

# Конструирование оптико- электронных приборов

---

**ГОРОДНИЧЕВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ**  
Заведующий кафедрой РЛ-5  
«Элементы приборных устройств»

2019 г.

## Литература

1. Парвулюсов Ю.Б. и др. Проектирование оптико-электронных приборов. Учебник для ВУЗов. / Под ред. Ю.Г. Якушенкова. - М, Логос. 2000. - 488 с.
2. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов. Учебное пособие – СПб.: Лань, 2015. - 560 с.
3. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. Учебник. - Москва: Логос, 2011. - 568 с.
4. Якушенков Ю.Г. Основы оптико-электронного приборостроения. Учебник. - Москва: Логос, 2013. - 376 с.

5. Потапцев И.С., Нарыкова Н.И., Перминова Е.А., Буцев А.А. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании. Учебное пособие для студентов в 2-х частях. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - Ч.1. - 78 с.; 2012. - Ч.2. - 81 с.

6. Пономарев В.М. и др. Проектирование оптико-электронных приборов. Учебное пособие. - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

7. Элементы приборных устройств. Основной курс. Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч.: под ред. О.Ф. Тищенко. -М.: Высшая школа, 1982. - Ч. 1. -304 с.; Ч. 2. -264с.

8. Пивоваров В.Н., Нарыкова Н.И., Климов В.Н. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании. Учебное пособие по курсам «Основы конструирования приборов. Проектирование оптико-электронных приборов. Детали машин и приборов». - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 60с: ил. 28.

# Оптико-электронные приборы. Назначение, состав, обобщенная схема, классификация

Свойства **электромагнитного излучения** широко используются в современной науке и технике, особенно в бесконтактных дистанционных устройствах контроля, измерения, передачи и преобразования информации, сбора и передачи энергии и др.

Среди приборов, основанных на использовании электромагнитного излучения, особое место занимают **оптико-электронные приборы (ОЭП)**, которым свойственны:

- высокая точность;
- быстродействие;
- возможность обработки многомерных сигналов;
- другие ценные для практики свойства.

**Оптико-электронными** называются приборы, в которых информация об исследуемом или наблюдаемом объекте переносится оптическим излучением (содержится в оптическом сигнале), а ее первичная обработка сопровождается преобразованием энергии излучения в электрическую энергию.

В состав этих приборов входят как **оптические**, так и **электронные** звенья, причем и те и другие выполняют основные функции данного прибора, а не являются вспомогательными устройствами (например, узлами подсветки отсчетных шкал, устройствами термостабилизации и т. д.).

Может встречаться также термин **«оптические приборы»**, что будет подразумевать - **«Оптические приборы, содержащие в своем составе механические, электронные и оптические функциональные устройства и элементы»**, т.е. фактически - ОЭП.

**ОЭП** является сложной системой, включающей в себя большое число различных по своей физической природе и принципу действия звеньев - аналоговых и цифровых преобразователей сигналов, микропроцессоров, оптических, механических и электромагнитных узлов. Поэтому **ОЭП** часто называют **оптико-электронными системами (ОЭС)**.



Учитывая большое разнообразие оптико-электронных приборов и их широкое применение в самых различных областях науки и техники в курсе лекций рассмотрены общие для большинства ОЭП вопросы проектирования, достаточно общие и часто используемые на практике методы расчета и выбора основных параметров ОЭП, особенности конструкции и методы расчета параметров типовых узлов ОЭП.

Действие оптико-электронных приборов основано на приеме и преобразовании электромагнитного излучения в различных диапазонах оптической области спектра, т. е. в его **ультрафиолетовой (УФ), видимой и инфракрасной (ИК)** частях.

Одна из возможных обобщенных схем работы оптико-электронных приборов представлена на **рис. 1.**



Рис. 1.  
Обобщенная схема  
работы ОЭП

Источник излучения естественного или искусственного происхождения создает материальный носитель полезной информации - поток излучения.

Этим источником может быть сам исследуемый объект. Часто источник излучения дополняется передающей оптической системой, которая направляет поток на исследуемый объект или непосредственно в приемную оптическую систему (если наблюдается сам источник).

Приемная оптическая система собирает поток, излучаемый наблюдаемым объектом или отраженный от него, формирует этот поток и направляет его на приемник излучения **(ПИ)**.

