

Данные методические указания по выполнению технологической части дипломных проектов издаются в соответствии с учебным планом.

Рассмотрены и одобрены кафедрой П-12 И/ХИ-77 г., Методической комиссией факультета П и Учебно-методическим управлением.

Рецензенты д. т. н., проф. Н. М. Капустин,
к. т. н., доц. А. Г. Косилова,
к. т. н., доц. К. М. Сухоруков.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	1
1. Содержание и объем технологической части проекта	1
2. Анализ технологических условий на прибор	1
3. Определение показателей технологичности конструкции приборов	3
4. Построение технологических схем сборки	6
5. Разработка технологического процесса сборки	10
6. Проектирование технологического оснащения и специализированного оборудования	11
Литература	13
Приложение. Обоснование технических требований к генератору	14

Редактор В. Т. Карасева

Корректор Л. И. Малюткина

Заказ 1194. Объем 1 п. л. (уч.-изд. л. 1). Тираж 1500 экз.

Бесплатно. Подписано к печати 10.10.78 г. План 1978 г., № 58.

Ротапринт МВТУ.

107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

При выполнении технологической части дипломного проекта студенты-дипломники развивают и укрепляют свои знания в области технологии приборостроения, вырабатывают навыки в решении одной из важнейших задач технологической подготовки производства – выявлении взаимосвязи конструкции изделия с технологией его производства.

Настоящее пособие ставит своей целью подробное ознакомление студентов-дипломников с методами решения задач технологической подготовки производства на этапе сборки, регулировки и испытаний приборов.

1. Содержание и объем технологической части проекта

Задание на технологическую часть дипломного проекта состоит из следующих разделов: анализ технических условий на сборку, регулировку или испытания одной из сборочных единиц, входящих в изделие, или ту его часть, конструкция которой разрабатывается в проекте; определение показателей технологичности конструкции; построение технологических схем сборки; проектирование технологического оснащения и специализированного оборудования или средств контроля; описание и силовые или точностные расчеты спроектированного оборудования или оснастки; разработка маршрутного технологического процесса сборки, регулировки или испытания изделия или одной его функционально законченной сборочной единицы. Общий объем графической части, как правило, ограничивается двумя листами формата А4, а в пояснительной записке технологическая часть занимает 25–35 стр. текста.

2. Анализ технических условий на прибор

2.1. В комплект документации на прибор кроме альбома чертежей, технического описания и паспорта входят технические условия (ТУ). Анализ ТУ является первым этапом технологической подготовки производства прибора. ТУ показывают, в каких условиях должен работать прибор, какие основные характеристики он должен иметь и какова методика проверки соответствия основных характеристик прибора требованиям ТУ.

В ТУ могут входить директивные рекомендации по методам и средствам регулирования выходных параметров прибора, а также указание: изменением каких характеристик и каких элементов целесообразно регулировать те или иные параметры прибора.

2.2. Структура технических условий. ТУ на прибор или блок САУ должны соответствовать требованиям ГОСТ 2,114-70 и содержать следующие типовые разделы:

определение и назначение,
комплектность и связь с чертежами *),
технические требования, *),
маркировка и клеймение *),
порядок предъявления и приемки *),
приемо-сдаточные испытания,
периодические контрольные испытания,
упаковка, маркировка упаковки, хранение на складах и транспортировка *),
приложение.

В разделе "Определение и назначение" указывается, на какие приборы распространяется ТУ и в какие САУ эти приборы входят.

В разделе "Технические требования" перечисляются основные технические требования, предъявляемые к прибору, и приводятся их обоснования (см. приложение).

В разделе "Приемо-сдаточные испытания" указываются последовательность, объем и методика приемо-сдаточных испытаний прибора.

Для проверки соответствия выпускаемых приборов всем требованиям раздела "Технические требования" проводят контрольные испытания небольшой партии приборов.

В разделе "Контрольные испытания" приводятся данные по периодичности, последовательности, по объему и методикам контрольных испытаний в соответствии с отдельными требованиями.

