

Дисциплина «Конструирование электронных узлов
приборов/
Конструирование модулей ЭС»

Лекция №8

к.т.н., доцент каф. №23

Ваганов М.А.

1. Технические требования (ТТ) к проектируемому устройству
2. Особенности конструкции технических систем

Технические требования (ТТ) :

- общие;
- тактико-технические;
- схемотехнические;
- конструкторско-технологические;
- эксплуатационные;
- к надежности;
- к транспортировке;
- к хранению и комплектации.

Общие ТТ :

- к назначению изделия;
- к конструктивному исполнению;
- климатическому исполнению;
- к категории размещения.

Требование к конструктивному исполнению



*к степени
самостоятельности изделия:*

- автономное;
- неавтономное;
- комбинированное.



к уровню сложности изделия:

- микросхема;
- микросборка;
- модуль на печатной плате;
- субблок;
- блок;
- стол;
- стойка;
- шкаф.

Требование к климатическому исполнению на основе ГОСТ 15150-69

Для суши*:

- умеренный (У);
- умеренно-холодный (УХЛ);
- тропический (Т);
- тропический влажный (ТВ);
- тропический сухой (ТС);
- общеклиматическое исполнение (О).

Для моря*:

- умеренно холодный (М);
- тропический морской (ТМ).

Всеклиматическое исполнение (В)* – для суши и моря .

*кроме районов с очень холодным климатом (до -78°C).

Требования к категориям размещения

Основные:

1. эксплуатация на открытом воздухе;
2. эксплуатация на открытом воздухе под навесом;
3. эксплуатация в неотапливаемом помещении;
4. эксплуатация в отапливаемом помещении;
5. эксплуатация в помещении с оседанием (конденсацией) влаги на стенах и потолках.

Дополнительные:

- 1.1 - хранение и работа в помещении категории 4 и кратковременная работа в условиях категории 1;
- 2.1 - работа в качестве встроенных элементов изделий категории 1, 1.1 и 2;
- 3.1 - эксплуатация нерегулярно отапливаемых помещениях;
- 4.1 - эксплуатация в помещениях с кондиционированным воздухом;
- 5.1 - работа в качестве встроенных элементов изделий категории 5. Корпус изделия должен исключать конденсацию влаги на элементах.

ГУЭ1	Климатические исполнения	Категории размещения	ГУЭ2
1	У, УХЛ, ТС	2.1, 3, 3.1, 4, 4.1	Легкие
2	ТВ, ТН, М, ОМ, О, В	4	Средние
	Т, ТВ	3*, 3.1	
	ТС	1*, 1.1, 2, 3	
	Т, ТВ, О	2.1	
3	У, УХЛ	1**, 2, 3	Жесткие
	ТС	1	
4	Т, ТВ, М, ТМ, ОМ, О, В	1.1	
5	Т, ТВ, О	1**, 2	
	Т, ТВ	3	
	У, УХЛ	1	
6	М, ТМ, ОМ, В	1**, 2**, 2.1, 3	
7	Все исполнения	5, 5.1	
	О, Т, ТВ	1	
8	М, ТМ, ОМ, В	1, 2	

* - для изделий в оболочках с искусственной вентиляцией;

** - для изделий в оболочках с искусственной или естественной вентиляцией и для изделий в условно-чистой атмосфере.

Классы электронных средств



наземные:

- стационарные;
- автодорожные;
- речные;
- железнодорожные;
- портативные.



морские:

- надводные;
- подводные.



авиационные:

- дозвуковые;
- сверхзвуковые;
- более быстрые.