**ПИ** преобразует **оптический сигнал** в **электрический**.

Источник излучения (с передающей оптической системой), приемная оптическая система, приемник излучения, а иногда и первые звенья следующего за приемником электронного тракта образуют систему первичной обработки информации опико-электронного прибора.

Назначением ее является получение сигнала (информации) от наблюдаемого или исследуемого объекта в виде, удобном для дальнейшей обработки или использования.

Электронный тракт передает сигнал на выходной блок.

Выходной блок формирует сигнал, по своим параметрам удовлетворяющий требованиям получателя информации.

Таким образом непосредственно в состав **ОЭП** входят:  
**приемная оптическая система, приемник излучения, электронный и выходной блоки.**

Помимо исследуемого объекта («полезный» излучатель) на **рис. 1** показаны и возможные на практике «вредные» излучатели - фоны, помехи. Взаимное расположение звеньев может быть и несколько иным.

Отдельные звенья на практике представляют собой весьма сложные устройства, например, в состав источника излучения могут входить передающая оптическая система, фильтры, модулятор и др.

Иногда в состав оптико-электронного прибора не входят некоторые из перечисленных звеньев. Это определяется, как правило, методом работы прибора.

Различия в принципах работы звеньев оптико-электронных приборов, в способах обработки сигналов, проходящих через них, а также разнообразие условий эксплуатации ОЭП обуславливают сложность и многоступенчатость процесса проектирования этих приборов и требуют тщательного анализа как условий работы ОЭП, так и состояния имеющейся в распоряжении разработчика элементной базы.



Все оптико-электронные приборы предназначены для получения информации об объектах окружающей среды, переносимой оптическими сигналами.

Хорошо известны ОЭП, используемые для локации, исследования природных ресурсов, измерения оптических свойств различных объектов и др.

Многие ОЭП работают в составе следящих систем, используемых в навигации и ориентации, в системах машинного зрения, устройствах автоматического контроля и управления, системах управления летательных аппаратов (ЛА), системах наведения и во многих других устройствах для измерения линейных, угловых величин и определения координат объектов.

Определенной спецификой обладают оптико-электронные системы противодействия и подавления оптических схем противника.

Признаки, по которым классифицируют оптико-электронные приборы, самые различные.

Наиболее многочисленную группу составляют приборы, предназначенные для передачи, приема, обработки и хранения информации.

Другую группу составляют приборы, предназначенные для передачи, приема и использования энергии.

В курсе лекций рассмотрим оптико-электронные приборы первой группы, хотя физические принципы работы приборов обеих групп одинаковы.

## Краткая классификация оптико-электронных приборов

Классификация оптико-электронных приборов возможна по широкому кругу признаков в зависимости от принципов построения приборов и характера их применения.

**В зависимости от спектрального состава** используемого излучения ОЭП подразделяют на приборы, работающие в **ультрафиолетовой (УФ-приборы), видимой и инфракрасной (ИК-приборы)** областях спектра.

Это деление весьма условно, поскольку очень часто при работе ОЭП используется излучение, охватывающее соседние диапазоны или перекрывающее в той или иной степени все перечисленные области.

**По степени автоматизации** выделяют **автоматические** ОЭП, в которых весь цикл обработки информации проходит без участия оператора, и **неавтоматические**, где роль человека в решении поставленной задачи зачастую является определяющей.

Например, полностью автоматическими являются системы самонаведения.

**По методу работы** оптико-электронные приборы с учетом особенностей их построения и возможности управления параметрами излучения делят на **активные**, при использовании которых исследуемый или наблюдаемый объект облучается источником электромагнитных волн (например, лазером), и **пассивные**, при работе которых используется собственное излучение исследуемого объекта, принимаемое ОЭП, а часто и отраженное от объекта излучение, создаваемое другими источниками естественного (солнца, луны) или искусственного происхождения.

В соответствии с **условиями эксплуатации** оптико-электронные приборы подразделяют на **лабораторные, цеховые, полевые и бортовые.**

Наиболее емким признаком классификации является **назначение** (область применения). Практически невозможно найти область техники, где бы в настоящее время не применялись оптико-электронные приборы. Можно указать некоторые области, в которых применение ОЭП является решающим фактором их дальнейшего развития.

Это **навигация, астрофизика, геодезия, робототехника, медицина, военная техника и т.п.**

По **назначению** ОЭП и оптико-электронные системы можно также подразделить на несколько больших классов:

- **Информационно-измерительные** приборы (для сбора информации с целью решения задач обнаружения и распознавания объектов и для измерения значений параметров сигналов, характеризующих свойства объектов).



