

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 1

Введение.

Актуальность.

Основные проблемы.

Примеры устройств высокой плотности компоновки

СПб ГУТ)))

Электронные средства

Радиоэлектронные средства

основаны на принципе радиоэлектроники, осуществляющие функции преобразования электрических сигналов, несущих информацию с использованием электромагнитной энергии в пространстве и в электронных линиях связи

Электронно-вычислительные средства

основаны на принципе электроники, используют в основном цифровую обработку сигналов, но могут содержать в своем составе и аналоговую часть

Радиоэлектронное средство (РЭС) —

изделие и/или его составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники*.

Возникновение понятия «радиоэлектронное средство», так же, как и понятия «радиоэлектроника» связано с тем, что, несмотря на существование двух различных областей знаний (радиотехника и электроника), их реализация в технических средствах обычно происходит совместно, неразрывно, образуя единые комплексные принципы действия.

Радиоэлектронные средства — технические средства, предназначенные для передачи и (или) приёма радиоволн, состоящие из одного или нескольких передающих и (или) приёмных устройств либо комбинации таких устройств и включающие в себя вспомогательное оборудование** , *** .

* ГОСТ Р 52003-2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения

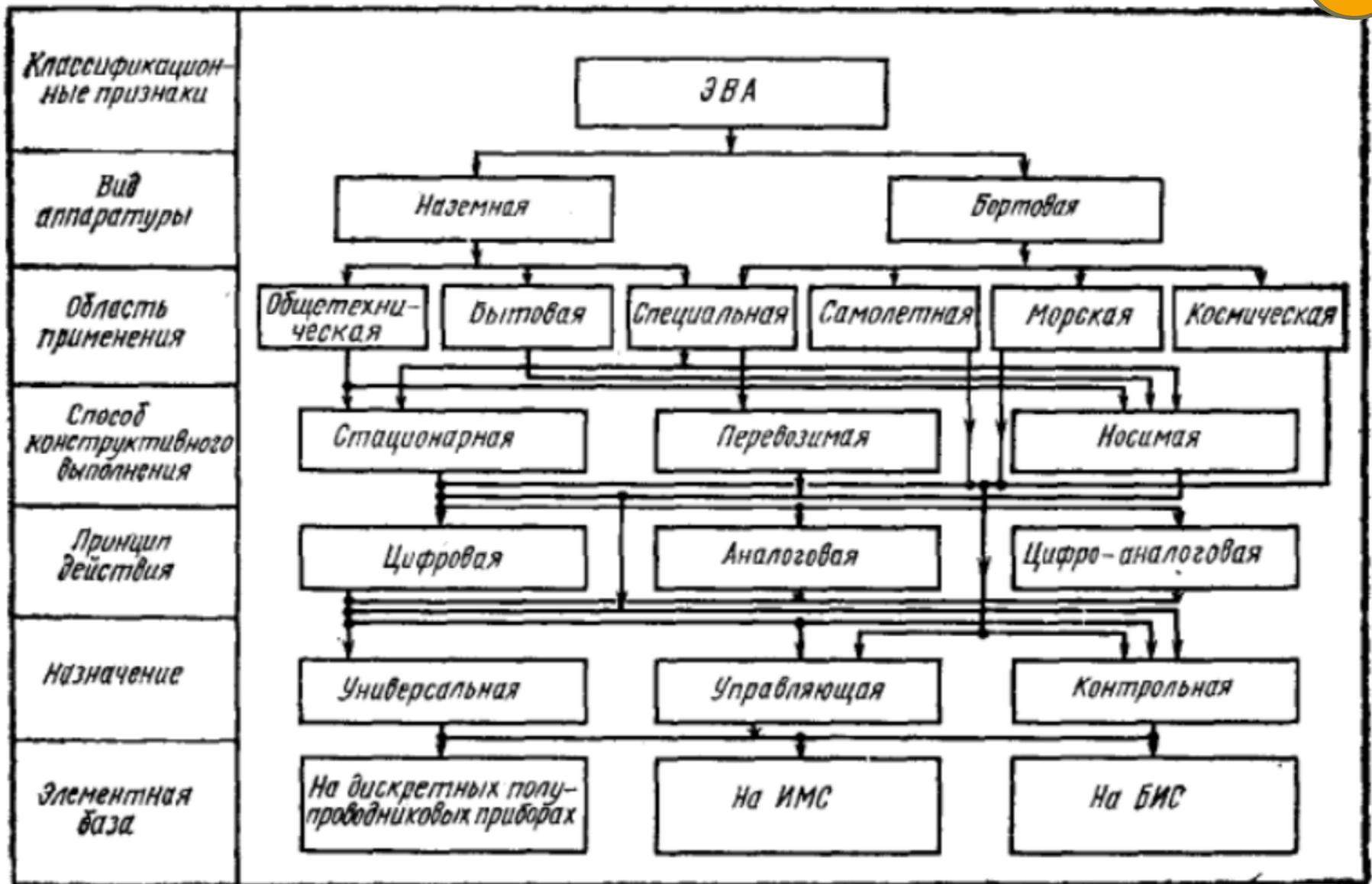
** Федеральный закон от 7 июля 2003 г. N 126-ФЗ «О связи»

*** Регламент радиосвязи Российской Федерации

Проектирование - процесс определения архитектуры, компонентов, интерфейсов и других характеристик системы или её части (ISO 24765).
Результатом проектирования является проект - целостная совокупность моделей, свойств или характеристик, описанных в форме, пригодной для реализации системы.

Внутри процесса проектирования, наряду с расчетными этапами и экспериментальными исследованиями, часто выделяют процесс конструирования.

Конструирование - деятельность по созданию материального образа разрабатываемого объекта, ему свойственна работа с натурными моделями и их графическими изображениями (чертежи, эскизы, компьютерные модели).