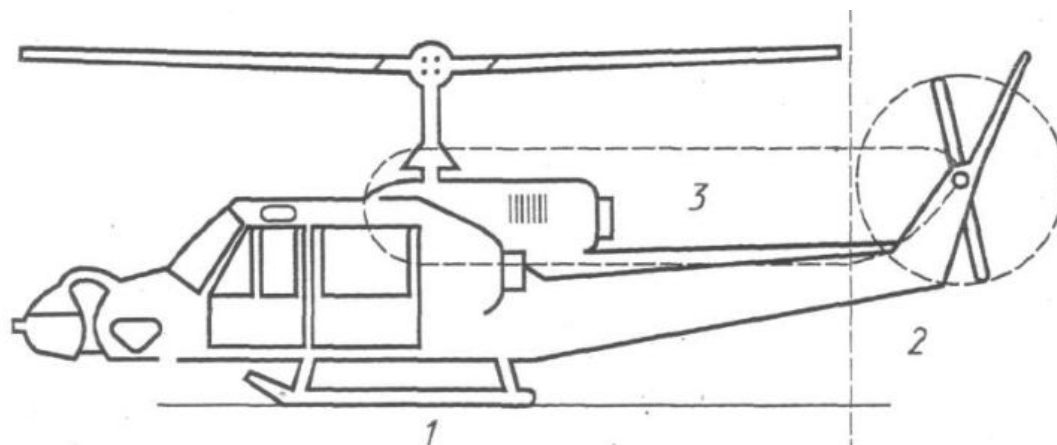
Внешние воздействующие факторы*:

- механические;
- климатические;
- биологические;
- термические;
- электромагнитные;
- радиационные;
- специальные среды.

*ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам

Классификация внешних механических факторов





1 - зона преобладания частот основного винта; 2 - зона преобладания частот хвостового винта;
3 - зона преобладания частот системы трансмиссии

Рисунок А. 4 - Динамические зоны вертолета

Т а б л и ц а А.2

Место размещения оборудования	Диапазон частот, Гц	$S_1, g^2/Гц$	$S_0, g^2/Гц$	L_0, g
На монтажных устройствах	5-25 25-40 40-50 50-500 $F_B = 500$ Гц	0,001	0,01	$0,5+0,1 (F_T-5)$ 2,5 $2,5-0,1 (F_T-40)$ 1,5
На приборных досках летчика	$F_B = 500$ Гц	0,001	0,01	0,7 от значения, указанного для категории «На монтажных устройствах»
На обшивке	$F_B = 500$ Гц	0,002	0,01	1,5 от значения, указанного для категории «На монтажных устройствах»
На или около элементов системы приводов	5-50 50-2000 $F_B = 2000$ Гц	0,002	0,02	$0,5+0,1 (F_T-5)$ $5,0+0,01 F_i$