- **следающие** системы (для измерения заданных параметров объектов и формирования управляющих сигналов, вызывающих уменьшение рассогласования между значениями входных и выходных регулируемых параметров),
- приборы и системы **обнаружения, визуализации, обработки и распознавания** изображения и др.

Возможны и другие способы классификации ОЭП, например по виду модуляции, по параметру сигнала, несущему полезную информацию.

Оптико-электронные приборы внутри каждой из классификационных групп могут подразделяться по конструктивным или иным признакам.

Кроме того, между всеми классификационными признаками существуют прямые и косвенные связи.

Например, контрольно-измерительные приборы могут быть угломерными, автоматическими, цеховыми и т.д.

Несмотря на многообразие современных оптико-электронных приборов, им присущи и общие признаки.

Структурные схемы значительной части ОЭП достаточно единообразны.

Общей является элементная база многих ОЭП.

Наконец, общностью обладают многие методы и методики синтеза и анализа различных ОЭП.

# Основные критерии оценки качества ОЭП

**Качеством прибора** называется совокупность свойств прибора, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

Для объективной оценки качества прибора его свойства характеризуют количественно - показателями качества.

**Критерии качества** - это комплекс показателей, используемых для оценки свойств прибора.

**Показатели качества** характеризуют технико-экономические особенности прибора и классифицируются по основным группам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Наименования групп показателей	Характеристики прибора
Показатели назначения	Область применения, производительность, точность, разрешающую способность, дальность действия, и т. п.
Показатели надежности	Безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость
Показатели технологичности	Оптимальность условиям современного производства
Эргономические показатели	Приспособленность к взаимодействию с человеком
Эстетические показатели	Соответствие современному стилю, гармонии, «красоте»
Показатели стандартизации и унификации	Использование стандартных, унифицированных, заимствованных конструкций и элементов
Патентно-правовые показатели	Новизна технических решений
Экономические показатели	Затраты на проектирование, производство и эксплуатацию
Показатели безопасности	Защищенность людей и животных, защищенность прибора
Экологические показатели	Воздействие на окружающую среду

**Показатели назначения** - характеризуют свойства опτικο-электронных приборов, которые определяют их основные функции и, тем самым, область применения ОЭП. А именно - производительность, точность, светосилу, разрешающую способность, дальность действия, габариты, массу и т. п.

**Показатели назначения** являются основными, они характеризуют техническую сущность прибора.

Ввиду большого разнообразия ОЭП показатели назначения могут быть самыми различными. Это наиболее многочисленная группа показателей качества изделий.

Для ОЭП существуют:

- как **общие показатели назначения** (показатели точности функционирования, качества изображения, создаваемого оптическими системами);
- так и **частные показатели назначения** (показатели, характеризующие параллельность визирных осей бинокулярных приборов, увеличение микроскопов, светосилу фотографических, мощность излучения лазерных приборов и т. д.).



**Надежность** определяется как свойство прибора сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнить требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

**Надежность** прибора зависит от количества и качества входящих в него элементов, условий работы (температуры, влажности, механических воздействий и т. п.), схемного и конструктивного выполнения прибора, технологии изготовления и качества материала элементов.

## Показатели надежности - характеризуют:

- **безотказность** - свойство прибора сохранять работоспособность в течение некоторого промежутка времени или наработки без вынужденных перерывов;
- **долговечность** - свойство прибора к длительной эксплуатации с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов;
- **ремонтпригодность** - приспособленность прибора к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем технического обслуживания и ремонтов;

- **сохраняемость** - свойство прибора сохранять свои показатели в течение и после срока хранения и транспортировки.

Сложность ОЭП, включающих оптические, механические и электронные узлы, требования к работоспособности этих приборов в резко изменяющихся условиях эксплуатации ставят перед конструктором задачу - создать прибор, обладающий высокой надежностью в течение всего срока службы.

**Показатели технологичности** - характеризуют степень соответствия прибора и его элементов оптимальным условиям современного производства.

Важными технологическими показателями качества прибора являются, например:

- **коэффициент сборности** (блочности) прибора характеризует простоту монтажа и сборки прибора и представляет собой долю конструктивных элементов, входящих в отдельные блоки, в общем числе элементов, входящих непосредственно в состав ОЭП.