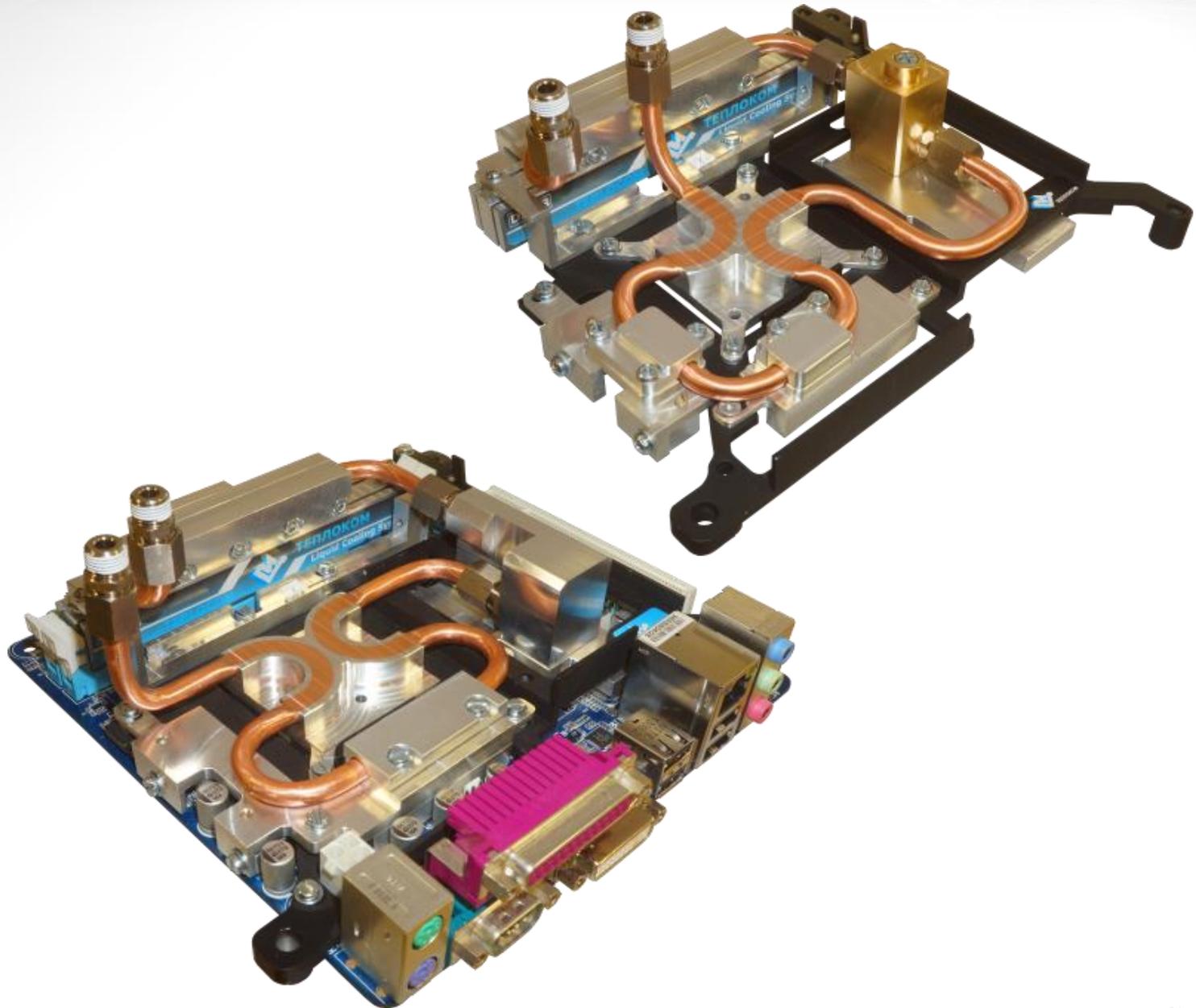


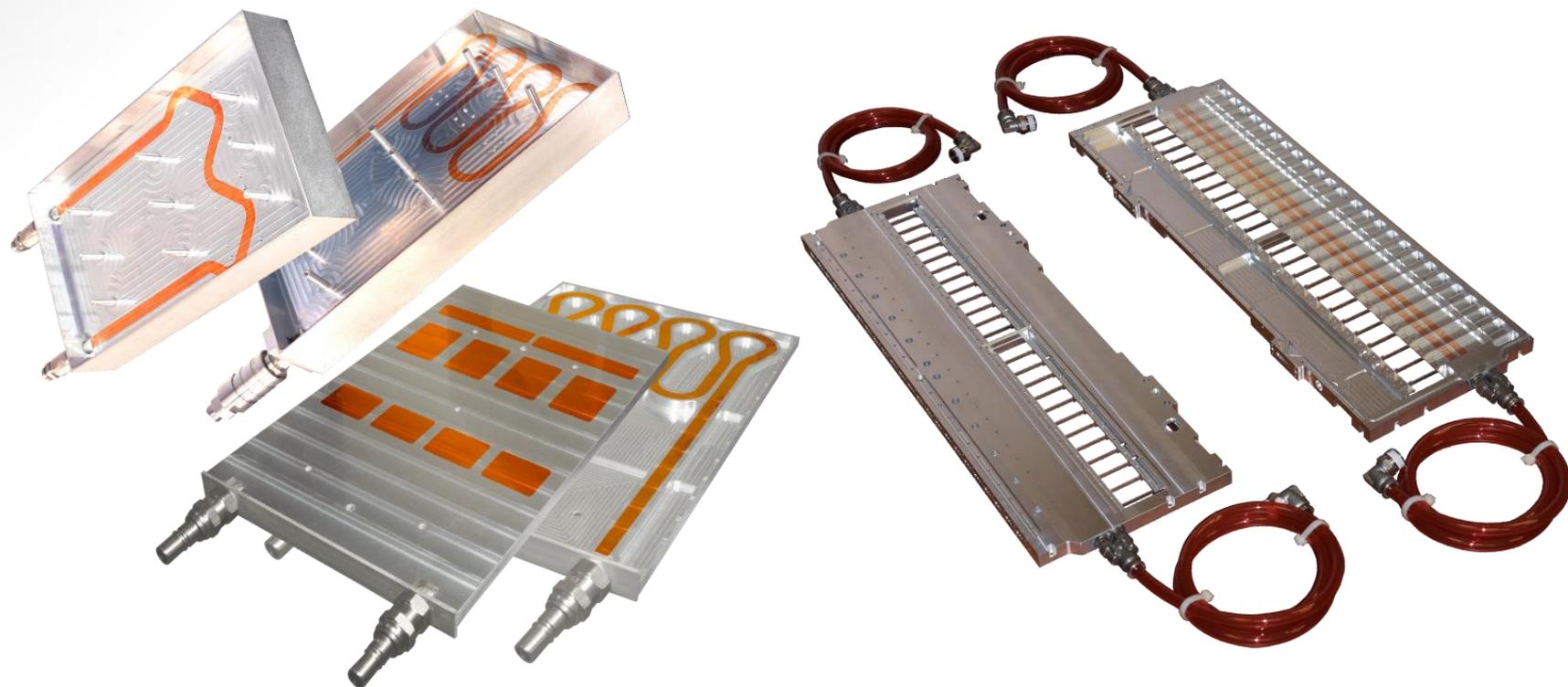
Где применяются устройства

с высокой плотностью компоновки:

1. Перевозимая, носимая, бортовая.
2. Для специальных применений.
3. Если носимая, то для любых применений.