2.3. Раздел "Технические требования" содержит как общие для всех приборов или блоков САУ требования, так и специфические, свойственные только для данного типа прибора или блока. К общим требованиям относятся:

соответствие конструкции чертежам,
внешний вид,
покупные изделия и материалы,
характеристики электропитания,
температурный интервал работы,
электрическое сопротивление изоляции,
омическое сопротивление изоляции,

*) Эти разделы ТУ в конструкторской и технологической части дипломного проекта могут не приводиться или приводиться в сокращенном объеме по согласованию с консультантом.

виброустойчивость,
вибропрочность,
устойчивость к воздействию линейных ускорений,
устойчивость к воздействию ударных нагрузок,
гарантийный срок службы.

Одними из основных специфических требований, присущих только данному типу прибора, являются его нормируемые согласно ГОСТ 8,009-72 метрологические характеристики.

Соответствие прибора техническим требованиям устанавливается в ходе приемо-сдаточных испытаний. Соответствие некоторым требованиям можно установить только в результате контрольных периодических испытаний, включающих и испытание на отработку гарантийного срока службы. Поэтому такому испытанию подвергаются небольшие партии приборов.

2.4. При анализе ТУ должно быть уделено особое внимание обоснованию отдельных требований раздела "Технические требования". Это обоснование технических требований носит индивидуальный характер для каждого типа прибора и блока САУ или входящих в них самостоятельных функциональных элементов.

В приложении приводятся некоторые технические требования к гиromотору и возможные варианты их обоснования.

3. Определение показателей технологичности конструкций приборов

3.1. Показатели технологичности конструкции приборов разработаны на основании ГОСТ 14201-73 ÷ 14203-73, методики Госстандарта СССР, ОСТ и обобщения опыта по отработке и оценке технологичности конструкции изделий.

Данные показатели применены к конструкции отдельных функциональных элементов, используемых в САУ и измерительных комплексах. Они определяются на этапе рабочего проектирования и входят в комплект документации на изделие, передаваемое в серийное производство.

3.2. Технологичным является такое изделие, которое при условии выполнения всех технических требований более удобно в эксплуатации и позволяет при данной серийности производства изготовить его с минимальными затратами труда, материалов и с наименьшим производственным циклом.

Исходя из этого положения строится методика определения показателей технологичности конструкции приборов. Основная идея методики заключается в том, что технологичная конструкция изделия обеспечивает наибольшую производительность труда,

снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого его качества.

3.3. Показатели технологичности используются для:

- а) количественной оценки технологичности конструкции прибора перед передачей его в серийное производство;
- б) указания конструкторам требований по технологичности при выдаче задания на проектирование нового прибора.

3.4. Система показателей содержит:

а) базовые частные коэффициенты, к которым относятся коэффициенты освоения $K_{осв}$, унификации деталей $K_{уд}$ и унификации материалов $K_{ум}$;

б) комплексный коэффициент технологичности $K_{тех}$.

Выражения для определения значений всех частных показателей технологичности должны для "идеального" прибора стремиться к 1; фактические значения частных показателей технологичности K должны находиться в пределах

$$0 < K < 1.$$

3.5. Значения коэффициентов определяются на основе анализа технической документации на изделие (сборочного чертежа и спецификации). Для расчета коэффициентов $K_{осв}$ и $K_{уд}$ составляется табл. 1.

Таблица 1

Общее количество деталей (без крепежных)	В том числе				Количество крепежных деталей
	собственные	заимствованные	стандартные	покупные	
n_{Σ}	$n_{сб}$	$n_{зм}$	$n_{ст}$	$n_{п}$	$n_{кр}$
N_{Σ}	$N_{сб}$	$N_{зм}$	$N_{ст}$	$N_{п}$	$N_{кр}$

В табл. 1 n - число наименований деталей в изделии;

N - общее число деталей в изделии.

Например: пластина статора электродвигателя - одно наименова-

ние ($n = 1$), а общее количество пластин статора в электродвигателе равно 25 ($N = 25$).