- **коэффициент использования материала** представляет собой количество материала (объём или массу) в готовом изделии делёную на общее количество материала, пошедшее на изготовление изделия.
- **удельная трудоемкость** характеризует количество труда, необходимого на изготовление единицы продукции.

**Эргономические показатели** - характеризуют степень приспособленности прибора к взаимодействию с человеком с позиции удобства работы, гигиены, безопасности труда. Их улучшение направлено на ликвидацию источников утомления человека в процессе труда и предупреждение различных профессиональных заболеваний.

Эргономические показатели разделены на:

- **гигиенические** (уровень шума, амплитуда и частота вибраций, уровень радиации, температура, степень загазованности, токсичности и т. п.);

- **антропометрические** (размеры и расположение экранов, индикаторов, рукояток, наглазников, налобников, форма сидений и т. п.);
- **психофизиологические** (диапазоны усилий на рукоятках, скорости выполнения движений, уровень освещенности, цвет и яркость световых сигналов, тембр и сила звуковых сигналов и т. д.);
- **психологические** (объем и интенсивность потока информации, количество и частота выполняемых операций, количество и расположение контрольных, сигнальных, управляемых элементов и т. д.).

## **Эстетические показатели** - характеризуют:

- внешний вид прибора;
- его соответствие современному стилю;
- гармоничность сочетания отдельных элементов прибора друг с другом;
- соответствие формы прибора его назначению;



- качество и совершенство отделки внешних элементов, поверхностей и упаковки;
- выразительность и качество надписей, знаков, технической документации (проспекта, каталога, инструкции, паспорта).

## Показатели стандартизации и унификации -

характеризуют степень использования и применения в данном приборе стандартизованных, унифицированных и заимствованных узлов и деталей.

Чем больше таких элементов будет в проектируемом приборе, тем меньше затраты на их конструирование, технологическую подготовку производства, выше, как правило, надежность функционирования, проще организовать обслуживание и ремонт.

**Патентно-правовые показатели** - характеризуют степень новизны заложенных в оптико-электронных приборах технических решений а также вопросы патентно-правовой защиты и определяются **патентоспособностью** и **патентной чистотой**.

**Патентоспособным** является решение, которое может быть признано изобретением в одной или нескольких странах.

**Патентной чистотой** обладают решения, не попадающие под действие (не нарушающие прав) других патентов.

**Экономические показатели** - выражаются прежде всего в **стоимости** прибора и характеризуют уровень затрат на проектирование, производство и эксплуатацию опто-электронного прибора.

Среди них выделяют **полную себестоимость и оптовую цену** прибора.

**Показатели безопасности** - характеризуют степень защищенности людей и животных от опасного воздействия приборов (защита от электрического удара, электромагнитных полей, теплового воздействия, радиации, оптических излучений, шума, токсичных и газовых выделений, вибраций и т. д.), а также самих приборов от климатических, механических, биологических и других воздействий на них.

Таковыми показателями, например, являются **категория** и **класс** исполнения и эксплуатации.

**Экологические показатели** - характеризуют степень вредного влияния на окружающую среду и ее загрязнение при изготовлении, эксплуатации и утилизации опико-электронных приборов.

Следует обратить внимание на то, что именно при проектировании и конструировании ОЭП (а не при его изготовлении, эксплуатации) закладываются потенциальные возможности будущего прибора, возникает возможность наиболее эффективно повысить все показатели его качества по сравнению с существующими техническими решениями (прототипом).

Например, потребительская стоимость приборов, экономичность их производства и эксплуатации, как показали исследования, на 75% определяются в ходе конструкторской подготовки производства.

# Условия работы оптико- электронных приборов и основные требования, предъявляемые к ним



# Требования по внешним условиям и условиям эксплуатации

К внешним условиям, оказывающим влияние на работу оптико-электронных приборов, могут быть отнесены:

- климатические факторы;
- механические воздействия, возникающие при транспортировании и эксплуатации;
- различные виды силовых полей;
- действие ионизирующего излучения.

В процессе **эксплуатации** различают два режима:

- **устойчивость** - сохранение работоспособности ОЭП при воздействии дестабилизирующих факторов с экстремальными значениями;

- **прочность, стойкость** - обеспечение работоспособности ОЭП в нормальных условиях после воздействия на неработающий прибор дестабилизирующих факторов с экстремальными значениями.

Наиболее разнообразно влияние **климатических** факторов:

- температуры;
- влажности;
- давления окружающей среды;
- воздействия твердых и газообразных примесей;
- солнечного излучения;
- ветровой нагрузки;
- биофакторов.