- Применение стандартных конструкций затруднено
- Новая разработка
- Необходимость вписывать конструкцию в объект
- Сложные процедуры согласования
- Необходимость системного подхода
- Теплоотвод
- Эргономика
- ЭМС





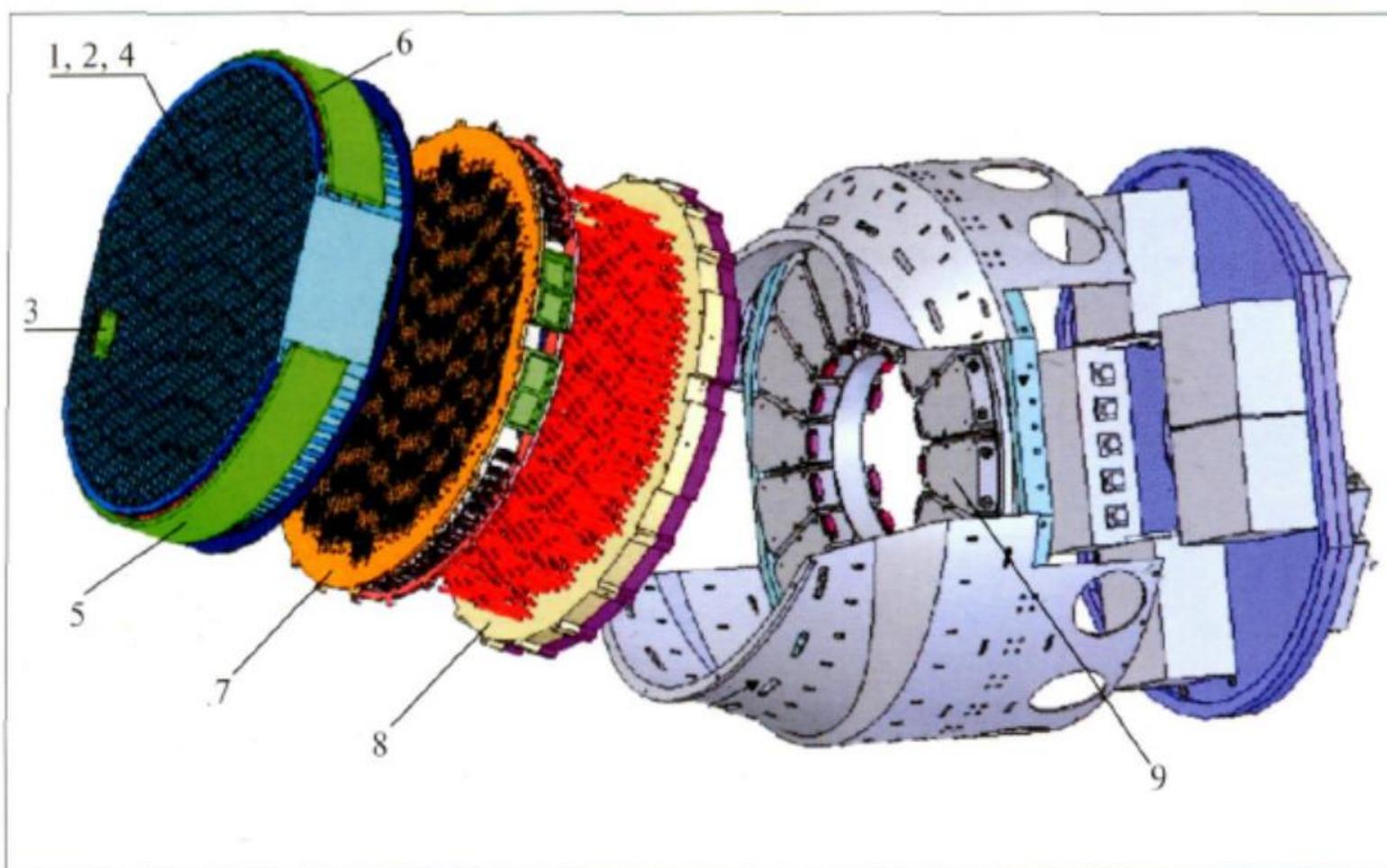
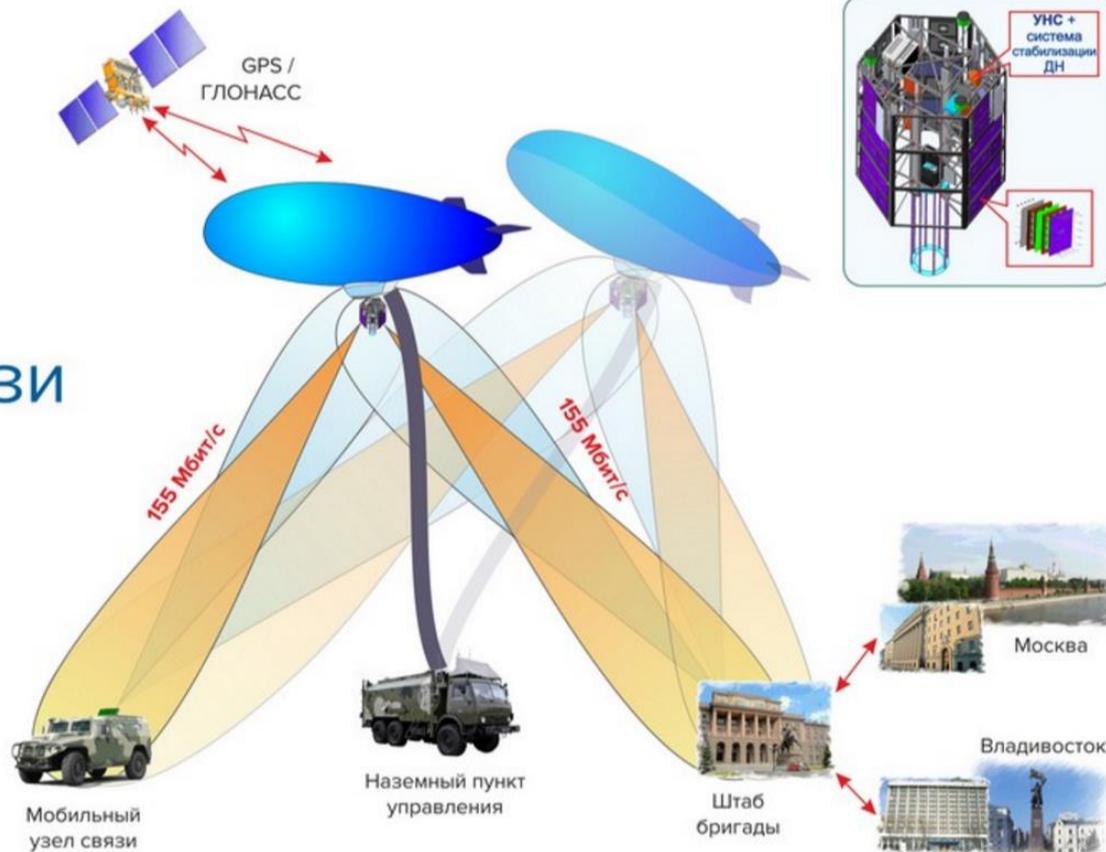