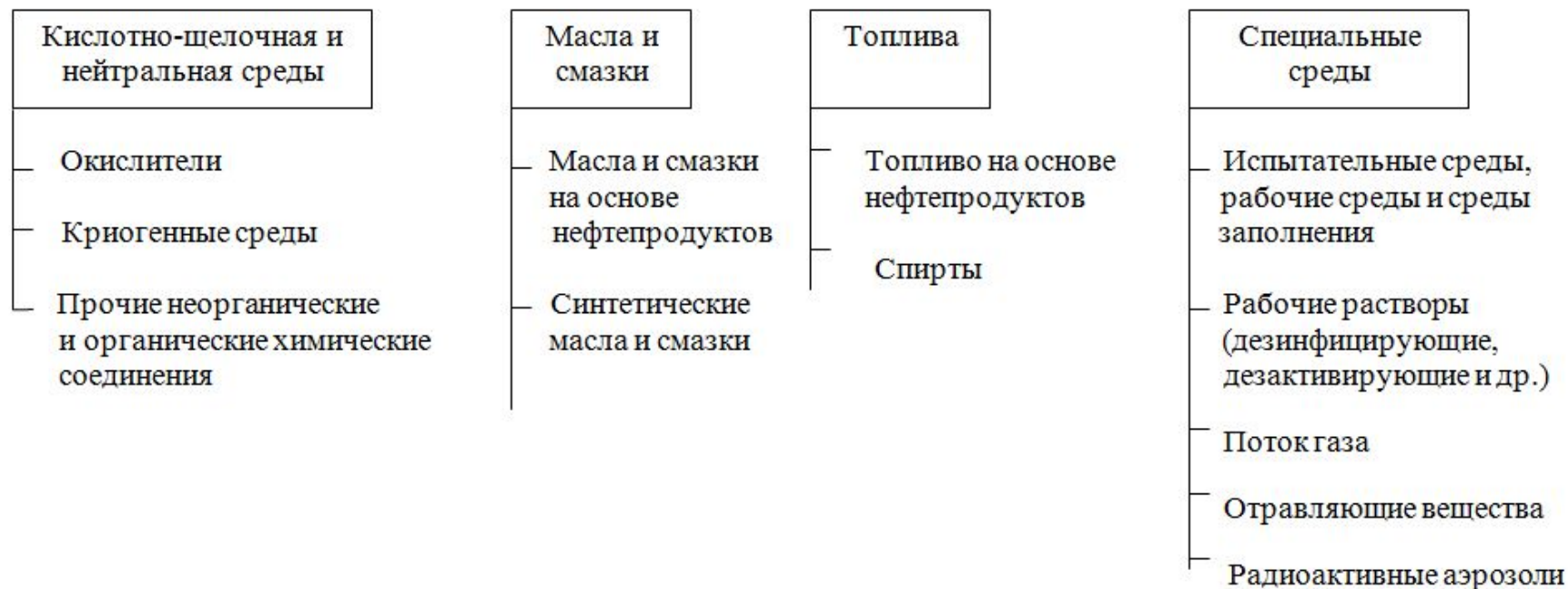
Классификация внешних климатических факторов

Атмосферное давление <ul style="list-style-type: none">Атмосферное повышенное (пониженное) давлениеИзменение атмосферного давления	Температура среды <ul style="list-style-type: none">Повышенная (пониженная) температура средыИзменение температуры среды	Влажность воздуха или других газов <ul style="list-style-type: none">Повышенная (пониженная) влажностьИзменение влажности	Атмосферные осадки <ul style="list-style-type: none">Атмосферные выпадающие осадки (дождь, снег, град, снежная крупа, морось)Атмосферные конденсированные осадки (роса, иней, изморозь, гололед)	Туман <ul style="list-style-type: none">Аэрозольные частицы водыМорской (соляной) туман
Пыль, песок <ul style="list-style-type: none">Статическая пыльДинамическая пыль (песок)	Солнечное излучение <ul style="list-style-type: none">Интегральное и ультрафиолетовое излучение	Поток воздуха <ul style="list-style-type: none">ВетерВоздушные потоки от элементов ЛА	Среда с коррозионно-активными агентами <ul style="list-style-type: none">Атмосфера с коррозионно-активными агентамиВодная среда с коррозионно-активными агентамиГазирование материалов изделия при нагревеПочвенно-грунтовая среда с коррозионно-активными агентами	Ледово-снежная среда <ul style="list-style-type: none">ЛедСнежный покров

Классификация внешних биологических, радиационных, электромагнитных и термических факторов

Биологические	Радиационные	Электромагнитные	Термические
— Бактерии	— Естественные	— Электрический ток	— Тепловой удар
— Насекомые	(космическое корпускулярное,	(постоянный, переменный,	(световое излучение
— Грибы плесневые	рентгеновское излучения	импульсный)	взрыва, термический
— Дрожжи	Солнца и радиационных поясов	— Электромагнитное	удар)
	Земли)	поле (электрическое поле,	— Аэродинамический
	Искусственные	магнитное поле, низкочас-	нагрев
	(ионизирующее излучение, α, β, γ	тотное поле, высокочастотное,	— Нагрев тепловым
	рентгеновское, нейтронное,	сверхвысокочастотное и	поток
	электронное, протонное излучения,	лазерное излучения, электро-	— Радиационное,
	излучения многозарядных частиц)	магнитный импульс поля,	электрическое,
		электромагнитное поле	ультразвуковое
		плазмы)	разогревания