Коэффициенты освоения прибора и унификации его деталей определяются по формулам:

$$K_{осв} = \frac{N_{ст} + N_{зм} + N_{п}}{N_{\Sigma}};$$

$$K_{уд} = 1 - \frac{n_{\Sigma} + n_{кр}}{N_{\Sigma} + N_{кр}};$$

где $N_{ст}$, $N_{зм}$, $N_{п}$, N_{Σ} - соответственно число стандартных, заимствованных, покупных и общее число деталей в приборе; n_{Σ} , $n_{кр}$ - число наименований деталей и число наименований крепежных деталей в приборе.

Примечания: 1. К стандартным относятся детали, охваченные ГОСТом и ОСТом, отраслевой нормалью.

2. К заимствованным относятся детали, взятые из других аналогичных разработок, и детали, изготавливаемые по стандартам предприятий (СТП).

3. К собственным относятся детали, которые применяются только в данном приборе и на которые разработаны чертежи в проекте на прибор.

4. Сборочные единицы, полученные армированным литьем или прессованием из пластмасс, принимаются за одну деталь.

5. К крепежным деталям относятся гайки, винты, болты, шпильки, заклепки и т.п., а также монтажные провода, товарные знаки, изоляционные прокладки и т.п.

Коэффициент унификации материалов $K_{ум}$ определяется только для собственных деталей прибора по формуле

$$K_{ум} = 1 - \frac{C_{\Sigma}}{n_{\Sigma}};$$

где C_{Σ} - количество сорторазмеров материалов для изготовления собственных деталей прибора;

n_{Σ} - общее число наименований собственных деталей прибора.

Сорторазмер обусловлен маркой материала и определяющим размером. Для определения $K_{ум}$ составляется табл. 2.

Таблица 2

Количество	Металлы			Пласт- массы	Керамика	Сумма
	черные	цветные	драго- ценные			
Сортораз- мерств материалов	$C_ч$	$C_ц$	$C_д$	$C_п$	$C_к$	$C_Σ$
Собственных деталей	$n_ч$	$n_ц$	$n_д$	$n_п$	$n_к$	$n_Σ$

3.6. Комплексный коэффициент технологичности определяется как произведение базовых частных коэффициентов

$$K_{техн} = K_{осв} \cdot K_{у.д.} \cdot K_{у.м.}$$

3.7. Для установления контрольных значений комплексного коэффициента технологичности и его составляющих базовых частных коэффициентов технологичности, приемлемых для изделий серийного производства, в табл. 3 приводятся допустимые наименьшие значения этих показателей, составленные на основе обобщения статистических данных анализа технологичности конструкции электромеханических приборов и функциональных элементов.

Таблица 3

$K_{техн.}$	$K_{осв.}$	$K_{у.д.}$	$K_{у.м.}$
0,45	0,70	0,80	0,80

Для приборов, имеющих $K_{осв} \geq 0,85$, $K_{у.м.}$ принимается равным 1 и не рассчитывается.

4. Построение технологических схем сборки

4.1. Сборка изделия – дискретный во времени процесс, который состоит из отдельных переходов. Переход – наименьшая законченная часть технологического процесса, выполняемая без перерыва во времени. Упорядоченный набор переходов образует сборочную операцию.

4.2. Первым этапом разработки маршрутного технологического процесса сборки является построение технологической схемы сборки. Дипломник строит технологическую схему сборки для одной из сборочных единиц, входящих в изделие.

Процесс сборки сложного изделия состоит из операций, выполняемых не только последовательно, но и параллельно, а иногда и с циклами. Технологическая схема сборки является графической интерпретацией такого процесса. Наиболее ясно и полно отражают технологический процесс сборки схемы с базовой деталью. При построении технологической схемы сборки используются условные обозначения, представленные в табл. 4.

4.3. Правила построения технологических схем сборки.

1. На условном изображении элемента в нижней половине указывается номер позиции по чертежу; в верхней половине – количество одинаковых элементов. На условном изображении материала указывается марка материала. Покупные элементы штрихуются в верхней половине.

2. Технологическая схема сборки начинается с изображения базовой детали или базовой сборочной единицы, выполняющей в данной конструкции роль корпуса или основания, а заканчивается изображением собранного изделия.