Рис. 1. Структурно-компоновочная схема АФАР

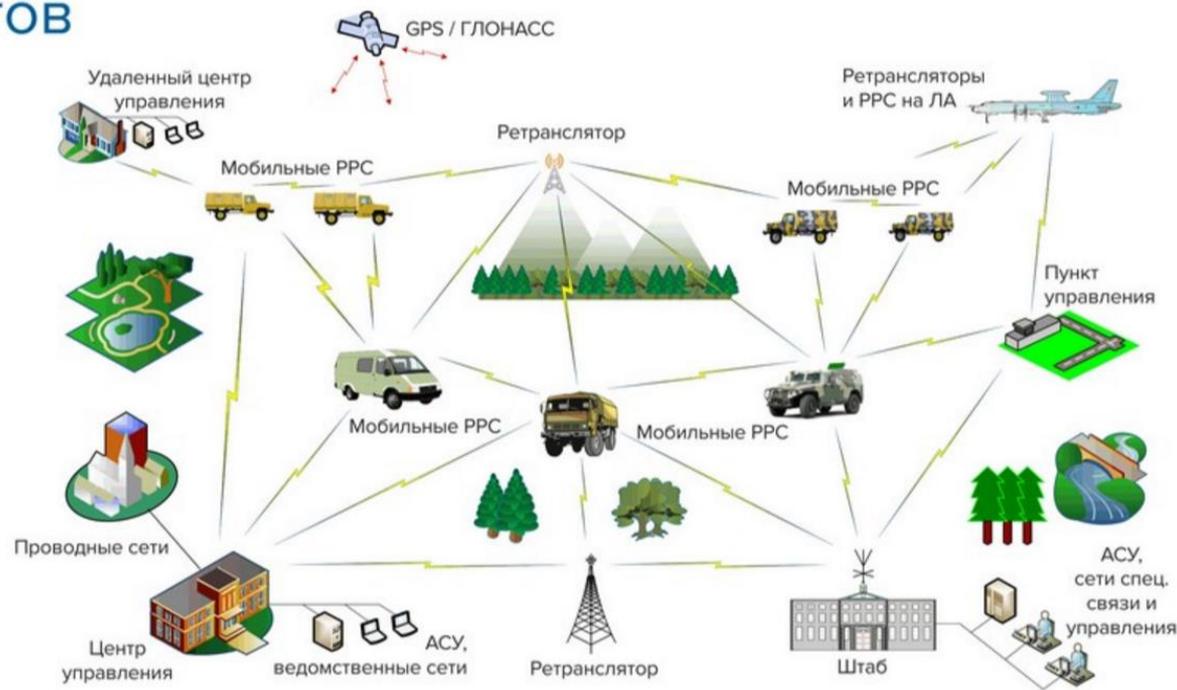
1 – излучающее полотно антенны; 2 – контейнер с ППМ; 3 – ППМ; 4 – охлаждающее полотно; 5 – входной распределитель охлаждающей жидкости; 6 – выходной сборник охлаждающей жидкости; 7 – низкочастотная распределительная система; 8 – высокочастотная распределительная система; 9 – источник питания

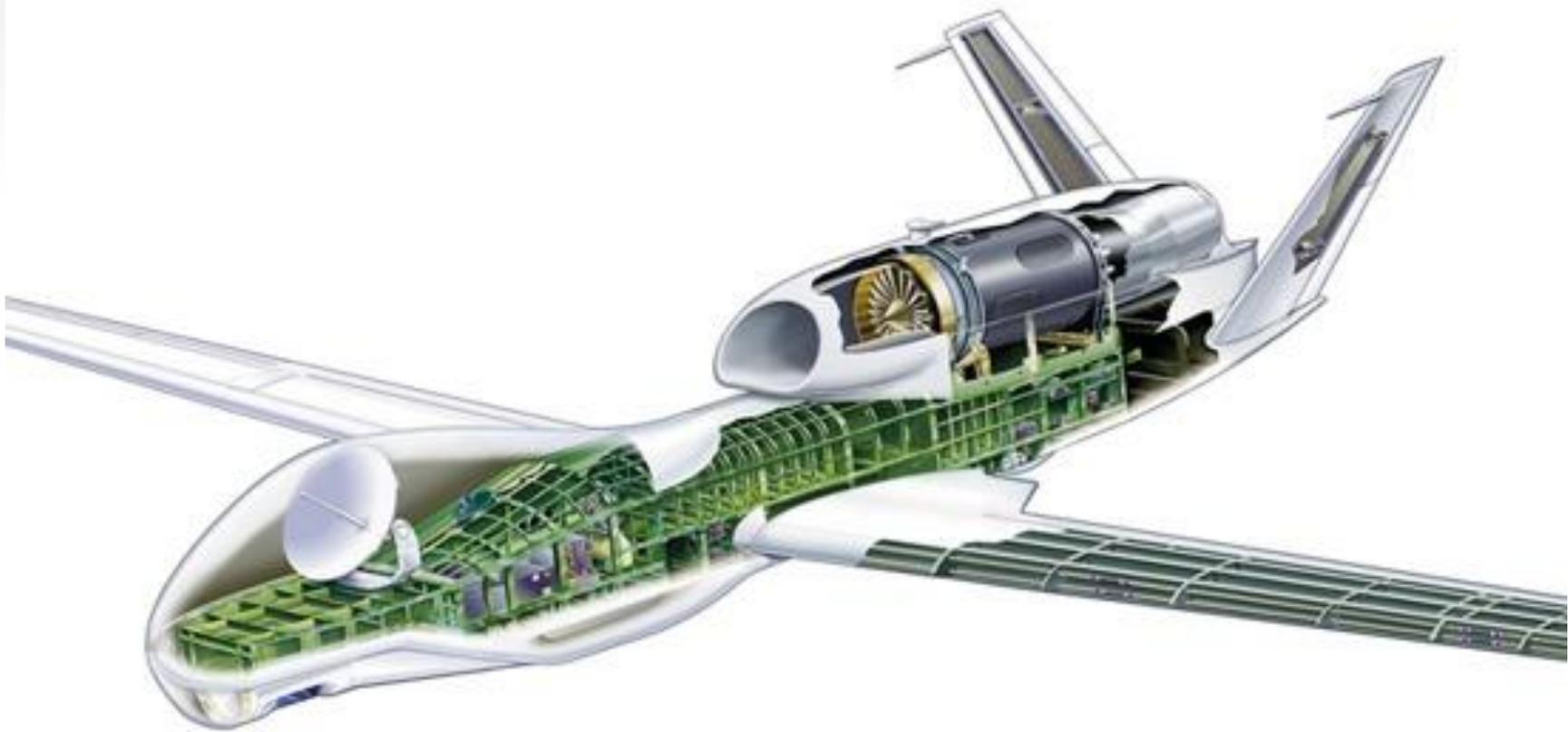
Комплекс цифровых многолучевых активных ФАР радиорелейной связи с динамической системой стабилизации диаграмм направленности