Классификация внешних факторов, определяемых специальными средами



Исходные нормы внешних воздействий для бортовой ПА

Механические ВВФ:

- вибрационные воздействия в диапазоне частот от 5 (с перегрузками 4-5) до 2000 Гц (с перегрузками до 10);
- вибрационные воздействия на одной частоте (обычно в районе 40 -50 Гц с перегрузками 4-5) длительные;
- ударные перегрузки с длительностью удара до 80мс и перегрузками до 10-15 ;
- линейные ускорения с перегрузками до 15 ;
- акустические шумы до 130 - 160 дБ.

Климатические ВВФ:

- диапазон температур окружающей среды от -60 до + 50°C;
- влажность 98. ..100% при температуре ;
- пребывание в условиях инея и росы и работоспособность через 5 - 10 мин после включения;
- разрежение воздуха до 750 Па,

Внешние воздействующие факторы (ВВФ)		
Наименование ВВФ	Характеристика ВВФ, единица измерения	Допустимое значение
Синусоидальная вибрация	Диапазон частот, Гц Амплитуда ускорения, м/с ² (g)	10 ...2000 50 (5)
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с ² (g) Длительность действия ударного ускорения, мс	147 (15) * 15 *
Механический удар многократного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с ² (g) Длительность действия ударного ускорения, мс	58,8 (6) ** 9 ...14 **
Акустический шум	Диапазон частот, Гц	100 ...10000
	Уровень звукового давления (относительно 2*10 ⁻⁵ Н/м ²)***, дБ	140
Линейное ускорение	Значение линейного ускорения, м/с ² (g)	
	для узлов крепления	98 (10)
	для аппаратуры	49 (5)
Повышенная температура среды	Максимальное значение при эксплуатации, °С	85
	Максимальное значение при транспортировании и хранении, °С	70
Пониженная температура среды	Минимальное значение при эксплуатации, °С	-60
	Минимальное значение при транспортировании и хранении, °С	-65
Изменение температуры среды	Диапазон изменения температуры среды, °С	+85 ...-65
Повышенная влажность воздуха	Относительная влажность при температуре 35 °С, %	98

Пониженная влажность воздуха	Влажность, %	20
	Температура, °С	30
Атмосферное пониженное давление	Значение при эксплуатации, кПа (мм рт. ст.)	12,0 (90)
Изменение давления	Диапазон изменения давления, кПа (мм рт. ст.)	41 (307) ... 26,7 (200)
	Время снижения давления, с	15
Атмосферные конденсированные осадки (роса и внутреннее обледенение)	Пониженная температура, °С	+28 ...-30
	Атмосферное пониженное давление, кПа (мм рт. ст.)	от нормального до 12,0 (90)
	Относительная влажность при температуре 35 °С, %	95
Плесневые грибы	по ГОСТ 9.048-89	

Примечания к таблице № 3:

* 3 (три) удара в направлениях X, Y, Z

** 20 (двадцать) ударов в направлениях X, Y, Z

*** Минимальное давление, регистрируемое человеческим органом слуха 0,00002 Па (т.е. 2*10⁻⁵ Н/м²)

Тактико-технические требования к проектируемому изделию определяют основные цели и задачи его создания, условия его применения, задают значения основных параметров и характеристик.



Пример ТТТ для бортовых ВМ

- тип процессора
- система команд
- разрядность (бит)
- тактовая частота (МГц)
- форматы операндов
- быстродействие (тыс.оп/с)
- емкость оперативной памяти (Кбайт)
- емкость постоянной памяти
- емкость внешнего запоминающего устройства на основе БИС FLASH-памяти
- программируемые таймеры и др.

**ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

	ПКМ		ПКТ
Калибр, мм	7,62		7,62
Дальность прямого выстрела, м:			
- по грудной фигуре	420		440
- по бегущей фигуре	640		670
Прицельная дальность стрельбы, м	1500		-
Дальность действительного огня, м	до 1000		до 1000
Темп стрельбы, выстр/мин ~	650		700-800
Боевая скорострельность, выстр/мин.	до 250		до 250
Начальная скорость пули, м/с	825		855
Масса, кг:			
- пулемета	7,5		10,5
- ствола	2,4		3,23
Масса коробки со снаряженной лентой, кг:			
- на 100 патронов	3,4		-
- на 200/250 патронов	6,2/-		-/9,4

Наименование характеристик	Требуемое значение
Центральная частота, ГГц	9,0
Полоса рабочих частот, МГц	± 200
Максимальная импульсная мощность, выдаваемая на каждый излучатель ¹ , Вт	3,5
Максимальная импульсная мощность одного канала не менее ¹ , Вт	7
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в режиме «передача», дБ.	$(0,00 \pm 1, 5)$
Коэффициент усиления в режиме «прием», не менее, дБ	30
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в режиме «прием», дБ.	$(0,00 \pm 1, 5)$
Коэффициент шума в режиме «прием», не более, дБ	5
Диапазон изменения фазы сигнала, град	от 0 до 360

Шаг изменения фазы сигнала, град	5,6
Диапазон изменения вносимых ослаблений, дБ	от 0 до 16
Шаг изменения вносимых ослаблений, дБ	0,5
КСВН входного ВЧ разъема ППМ, не более	2
КСВН входа излучателя, не более	2
Разница фазовых набегов между двумя излучателями одного единичного канала ППМ, не более, град.	5
Напряжение питания, В	27
Потребляемый ток на один канал, не более, А	0,7
Время нарастания и спада СВЧ импульса, не более, мкс	1
<i>Примечания:</i>	
1) Это требование должно выполняться при мощности входного сигнала не более 5 дБм.	
2) При минимальной длительности СВЧ импульса 5 мкс и при максимальной	

3.2.2 Требования к РЛС ПО X-диапазона

3.2.3 Технические характеристики РЛС БО X-диапазона

3.2.3.1 Технические характеристики РЛС БО X-диапазона в режиме «воздух-поверхность» в обзорном режиме должны быть:

- дальность действия, км..... не менее 200;
- дальности до центра полосы обзора, км не менее 150;
- ширина полосы захвата, км..... не менее 100;
- разрешение на местности, м..... не более 10.

3.2.3.2 Технические характеристики РЛС БО X-диапазона в режиме «воздух-поверхность» в детальном режиме должны быть:

- дальность действия, км..... не менее 100;
- дальности до центра полосы обзора, км не менее 95;
- ширина полосы захвата, км..... не менее 10;
- разрешение на местности, м..... не более 3.

Выполнение требований п.3.2.3.1 и п.3.2.3.2 настоящего ТЗ, действующего с Решением [REDACTED] подтверждается на этапах предварительных и летно-конструкторских испытаний.

3.2.3.3 Технические характеристики РЛС БО X-диапазона в телескопическом режиме (режим сверхвысокого разрешения) должны обеспечивать кадровую съемку на участке поверхности 2x2 км на дальности 35 км должна обеспечивать линейное разрешение по азимуту и наклонной дальности не хуже 1 м.

Примечания:

1 Приведенные значения дальностей являются максимальными. Минимальные значения дальностей при конкретных используемых значениях рабочих высот определяются рабочими секторами обзора антенных модулей по углу места.

2 Должна быть проработана возможность кадровой съемки на

дальности 200 км.

3.2.3.4 Ошибка (среднеквадратичное отклонение) определения координат геометрического центра наземных (морских) объектов не более 20 м относительно точки положения БЛА БПП в связанной системе координат в режиме с синтезированной апертурой.

3.2.3.5 Обзор в боковом секторе:

- по азимуту, не менее $\pm 45^\circ$ относительно нормали к поверхности антенного полотна;
- по углу места от минус 60° до плюс 30° относительно нормали к строительной оси летательного аппарата.

Зоны обзора уточняются по результатам размещения 1-го опытного образца РЛС БО на БЛА БПП.