3. Сборочные единицы или детали, собираемые одновременно, присоединяются к линиям сборки в одной точке.

4. Несколько деталей или сборочных единиц, устанавливаемых после их предварительной сборки, но без образования сборочной единицы, присоединяются к дополнительной линии сборки в последовательности их соединения; дополнительная линия сборки подводится к основной в точке операции, на которой формируется сборочная единица с другими элементами изделия.

5. Сборочная единица, формируемая параллельно с основным изделием, строится на дополнительной линии сборки; а дополнительная линия сборки подводится к основной в точке сборки этой сборочной единицы с основным изделием.

6. Стрелка показывает направление сборки. При частичной разборке стрелка направлена от операции к элементу.

7. Знаки контрольных и регулировочных операций подводятся к линии сборки непосредственно после той сборочной единицы, относительно которой они производятся.

8. Определяющий диаметр знака – 10 мм. На рисунке показан пример технологической схемы сборки.

5. Разработка технологического процесса сборки

5.1. Для разработки технологических процессов сборки необходимо иметь исходную информацию, которая, согласно ГОСТ 14.303-73 подразделяется на:

базовую,
руководящую,
справочную.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этого изделия.

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в стандартах всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, оборудование и оснастку;

документации на типовые и перспективные технологические процессы;

производственных инструкциях.

Справочная информация включает данные, содержащиеся в каталогах и типажах прогрессивного оборудования, в справочниках, отчетах по НИР и ОКР и т.д.

5.2. Разработка технологического процесса начинается с составления технологического маршрута, который основывается на технологической схеме сборки и предусматривает определение, содержание операций и применяемого технологического оборудования.

5.3. Разработка операционного технологического процесса сборки включает комплекс взаимосвязанных работ*):

определение содержания и последовательности операций;

определение, выбор и заказ новых средств технологического оснащения (в том числе средств контроля и испытания);

нормирование процесса;

определение организационных форм реализации технологического процесса;

оформление рабочей документации на технологические процессы.

5.4. Информационной основой при разработке технологических процессов являются типовые технологические процессы сборки конструктивно-технологических родственных изделий.

*) Состав и последовательность работ зависит от сложности изделия и типа производства.

6. Проектирование технологического оснащения и специализированного оборудования

6.1. Автоматические системы и измерительные комплексы, используемые для целей навигации, стабилизации и других видов управления, состоят из различных деталей, механических, магнитных и иных устройств, электрических элементов, индуктивных элементов, сложных электронных функциональных устройств, созданных на базе микроэлектроники.

Многообразие этих деталей и сборочных единиц, высокие требования к точности, ресурсу и времени готовности изделий, постоянно растущие требования к производительности и качеству изделий требуют оснащения цехов приборостроительных предприятий специальным высокоточным оборудованием и оснасткой.

Часть этого оборудования и оснастки производится машино- и станкостроительными предприятиями, другая часть (специализированная) проектируется и производится на предприятиях приборостроительных отраслей.

6.2. Все оборудование, используемое при сборке, регулировке и испытаниях, можно разбить на следующие группы.

1. Группа оборудования общего назначения: вибрационные стенды, ударные установки, центрифуги, термобарокамеры, стенды транспортных перегрузок, камеры пыли, солнечной радиации, морского тумана, гигростаты, оборудование для проверки электрических параметров элементов (сопротивления изоляции, электрической прочности, емкости и т.д.), оборудование для проверки частотных характеристик изделия (анализатора спектра частот), универсальное оборудование для контроля линейных и угловых величин, сборочные прессы.

II. Группа оборудования, используемая непосредственно в сборочном процессе: вакуум-пропиточные установки, установки терморadiационной сушки, установки для промывки деталей перед сборкой, установки для комплектации опор перед сборкой (установки для проверки момента трения, жесткости, элементов, контактного угла или частотных характеристик опор, тепловых характеристик опор), установки для статической и динамической балансировки, установки для заполнения приборов жидкостями и газами, установки для намотки элементов с обмотками общего назначения, установки для прошивки элементов запоминающих устройств, установки для формовки выводов электроэлементов, установки для укладки электроэлементов на негативные платы, установки для автоматической пайки электроэлементов и контро-

ля режимов пайки, вакуумные установки для дегазации элементов в процессе сборки, установки для размагничивания элементов, установки для контроля параметров зубчатых колес при сборке, установки для сварки, установки для размагничивания деталей и т.п.