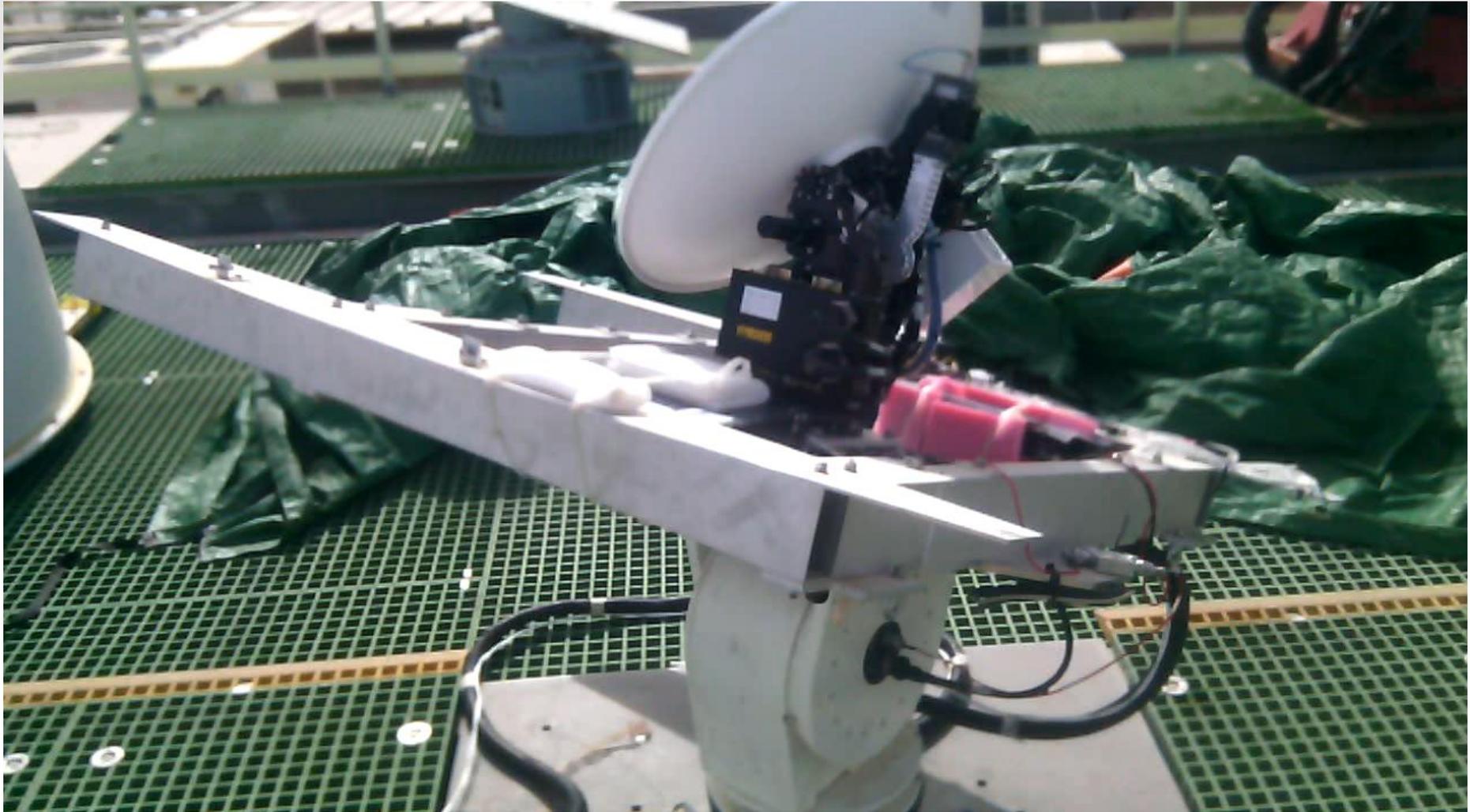


Система мобильной радиорелейной связи на основе АЦФАР с электронной адаптацией диаграмм направленности при движении объектов

Электронные АЦФАР позволяют строить сети мобильной высокоскоростной радиорелейной связи, не требующей стационарного размещения и прецизионной юстировки антенных устройств







**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 2

**Системный подход в проектировании
электронных средств.**

**Планирование проектов разработки
электронных средств.**

СПб ГУТ)))