3.2.3.6 Изменение зон обзора РЛС БО в режиме «воздух-поверхность» (с левого борта БЛА БПП на правый борт и наоборот) должно выполняться путем поворота АФАР (или всей РЛС БО) вокруг горизонтальной оси, параллельной строительной оси БЛА БПП. Требования к одновременному обзору по двум бортам не предъявляются.

3.2.3.7 Сектор вращения АФАР (или всей РЛС БО) относительно плоскости симметрии БЛА БПП должен составлять от 90° до 270° .

3.2.3.8 Рабочую частоту первого опытного образца РЛС БО - определяет Исполнитель, рабочие частоты (РЧ) 2-го и 3-го опытных образцов должны быть в соответствии с заявкой на выделение РЧ.

3.2.3.9 Антенна РЛС БО должна иметь уровень боковых лепестков (УБЛ) не более минус 13 дБ в обзорном и детальном режимах.

3.2.3.10 Характеристики, указанные в п.3.2.3.1, должны быть подтверждены при следующих летных характеристиках:

- практический потолок – 15 000 м;
- скорость полета - дозвуковая.

Схемотехнические требования к изделиям ЭС

- Состав, форма, номинал и допустимые отклонения на входные и выходные сигналы при заданных входном сопротивлении и сопротивлении нагрузки.
- Диапазон частот для входных и выходных сигналов.
- Уровень шумов относительно номинала входного сигнала
- Требования к срабатыванию сигнализации и защиты по току и напряжению.
- Требования к входным и выходным нагрузкам.
- Требования к питанию, потребляемой мощности и длительности непрерывной работы.

Эксплуатационные требования

- Требования к простоте управления и обслуживания.
- Требования к сигнализации опасных режимов работы.
- Требования к наличию аппаратных и программных средств для профилактического контроля и настройки изделия.
- Требования к органам индикации и управления, обеспечивающих безопасную и нормальную работу оператора.
- Требования работоспособности при заданных условиях эксплуатации и внешних воздействиях.
- Требования обеспечения технического обслуживания и ремонта (ТО и Р).

Требования по обеспечению помехозащищенности:

- допустимому отношению мощностей помеха/сигнал на входе приемного устройства;
- подавлению помех по боковым и задним лепесткам диаграмм направленности антенн, в том числе с использованием методов компенсаций;
- защите от ложных целей и ловушек с использованием средств вычислительной техники и дополнительных каналов (вспомогательной аппаратуры) обработки информации.



ГУАП

Государственный университет
аэрокосмического приборостроения

Особенности конструкции технических систем

Особенности конструкции технических систем



Особенность конструкции технических систем

Конструирование технического устройства начинается с анализа ТЗ и исследований, целью которых является выявление и ранжирование требований к будущей конструкции прибора.

При этом рассматриваются следующие основные характеристики проектируемого устройства:

- общетехнические (функциональное назначение, класс, вид, тип и т.п.);
- конструкторские (массогабаритные размеры);
- эксплуатационные;
- экономические;
- экологические;
- безопасностные.



Особенности конструкции аппаратуры по классам

Конструкция бытовой техники обладает следующими особенностями:

1. особое эстетическое значение внешнего вида (мода, вкусы людей, красивая художественная форма, моральное старение по внешнему виду);
2. приспособленность к эксплуатации совершенно не подготовленным человеком (защита от дурака);
3. долговечность;
4. массовое производство и стоимость;
5. небольшая стоимость восстановления (ремонта).

Конструкция бортовой техники:

1. малый вес и габаритные размеры;
2. относительная кратковременность непрерывной работы;
3. высокая ремонтопригодность — минимум временных затрат перед стартом;
4. температуроустойчивость;
5. устойчивость к вибрациям, ударам и перегрузкам.

Конструкция морской аппаратуры

1. повышенная коррозионная стойкость;
2. плесенестойкость;
3. водо- и брызгозащищенность;
4. вибростойкость.