Ш. Группа контрольно-испытательного оборудования: полуавтоматические и автоматические установки для контроля коммутации электрических и электронных элементов изделия, установки для регулировки, градуировки и поверки электроизмерительных приборов, установки и стенды для регулировки, испытаний, снятия статических и динамических характеристик электрических и электронных функциональных элементов изделий, установки для регулировки и испытаний гидро- и пневмоустройств изделий, установки для проверки потерь на трение в редукторах, установки для контроля кинематической точности редукторов, стенды и установки испытаний и регулировки приборов навигации и стабилизации.

6.3. Выбор средств технологического оснащения производится в соответствии с требованиями ГОСТ 14.301-73 и с учетом:

- типа производства и его организационной структуры;
- вида изделия и программы выпуска;
- характера намеченной технологии;
- максимального использования имеющейся стандартной оснастки и оборудования.

6.4. Специальные средства технологической оснастки проектируют на основе использования стандартных деталей и сборочных единиц.

6.5. Средства испытаний должны иметь устройства, воспроизводящие различные воздействия на испытываемые изделия, и устройства, измеряющие параметры испытываемого изделия. Точностные характеристики указанных двух групп устройств средств испытания должны быть увязаны между собой.

Аттестация средств испытаний должна производиться с учетом ГОСТ 8001-71.

6.6. В зависимости от состава конструкторской части дипломного проекта дипломник модернизирует или проектирует один из видов вышеперечисленных групп оборудования. При проектировании выполняется сборочный чертеж оборудования с указанием всех необходимых видов, разрезов и сечений, позволяющих представить местоположение каждого элемента проектируемого оборудования и способ его соединения с другими элементами;

на сборочном чертеже указываются технические требования на сборку. В пояснительной записке даются описание оборудования, инструкция по его эксплуатации, точностные, тепловые, кинематические и другие необходимые расчеты.

Литература

1. А.Н. Гаврилов, И.А. Лебедев. Технология систем управления летательными аппаратами. М., "Машиностроение", 1971.
2. Б.А. Асс, З.Ф. Уразаев, Б.Н. Мясников. Сборка, регулировка и испытания авиационных приборов. М., "Машиностроение", 1969.
3. П.И. Буловский. Основы сборки приборов. М., "Машиностроение", 1970.
4. П.И. Буловский, Э.М. Идельсон. Испытания авиационных приборов. М., "Машиностроение", 1966.
5. Методические указания по дипломному проектированию для приборостроительных специальностей МВТУ. Под ред. Г.В. Тимашкова. М., изд. МВТУ, 1977. с. 3.1.6.

*Б. З. Ф. Уразаев, Б. А. Асс. 1969.
Сборка, регулировка, —*

ПРИЛОЖЕНИЕ

Обоснование технических требований к гиromотору (варианты)

1. Соответствие конструкции чертежам

Гиromотор (ГМ) должен быть изготовлен по технической документации, утвержденной главным конструктором, и соответствовать настоящим условиям.

Обоснование

Изготовление ГМ с отклонениями от параметров технической документации и ТУ приводит к:
увеличению стоимости ГМ,
усложнению технологии изготовления,
невозможности гарантировать надежную работу ГМ.

2. Внешний вид

Габаритные размеры ГМ должны соответствовать габаритному чертежу. Наружная поверхность ГМ не должна иметь раковин, вдутий, вмятин, следов коррозии, трещин и других дефектов.

Обоснование

2.1. Увеличение габаритных размеров ГМ вызывает увеличение его веса, что ухудшает работу гиromотора. Дефекты поверхности ротора увеличивают аэродинамическое сопротивление вращению ротора.