Система

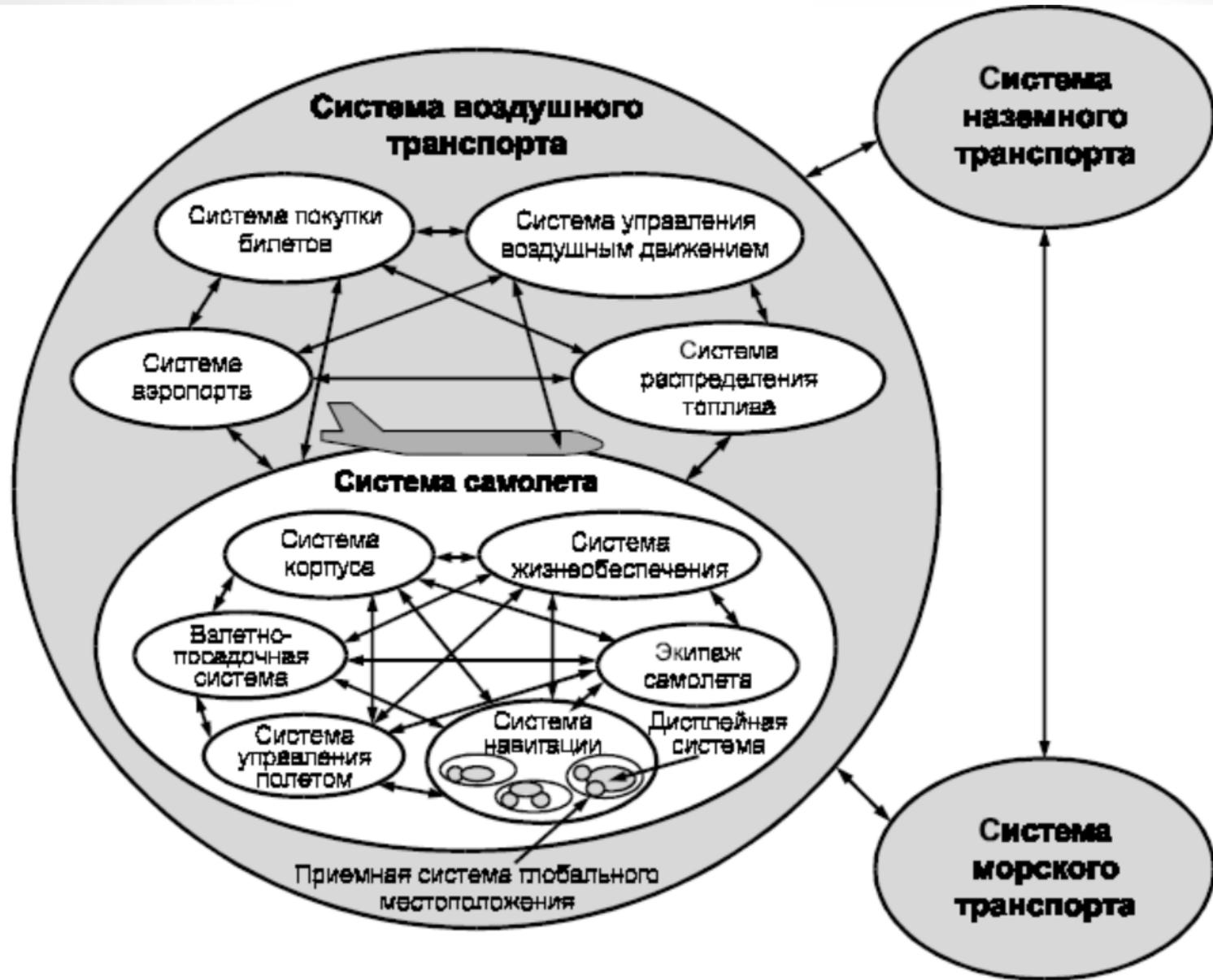
комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Системный эффект – такой результат специальной реорганизации элементов системы, когда целое становится больше простой суммы частей.

Целостность – позволяет рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней.

Иерархичность строения – наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня.

Декомпозиция – возможность расчленения объекта на составные части, каждая из которых имеет цели, вытекающие из общей цели системы.



Актуальность

- Проектное управление в соответствии с ГОСТ Р 54869-2011 и др. введено на всех предприятиях отрасли;
- Электронные устройства становятся всё более комплексными;
- Конструктор является обязательным участником команды проекта по созданию электронного средства;
- Конструктор участвует во всех этапах жизненного цикла проекта;
- Современное электронное средство может быть создано только с привлечением конструктора на всех этапах проекта;
- Конструктор должен знать функциональные обязанности всех участников проекта.

Основные задачи

- Достижение целей проекта;
- Знание основных принципов проектного менеджмента;
- Участие в формировании требований к ресурсам и их количествам;
- Рациональное использование ресурсов;
- Выполнение сроков проекта;
- Учёт информации полученной по проекту при проектировании;
- Накопление знаний по результатам предыдущих проектов;
- Участие в предпроектных работах, в т.ч. участие в разработке бизнес-плана, маркетинговых исследованиях...
- Иметь навыки руководства.

Проект

Комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленный на создание уникального **продукта или услуги** в условиях **временных** и **ресурсных** ограничений.

Управление проектом

Планирование, организация и контроль трудовых, финансовых и материально-технических **ресурсов** проекта, направленные на эффективное достижение целей проекта.