**Температура окружающей среды** оказывает существенное влияние на работу приборов, так как при ее изменении практически все элементы и детали опико-электронных приборов меняют свои свойства.

Диапазон температур, в котором приходится работать ОЭП, весьма широк. Даже в земных условиях возможны перепады температуры воздуха от  $-80^{\circ}\text{C}$  (в Антарктиде) до  $+55^{\circ}\text{C}$  (в тропических районах) и до  $+200^{\circ}\text{C}$  (в нефтяных скважинах).

В отдельных случаях требуется обеспечить нормальную работу прибора в еще более жестких температурных условиях.

Например, температура на поверхности Венеры достигает  $+300^{\circ}\text{C}$ , а в условиях космического пространства при затенении от солнечного излучения близка к абсолютному нулю.

Большинство оптико-электронных приборов эксплуатируется в нормальных температурных условиях.

Для многих видов приборов, используемых на открытом воздухе, требуется обеспечить нормальную работу в интервале температур  $-50... +50^{\circ}\text{C}$ .

При недостаточном учете влияния перепадов температуры возможны ухудшение качества оптического изображения:

- из-за термооптических аберраций и смещения плоскости изображения за счет температурных деформаций;
- появление расклеек в компонентах;
- разрушение оптических деталей вследствие разности показателей расширения оптических материалов и материалов оправ.

**Тепловые воздействия** на электронные элементы проявляются, в частности:

- в изменении параметров приемников излучения;
- изменении номинальных значений параметров и характеристик электрорадиоэлементов;
- нарушении контактов и пробоях в изоляционных материалах.



В кинематических цепях при изменении **температуры** ВОЗМОЖНЫ:

- ухудшение прочности материалов;
- повышение трения за счет изменения зазоров и вытекания или загустения смазочного материала.

При неравномерном нагреве или охлаждении могут появляться деформации, приводящие к заклиниванию кинематических механизмов.

**Наличие влаги** может привести к запотеванию оптических деталей, особенно в сочетании с резким изменением температуры.

Пары воды, вступая в химическую реакцию с материалами, приводят:

- к коррозии металлов,
- изменению физико-химических свойств специальных покрытий оптических деталей и изоляционных материалов.

Под воздействием влаги ухудшаются контактные соединения за счет окисления контактов.

При проектировании предусматривают меры по защите приборов от воздействия влаги.

Часто с этой целью приборы герметизируют, а внутренний объем осушают продувкой сухого очищенного воздуха.

Могут применяться также специальные влагопоглотители.

**Давление окружающей среды** оказывает заметное влияние на функционирование оптико-электронных приборов.

При понижении давления воздуха падает значение напряжения пробоя, что особенно важно помнить при использовании высоковольтных элементов.

Кроме этого, существенно возрастает скорость испарения смазочного материала, что может привести к повышению трения и заклиниванию элементов кинематики прибора.

В связи с уменьшением давления отвод теплоты за счет конвекционного переноса падает, в результате чего резко возрастает вероятность перегрева элементов прибора.

Поэтому необходимо:

- либо применять специальные материалы и элементы, рассчитанные на работу в условиях пониженного давления;
- либо осуществлять герметизацию прибора с созданием нормального рабочего давления внутри.

На работу оптико-электронных приборов оказывают влияние не только рассмотренные выше климатические факторы, но и содержащиеся в воздухе **песок и пыль**.

Их механическое воздействие в сочетании с воздействием влаги и нагрева иногда приводит к значительному ухудшению характеристик приборов.

В сочетании с ветровым воздействием наличие в воздухе частиц песка и пыли приводит к абразивному разрушению полированных и окрашенных поверхностей. При этом вследствие матирующего эффекта возможен выход из строя оптических систем.

Для приборов, эксплуатируемых на открытом воздухе, необходимо учитывать **воздействие солнечного излучения**, приводящее к перегревам, нарушениям лакокрасочных покрытий, усилению коррозии при одновременном воздействии кислорода и влаги воздуха, быстрому старению резины, пластмасс и электрической изоляции.

При длительной эксплуатации и хранении приборов, а также при эксплуатации в тропических условиях следует учитывать **влияние биофакторов**, к которым относятся плесневые грибы, насекомые и грызуны.

Развитие плесени ухудшает механические и электрические параметры приборов, а также пропускание оптических деталей.