2.2. Габаритные размеры ГМ обусловлены установочными размерами под ГМ в приборе. Невыполнение требований по габаритным размерам не позволит должным образом установить ГМ в приборе.

Наличие перечисленных дефектов наружной поверхности ротора ГМ приводит к ухудшению качества работы прибора.

2.3. Увеличение габаритов ГМ вызывает увеличение потребляемой мощности, что приводит к перегреву статора и подшипников и сокращению срока службы ГМ.

Дефекты поверхности ротора могут служить источниками загрязнения подшипников ГМ и причиной снижения его срока службы.

2.4. Уменьшение габаритов ГМ вызывает уменьшение кинетического момента.

3. Покупные изделия и материалы

Применяемые в ГМ изделия и полуфабрикаты должны соответствовать требованиям государственных стандартов, нормативов, техническим условиям и иметь сертификаты или паспорта, подтверждающие их годность. Подшипники, идущие для комплектации ГМ, должны поставляться заводом-изготовителем с приемкой заказчиком и должны иметь протоколы, подтверждающие возможность их применения в ГМ.

Обоснование

3.1. Применение изделий и материалов, не соответствующих указанным требованиям, не позволяет гарантировать надежную работу ГМ.

Более жесткие требования к подшипникам обусловлены тем, что это основные элементы, определяющие надежную работу ГМ.

3.2. Применение изделий и материалов, не соответствующих указанным требованиям, возможно только после их проверки на заводе-изготовителе ГМ. Это увеличивает стоимость производства ГМ.

4. Электропитание

ГМ должен работать от источника питания трехфазного переменного синусоидального тока напряжением $40 \text{ В} \pm 10\%$, частотой $500 \text{ Гц} \pm 3\%$, при этом скорость вращения ротора ГМ должна быть $30000 \pm 900 \text{ об/мин}$ (в случае синхронного ГМ).

Обоснование

4.1. Выбор напряжения и частоты питания обусловлен необходимостью получения скорости вращения ротора 30000 об/мин . Допуск на скорость вращения определяется допуском на частоту питания.

4.2. Выбор напряжения и частоты питания обусловлен необходимостью получения минимального значения потребляемой мощности.

Допуск на скорость вращения ротора определяется допуском на частоту питания.

4.3. Выбор напряжения и частоты питания обусловлен требованиями минимального перегрева статора.

Скорость вращения ротора пропорциональна частоте питания, поэтому пропорциональны и соответствующие допуски.

5. Температурный режим работы

Гиромотор должен безотказно работать в интервале температур внешней среды от +50 до -60 °С.

ГМ должен безотказно работать при воздействии циклических изменений температуры окружающей среды от -60 до +80 °С.

Обоснование

5.1. В указанном диапазоне температур момент сил трения подшипников минимальный.

5.2. Указанный диапазон температур обусловлен температурным режимом работы гиросприборов, в которых устанавливаются ГМ.

5.3. В указанном диапазоне температур практически не происходит тепловой деформации элементов конструкции ГМ.

6. Виброустойчивость

Гиромотор должен быть виброустойчив и выдерживать вибрации, действующие по оси гиромотора и в плоскости, перпендикулярной ей, в диапазоне частот от 10 до 2500 Гц с перегрузкой до 5g.

Обоснование

6.1. Указанные параметры вибрации характерны для мест крепления гиромотора и являются предельными при устойчивой работе прибора.

6.2. Указанные параметры вибрации в месте крепления прибора на летательном аппарате являются предельными при устойчивой работе прибора. Следовательно, гиромотор должен сохранить свои выходные характеристики при работе в указанных условиях.

7. Пусковой ток гиромотора

Пусковой ток гиромотора должен быть не более 0,25 А.

Обоснование

7.1. Большой пусковой ток характеризует плохое качество шарикоподшипников или низкое качество их монтажа.

7.2. Большой пусковой ток приводит к резкому перепаду температуры между ротором и статором, изменению осевой нагрузки на опоры из-за разности тепловых деформаций деталей.

7.3. На летательных аппаратах все устройства – потребители электрической энергии имеют ограничения по величине потребляемого тока из-за ограниченных возможностей бортовых источников энергии.