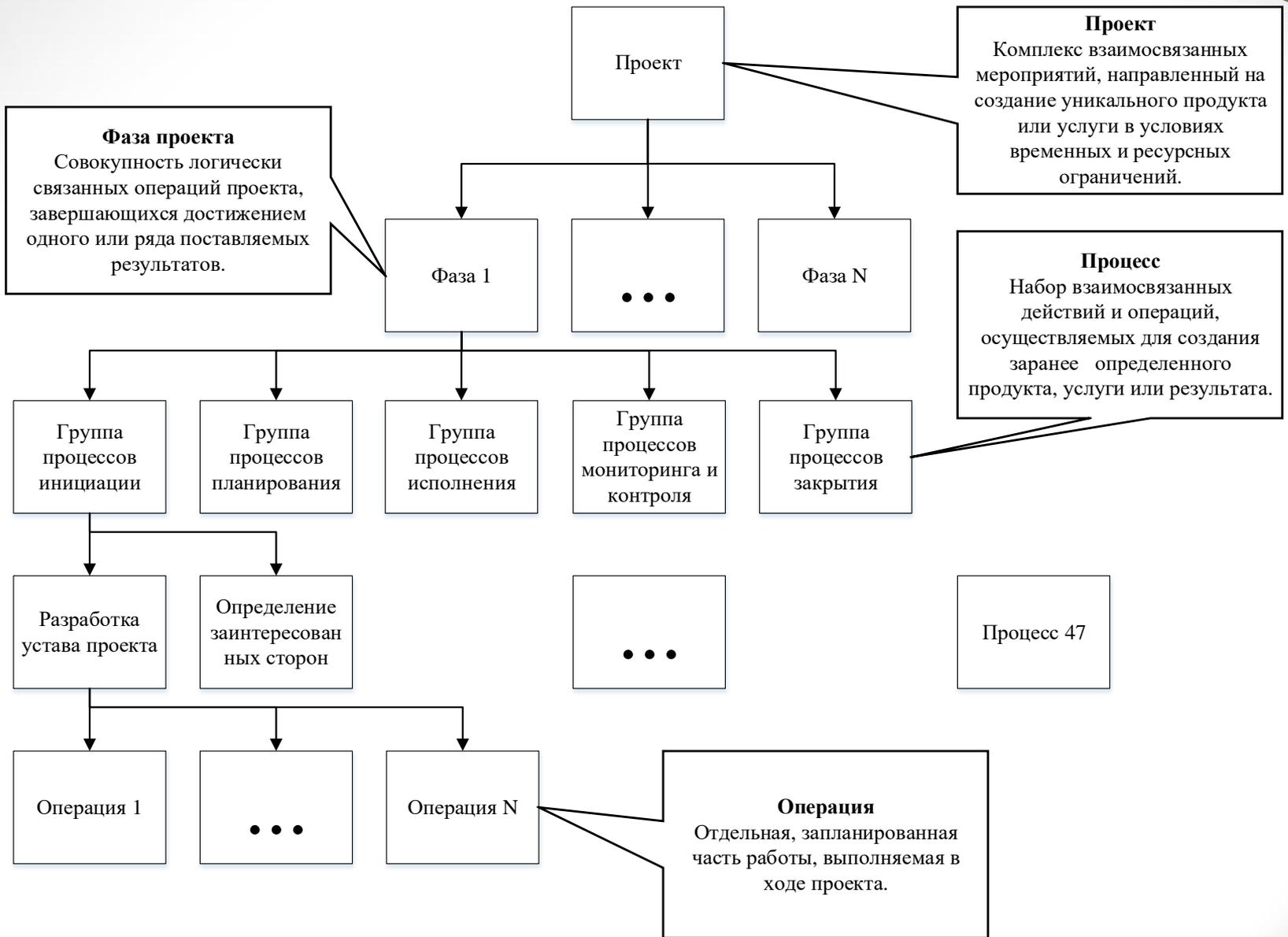
Расписание проекта (календарный план)

Плановые даты исполнения работ и контрольных событий проекта.

