадание жидкости в рабочий объем тигля.
- 2.7 Электрооборудование должно быть заземлено, подводящие провода должны быть хорошо изолированы и не иметь механических повреждений.
- 2.8 При работе с полупроводниковыми приборами (ПП) и интегральными микросхемами (ИС) электропаяльник должен быть заземлен.
- 2.9 При производстве монтажных работ с изделиями, содержащими ПП и ИС с применением браслета.
- 2.10 При монтаже использовать паяльник мощностью до 50Вт. и напряжением не выше 36В.
- 2.11 Во избежание брызг припоя при пайке флюс наносить тонким слоем.

Учебное издание

ГОРМАКОВ Анатолий Николаевич

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор *доктор технических наук,
профессор*

Компьютерная верстка *И.О. Фамилия*

Дизайн обложки *И.О. Фамилия*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати *хх.хх.2016*. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка»

Печать XEROX. Усл.печ. л. . Уч.-изд.л.

Заказ . Тираж 100 экз.

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, Г. Томск, пр. Ленина, 30

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru