

ЛЕКЦИЯ 4

3. Рабочее проектирование

Рабочий проект выполняется с целью создания и отработки полного комплекта конструкторской документации ОЭП, достаточной для изготовления опытного образца прибора. Рабочее проектирование может выполняться как самостоятельный этап, но иногда для ускорения процесса проектирования его начинают на этапе технического проекта (технорабочий проект).

Этап рабочего проектирования характеризуется тесным взаимодействием конструкторских и технологических подразделений предприятия.

Основными видами работ на этом этапе являются:

- детальная разработка конструкции прибора и его узлов с указанием технологических требований к сборке и юстировке;
- доведение всех схем до рабочего состояния (выполняются монтажные схемы, на оптических схемах приводятся требования по юстировке и т.п.);
- составление спецификаций и сводных ведомостей покупных и стандартных изделий и деталей, марок и сортов материалов;
- разработка ведомостей и чертежей согласования применения готовых изделий;
- согласование методик юстировки, настройки, монтажа, испытаний;
- составление технического описания, технических условий, инструкций по эксплуатации, формуляра, технического паспорта;
- составление ведомости запасного инструмента и принадлежностей (ЗИП);
- разработка технологических процессов изготовления наиболее сложных и ответственных деталей.

Рабочие чертежи должны обеспечивать возможность оптимального применения стандартных, покупных и освоенных ранее изделий, рационально ограниченную номенклатуру материалов, покрытий, размеров, резьб, допусков и т. п., необходимую степень взаимозаменяемости, экономичные способы изготовления, максимальное удобство при эксплуатации.

В процессе рабочего проектирования выполняются контрольно-сборочные чертежи узлов и прибора в целом для выявления ошибок в рабочих чертежах деталей до их изготовления и сборки. Контрольно-сборочный чертеж вычерчивают по рабочим чертежам деталей путем считывания всех необходимых размеров, проверки правильности простановки допусков на сопрягаемые детали и тщательного переноса размеров в соответствии с необходимым масштабом на поле чертежа.

Все выявленные ошибки и неточности рабочих чертежей устраняются, после чего чертежи проходят нормоконтроль по **ГОСТ 2.111-68**, технологический контроль и утверждаются.

4. Технологический уровень.

Рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи являются основной документацией, руководствуясь которой можно осуществить изготовление опытного образца прибора. Дополнением к ним являются технические условия, содержащие все отсутствующие в чертежах, но необходимые для изготовления и отладки технические требования, а также требования на приемку и испытания.

Технические условия составляют в соответствии с **ГОСТ 2.114-70** на основе ТЗ, чертежей и документации технического проекта.

Составление методики юстировки и настройки должно быть увязано с выпуском рабочих чертежей контрольно-юстировочной аппаратуры. После подготовки и утверждения всей необходимой документации опытное производство предприятия изготавливает опытный образец или партию приборов. Конструкторские подразделения предприятия осуществляют наблюдение за ходом изготовления и оказывают необходимую помощь производству. Возникающие в процессе изготовления замечания к документации исправляются.

Изготовленные опытным производством образцы приборов передаются на всесторонние испытания. При проведении предварительных испытаний проверяют правильность функционирования, соответствие приборов техническим условиям и техническому паспорту. Эти испытания могут проводиться как в условиях заводской испытательной лаборатории (на соответствующих стендах), так и в условиях предполагаемой эксплуатации. Если изготовленные приборы прошли предварительные испытания, их передают на государственные испытания для полной проверки опытного образца прибора на соответствие ТЗ и техническим условиям. Так же, как и предварительные, государственные испытания могут проводиться в лабораторных и полевых условиях.

Государственные испытания осуществляются под руководством государственной комиссии, состоящей из специалистов отраслевых НИИ, представителей заказчика и предприятия-разработчика. Испытания регламентируются специальной программой. Государственным испытаниям подвергаются приборы, прошедшие предварительные испытания и снабженные всей необходимой технической документацией, что подтверждается соответствующим актом.

В процессе государственных испытаний фиксируются все замечания. Если они легко устранимы, то испытания продолжаются; если носят принципиальный характер, то опытные образцы и документация возвращаются на доработку, после которой вновь представляются на испытания.

По окончании испытаний составляется акт, где дается заключение о соответствии прибора ТЗ и о возможности его запуска в серийное или массовое производство, а также приводятся замеченные недостатки, которые должны быть устранены в процессе подготовки прибора к следующему этапу производства.

Перед серийным производством обеспечивается технологическая подготовка производства, заключающаяся в проектировании технологического процесса изготовления деталей и сборки, конструировании и изготовлении технологической оснастки, разработке методики контроля технических характеристик прибора и проектировании соответствующей контрольно-юстировочной аппаратуры.

По окончании этапа технологической подготовки производства может быть изготовлена установочная партия приборов, на которой окончательно отрабатываются конструкторская документация и технологический процесс, а также проверяются наличие требуемых технологической оснастки и контрольно-юстировочной аппаратуры и их возможности.

При соответствии установочной партии приборов и технической документации предъявляемым требованиям приборы запускаются в серийное производство.

Конструкторская документация

Разработка и изготовление любого ОЭП связаны с выпуском конструкторской документации. Конструкторская документация прибора — это совокупность документов, которые полностью и однозначно определяют все необходимые и достаточные данные для изготовления, настройки и юстировки, приемки, эксплуатации и ремонта как всего прибора в целом, так и его составных частей.

Согласно **ГОСТ 2.102-68** к конструкторской документации относятся следующие графические и текстовые документы:

- **чертеж детали**, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- **сборочный чертеж** (СБ), содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля
- **чертеж общего вида** (ВО), определяющий конструкцию прибора, взаимодействие его основных составных частей, поясняющий принцип работы изделия, включая форму деталей и характерные размеры, которые облегчают уяснение формы элементов деталей, содержащий предельные отклонения сопрягаемых поверхностей и сопровождаемый техническими требованиями к прибору;
- **теоретический чертеж** (ТЧ), определяющий геометрическую форму прибора и координаты расположения составных частей;
- **габаритный чертеж (ТЧ.)**, представляющий собой контурное (упрощенное) изображение прибора с габаритными, установочными и присоединительными размерами;
- **монтажный чертеж (МЧ)** — упрощенное изображение прибора с данными, необходимыми для его установки на месте эксплуатации;
- **схемы по ГОСТ 2.701-84**, на которых показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними;

- **спецификация** — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация в общем случае состоит из разделов: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Требования к выполнению спецификаций регламентирует **ГОСТ 2.108-68**;
- **ведомости** спецификаций (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), согласования применения изделий (ВИ), держателей подлинников (ДП), технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП);
- **пояснительная записка (ПЗ)** содержит описание прибора и принципа его действия, а также обоснование принятых при разработке прибора технических и технико-экономических решений;
- **технические условия (ТУ)** содержат требования к прибору и его составным частям и деталям и обычно включают следующие разделы: вводную часть с указанием назначения, области применения прибора и условий его эксплуатации; состав комплекта прибора; технические требования к материалам, отдельным деталям, сборочным единицам и прибору в целом; требования к покрытиям и окраске; методы контроля технических характеристик, порядок приемки, проверок и испытаний; требования к транспортированию и хранению, смазыванию, упаковке; порядок маркировки; указания о гарантийных обязательствах изготовителя;
- **программа и методика испытаний (ПМ)**;
- **патентный формуляр (ПФ)**;
- **карта технического уровня и качества изделия (КУ)**, характеризующая уровень качества прибора, соответствие его технических и экономических показателей достижениям науки и техники и потребностям народного хозяйства;
- **таблицы (ТВ)**;
- **расчеты (РР)**;
- **инструкции (И)**, представляющие собой документы, используемые при изготовлении прибора (сборке, регулировании, контроле, приемке и т.п.). Помимо конструкторских документов в соответствии с **ГОСТ 2.601-68** разрабатывается комплект эксплуатационных документов, в том числе:
 - **техническое описание (ТО)**, дающее общее представление о приборе, его технических характеристиках, принципе его работы и устройстве, комплектации и другие сведения;
 - **инструкция по эксплуатации (ИЭ)**, которая может быть частью технического описания, но может быть и самостоятельным документом. В инструкции приводятся методика работы с прибором и его проверки, правила монтажа, подготовки прибора к работе, обращения с прибором, разборки, чистки, смазывания, транспортирования, а также указания по технике безопасности и т.п.;
 - **технический паспорт (ПС) и формуляр (ФО)** — документы, сопровождающие прибор в процессе эксплуатации. Технический паспорт включает основные номинальные технические характеристики прибора,

результаты исследования технических характеристик, состав комплекта, свидетельство о приемке, положения о гарантиях и сведения о рекламациях, номер прибора и номера комплектующих изделий. В формуляре наряду с основными сведениями, приведенными в паспорте прибора, даются сведения о режиме работы, учете времени эксплуатации, отметки о текущем состоянии прибора, его техобслуживании и ремонте;

- **ведомость ЗИП (ЗИ)** устанавливает номенклатуру, назначение и количество запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, необходимых при эксплуатации и ремонте прибора;
- **ведомость эксплуатационных документов (ЭД).**

Состав **ремонтных документов** определяется **ГОСТ 2.602-68**. Эти документы предусматривают технически возможное и экономически целесообразное восстановление технических параметров прибора при эксплуатации на различных стадиях.

Важное место в конструкторской документации ОЭП принадлежит схемам. В соответствии с **ГОСТ 2.701-84** виды схем обозначаются буквами, а их типы — цифрами.

В оптико-электронном приборостроении используются в основном схемы следующих видов:

- **электрические - Э,**
- **кинематические - К,**
- **оптические - Л,**
- **комбинированные - С.**

Схемы в зависимости от их типа имеют следующие обозначения;

- **структурные - 1,**
- **функциональные - 2,**
- **принципиальные - 3,**
- **соединений - 4,**
- **подключения - 5,**
- **общие - 6,**
- **расположения - 7.**

Например, схема электрическая функциональная имеет шифр Э2.

Специфическими конструкторскими документами ОЭП являются комбинированная функциональная и оптическая принципиальная схемы.