Конструкция наземной техники:

1. защищенность от пыли;
2. защищенность от вибраций;
3. защищенность от ударов;
4. защищенность от ускорений.

Конструкция космической техники:

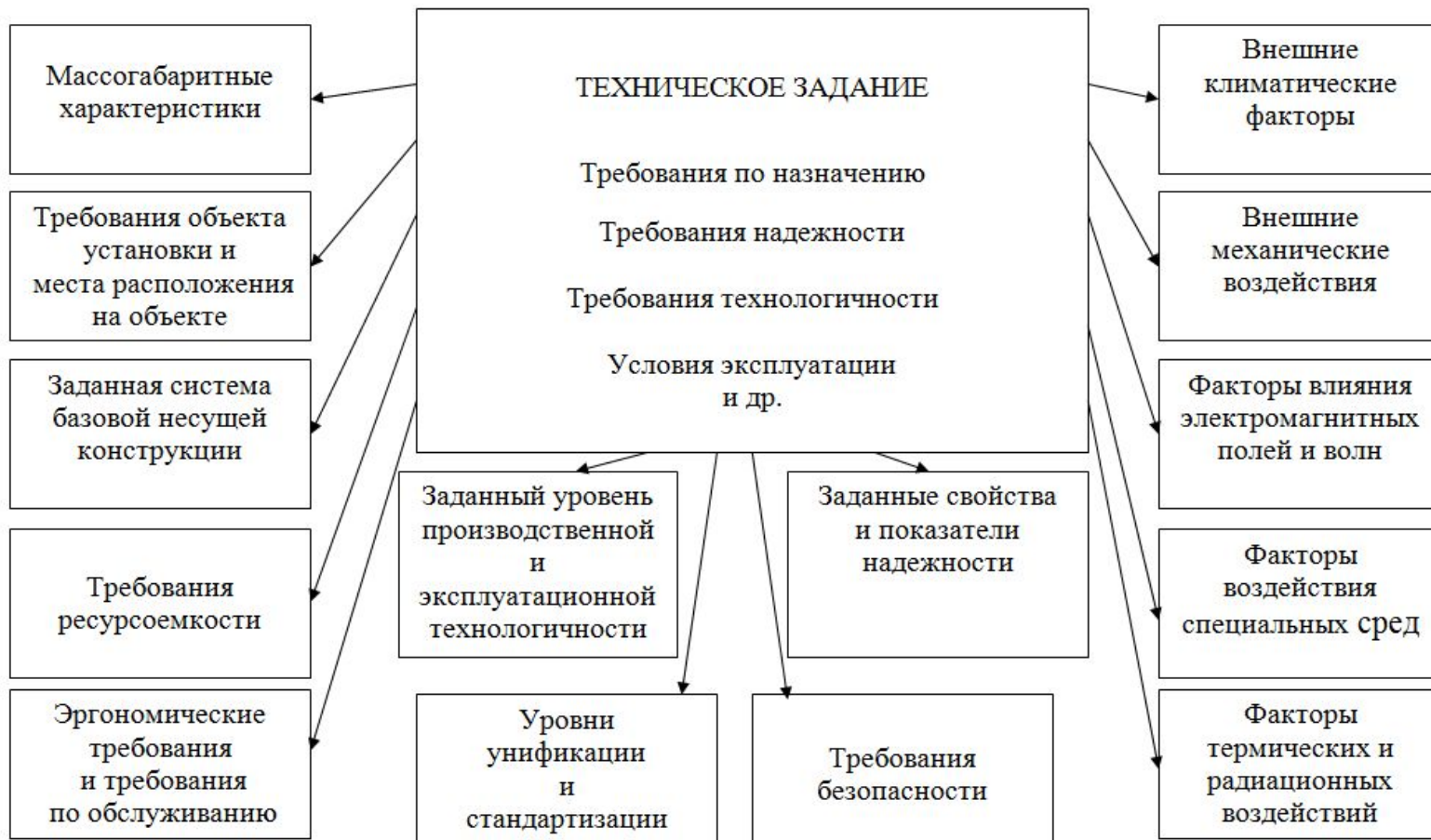
1. малый вес и объем;
2. чрезвычайно высокая безотказность;
3. устойчивость к вибрационным и линейным нагрузкам (старт);
4. особая продолжительность эксплуатации без обслуживания (искусственные спутники).