Борьба с влиянием этого фактора сводится:

- к герметизации и осушке внутренних объемов приборов;
- применению стекол группы А;
- защите оптических деталей специальными покрытиями;
- использованию фунгицидов.

Кроме того, могут быть использованы такие методы, как придание корпусам и наружным деталям простой формы без углублений, пазов, выступов, которые способствуют скоплению грязи и пыли и затрудняют чистку приборов.

Важное значение при конструировании оптико-электронных приборов имеет учет влияния **механических воздействий**, к которым относятся:

- вибрации;
- ударные воздействия;
- транспортировочные перегрузки.

**К механическим воздействиям** также относятся **вибрации и удары**, обусловленные внутренними источниками, например:

- несбалансированностью вращающихся частей;
- неточностью изготовления;
- зазорами;
- разрушениями соприкасающихся кинематических элементов.

В результате этих воздействий возможны:

- разрушения отдельных элементов, деталей и паяк;
- нарушение контактов реле, переключателей, потенциометров и коллекторов;
- повреждение изоляции с возникновением замыканий;
- самоотвинчивание резьбовых соединений;
- появление трещин, сколов в оптических и других хрупких деталях.

**Механическая прочность** конструкции обеспечивается применением

- соответствующих материалов;
- способов соединения деталей;

а также за счет использования различных элементов жесткости:

- КОСЫНОК;
- ПРИЛИВОВ;
- ребер и т.п.

Для предотвращения самоотвинчивания крепежных изделий:

- либо применяют различные фиксаторы;
- либо устанавливают крепежные детали с использованием **клеев, компаундов, герметиков.**

В случаях, когда указанные меры оказываются недостаточными, для защиты от механических воздействий используются демпферы и амортизаторы.

При работе оптико-электронные приборы подвергаются воздействию различных полей:

- электрического;
- магнитного;
- электромагнитного СВЧ,

В результате чего могут возникать паразитные наводки, приводящие к ухудшению работы прибора.

Источники полей могут находиться как вне, так и внутри прибора.

Для защиты от **электрических** полей или подавления паразитной емкостной связи во всех диапазонах частот используют:

- тонкие листы и пленки;
- проволочные сетки и решетки из материала с хорошей электрической проводимостью.

Для экранирования **магнитных** низкочастотных полей используют материалы с высокой магнитной проницаемостью (пермаллой, альсифер, технически чистое железо и др.).



Для **экранирования высокочастотных полей** используют экраны из хорошо проводящих материалов (медь, латунь, алюминий). При действии полей СВЧ на основной материал экрана наносят слой серебра для повышения его электрической проводимости.

Для защиты от наводок все электрические связи между блоками, по которым передаются измерительные сигналы, необходимо осуществлять экранированными проводами.

Принципы расчета и конструирования защитных экранов изложены в соответствующей литературе.

Иногда оптико-электронные приборы используются в условиях воздействия **ионизирующего излучения** (на атомных электростанциях для дистанционного наблюдения, при космических исследованиях и т.п.). Такие приборы должны отвечать требованиям радиационной стойкости.

При воздействии ионизирующего излучения имеют место радиационные и поляризационные эффекты, приводящие:

- к ухудшению оптических свойств материалов;
- к нарушению работы полупроводниковых и электровакуумных приборов;
- к изменению проводимости воздушных промежутков и диэлектрических материалов.

При конструировании ОЭП, работающих в указанных условиях, прежде всего необходимо применять радиационно-стойкие материалы и элементы.

К ОЭП могут предъявляться также **специфические** требования, связанные с условиями эксплуатации.

К их числу можно отнести, например, такие, которые вытекают из особенностей приборов, эксплуатируемых:

- в состоянии невесомости;
- глубоко под водой;
- в шахтах и т.п.

Кроме того, в некоторых ОЭП отдельные блоки могут работать в нормальных условиях, а остальные - в крайне неблагоприятных.

Таким образом, в современных условиях конструктору приходится иметь дело с широким кругом требований, которые находятся в тесном взаимодействии и часто противоречат друг другу, что приводит к многовариантности проектных решений.

# Вопросы к экзаменам

1. Оптико-электронные приборы. Назначение, состав, обобщенная схема.
2. Краткая классификация оптико-электронных приборов. Основные показатели качества.
3. Основные требования, предъявляемые к оптико-электронным приборам, по внешним условиям и условиям эксплуатации.