Функциональная комбинированная схема иллюстрирует процессы преобразования сигналов, происходящие в функциональных цепях прибора и в приборе в целом. Эта схема является основным документом, раскрывающим принцип работы прибора. При выполнении функциональных схем ОЭП руководствуются следующими положениями [28].

Функциональная схема выполняется без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей прибора либо не учитывается вообще, либо учитывается приближенно.

При выполнении функциональной комбинированной схемы могут быть использованы условные обозначения, применяемые при выполнении схем других видов (оптических, кинематических, электрических и т.д.). Схема должна быть выполнена компактно, но без ущерба для ясности и удобства чтения.

Элементы и узлы схемы, являющиеся отдельными функциональными частями, допускается изображать в виде прямоугольников с указанием вида элемента и его характеристик.

При выполнении схемы необходимо пользоваться условными графическими изображениями, установленными ГОСТами. При отсутствии соответствующего стандартизованного условного обозначения элемент на схеме изображают либо в виде, приближенно соответствующем его конструктивному исполнению, либо в виде прямоугольника, внутри которого написано название элемента.

Условные графические обозначения, стандартизованные или построенные на основе стандартизованных обозначений, на схемах не поясняются. Элементы, составляющие функциональные группы или устройства, на схемах допускается выделять штрих-пунктирными линиями, указывая внутри контура наименование или тип группы. Для наглядности допускается изображать элементы схем различных видов, а также отдельные элементы и устройства, не входящие в данный прибор, но необходимые для пояснения принципа его работы.

Технические характеристики элементов или частей схемы следует указывать рядом с графическим обозначением или на свободном поле схемы. На схеме могут быть поясняющие надписи, диаграммы, таблицы, определяющие последовательность процессов во времени.

Механические связи между элементами схемы указываются штриховой линией, электрические и оптические - сплошной.

Оптические схемы выполняются в соответствии с **ГОСТ 2.412—81** в определенном масштабе. На схеме показывают все оптические детали прибора, источники света и приемники излучения (условными графическими обозначениями), положение диафрагм, зрачков, фокальных плоскостей или плоскостей изображения предмета. Номера позиций оптических деталей присваивают по ходу луча.

На оптической схеме помещают также основные оптические характеристики прибора; таблицу с указаниями параметров для некоторых сборочных единиц оптической системы (объективов, конденсоров, коллективов и т.п.); наименование, шифр или тип источников света и приемников излучения; таблицу — перечень деталей; таблицу световых диаметров оптических деталей, соответствующих им стрелок прогиба и толщины по оси; для призм указывается длина развертки.

На оптической схеме показывают диаметры диафрагм, размеры зрачков, размеры тела накала и т.п.; воздушные промежутки и другие размеры по оси, определяющие взаимное положение деталей, зрачков, диафрагм и т.п.; размеры, определяющие пределы перемещения или предельные углы поворота оптических деталей и некоторые другие размеры.

При разработке ОЭП наряду с рассмотренными выполняются и другие схемы, перечисленные выше, если они необходимы. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия. Схема соединений показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты и кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, соединители, фланцы и т. п.).

Схема подключения показывает внешнее подключение изделия. Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Схема расположения задает относительное положение составных частей изделия, а при необходимости проводов, жгутов, кабелей, светопроводов и т.п.

Все перечисленные схемы могут быть использованы при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации приборов. Правила выполнения схем регламентируются соответствующими стандартами ЕСКД, относящимися к 7-й группе.

При разработке рабочих чертежей деталей необходимо руководствоваться **ГОСТ 2.109-73**, а также соответствующими стандартами ЕСКД, относящимися к 3-й и 4-й группам (см. табл. 5.3).

Правила выполнения сборочных, общих видов, габаритных и монтажных чертежей устанавливает **ГОСТ 2.109-73**, а спецификаций — **ГОСТ 2.108—68**.

Оформление текстовых документов должно выполняться в соответствии с **ГОСТ 2.106-68**.

Каждый конструкторский документ должен иметь определенное обозначение в соответствии с обезличенной классификационной системой обозначений изделий и документов. Обозначение изделия и его основного конструкторского документа (спецификации и чертежа детали) имеет следующую структуру: индекс организации-разработчика; классификационная характеристика; порядковый регистрационный номер. К обозначениям всех остальных документов добавляются шифры (например, СБ, Э2, ЛЗ, ТУ и т.п.).

В соответствии с **ГОСТ 2.501-88** все подлинники, дубликаты и копии конструкторской документации подлежат учету и хранению в отделе

технической документации (ОТД). Подлинник для сдачи в ОТД должен иметь необходимые подписи, подтверждающие его соответствие нормам, и предусмотренные согласования со всеми заинтересованными службами. Вносить изменения в конструкторскую документацию или аннулировать ее имеет право только предприятие—держатель подлинников. Основой для этого служит «Извещение об изменении». Изменяемые размеры, слова, знаки, надписи и т.п., как правило, зачеркивают так, чтобы можно было легко прочитать зачеркнутое, и рядом с зачеркнутым проставляют новые данные.