Конструкция медицинской техники:

1. безопасность;
2. надежность;
3. эстетичность (не пугающий вид);
4. безболезненность;
5. удобство работы;
6. минимизация времени работы с пациентом;
7. экологичность.



Факторы, определяющие направление и метод конструирования в зависимости от требований ТЗ





Метод моноблочного конструирования

Факторы, определяющие выбор моноблочного метода:

- аппаратура одноразового использования, имеет ограниченный ресурс и рассчитана на длительный срок хранения;
- аппаратура необслуживаемая;
- форма места установки аппаратуры отлична от прямоугольной и использование модулей любой системы БНК вызывают большое значение коэффициента дезинтеграции;
- аппаратура имеет малое число реализуемых функций, вследствие чего нецелесообразно разбивать схему на функциональные узлы;
- предполагаются небольшие внешние размеры;
- аппаратура подлежит изготовлению в небольших количествах;
- аппаратура неремонтируемая и рассчитана на небольшой срок службы.

Метод моноблочного конструирования

Плюсы:

- Низкие затраты на конструирование (по времени и трудоемкости).
- Габариты и масса минимальны по сравнению с модульными методами.

Минусы:

- Требуется высокая квалификация разработчиков.
- Низкий уровень автоматизации сборочно-монтажных работ.
- При применении миниатюрных компонентов требуется высокая квалификация монтажников.
- Относительно высокие затраты на настройку и контроль.



Методы модульного конструирования

Модульная конструкция - конструкция (по ЕСКД - конструкция изделия), выполненная на модульном принципе.

Конструктивный модуль (КМ) – часть конструкции изделия. Обычно под конструкцией (от лат. constructio - составление, построение) понимают совокупность всех деталей и сборочных единиц, образующих изделие.

Функциональный модуль (ФМ) – часть самого изделия, реализованная в виде КМ и выполняющая определенную функцию или группу функций.



Базовые методы модульного конструирования

Функционально-модульный метод заключается в создании аппаратуры на основе каталога стандартных по функциям модулей (конструирование на основе стандартизированного параметрического ряда модулей).

Функционально-узловой метод основан на разбиении всей электрической схемы на функционально законченные узлы и использовании унифицированных конструкций 1-го конструктивного уровня выбранной (или заданной в ТЗ) системы БНК.



Базовые методы модульного конструирования

При **блочном-модульном** методе компоновка аппаратуры производится из крупных модулей, производимых различными фирмами в виде блоков преобразования, памяти, питания и др. (конструирование на основе унифицированных блоков, приведенных в каталогах различных фирм).

При **функционально-блочном** методе функционально законченные устройства на основе оригинальных схем, отсутствующих в каталогах блоков-модулей, реализуются в виде законченных конструкций блоков-модулей, с использованием выбранной системы БНК, либо в оригинальном исполнении, состоящем из некоторого числа функциональных модулей, объединенных в одну конструкцию – блок.

КОМПОНОВКА УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Компоновка - процесс размещения комплектующих модулей, ЭРЭ и деталей РЭА на плоскости или в пространстве с определением основных геометрических форм и размеров.

Уровни компоновки аппаратуры:

- микросхемы и ЭРЭ на плате;
- ячейки в блоке;
- блоки в шкафу.

КОМПОНОВКА УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Должны быть учтены:

- требования оптимальных функциональных связей между модулями;
- их устойчивость и стабильность;
- требования прочности и жесткости; помехозащищенности и нормального теплового режима;
- требования технологичности;
- требования эргономики;
- удобства эксплуатации и ремонта.