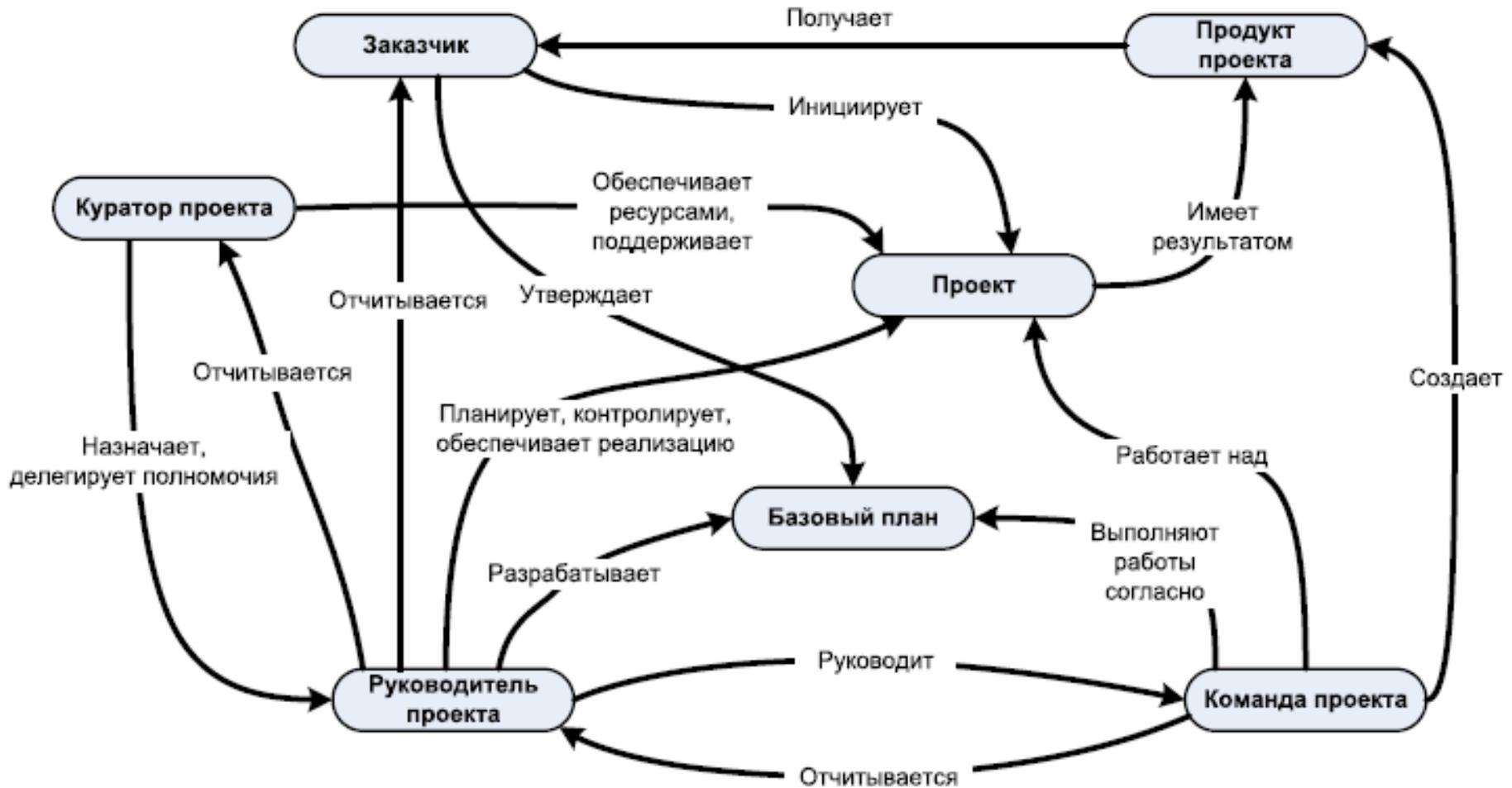
Риск

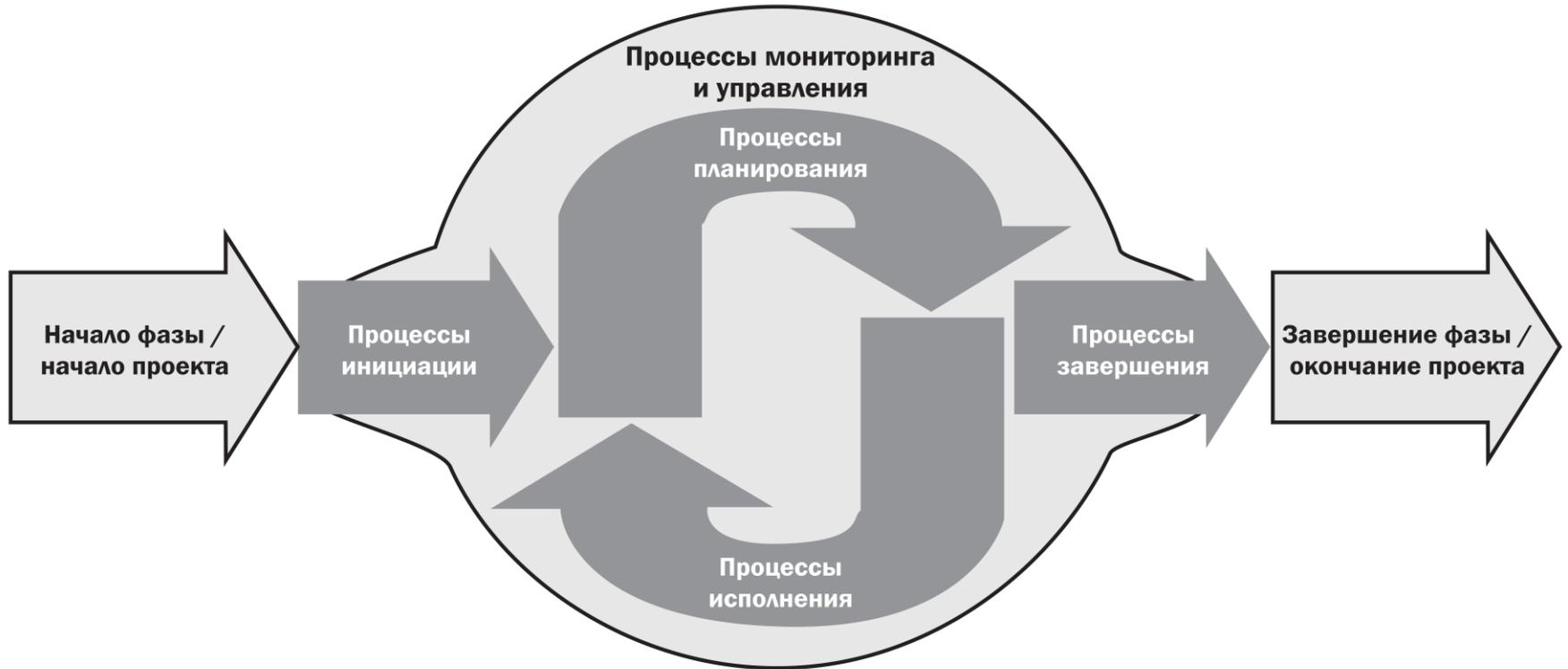
Вероятное для проекта событие, наступление которого может как **отрицательно**, так и **положительно** отразиться на результатах проекта.

Структура проекта













PMBOK® представляет собой совокупность профессиональных знаний по управлению проектами, признанных в качестве стандарта. Стандарт – это официальный документ, в котором описываются установленные нормы, методы, процессы и практики. Как и в других профессиональных областях, таких как юриспруденция, медицина, бухгалтерский учет, свод знаний опирается на передовой опыт специалистов-практиков в управлении проектами, которые внесли вклад в разработку данного стандарта.

- ГОСТ Р ИСО 21500-2014 Руководство по проектному менеджменту
- ГОСТ Р 54869-2011 Требования к управлению проектом
- ГОСТ Р 54871-2011 Требования к управлению программой
- ГОСТ Р 54870-2011 Требования к управлению портфелем
- ГОСТ Р 56715-2015 Системы проектного менеджмента (в 5 частях)
- ГОСТ Р 52807-2007 Руководство по оценке компетентности менеджеров проектов
- ГОСТ Р МЭК 61160-2015 Документальный анализ проекта
- ГОСТ Р МЭК 62198-2015 Руководство по применению менеджмента риска при проектировании
- ГОСТ Р 56716-2015 Техника сетевого планирования

Управление операционной деятельностью — это наблюдение, руководство и контроль за бизнес-операциями. Операции используются для поддержки повседневной деятельности и необходимы для достижения стратегических и тактических задач организации. Примеры включают: производственные операции, технологические операции, бухгалтерские операции, поддержку программного обеспечения и техническое обслуживание.

Несмотря на временный характер, проекты также могут помогать в достижении целей организации, если они приведены в соответствие со стратегией организации. Иногда организации вносят изменения в свою операционную деятельность, продукты или системы посредством **стратегических бизнес-инициатив, которые разрабатываются и внедряются посредством проектов.**

Операционная деятельность (ОУ)	Проекты (УП)
<p>Является <u>постоянной</u> и дает на выходе <u>повторяющиеся продукты</u>, услуги или результаты</p>	<p>Являются <u>временными</u> и <u>конечными</u></p>
<p><u>Поддерживает организацию</u> в течение <u>длительного времени</u> и <u>обеспечивает деловую среду</u>, в которой выполняются проекты</p>	<p>Проектная деятельность требует <u>управления проектами (иные подходы)</u></p>
<p><u>Не прекращается после достижения текущих целей</u>, а вместо этого <u>дополняется новыми указаниями</u> для поддержания стратегических планов организации</p> <p>Операционная деятельность, требует <u>управления бизнес-процессами</u> или <u>управления операциями</u>.</p>	

Управление операционной деятельностью (ОУ)

Финансы

Маркетинг и продажи

Управление персоналом

Производство

СМК

Закупки

Управление проектами (УП)

Строительство дома

Организационный проект развития

Запуск спутника на Марс

Разработка ПО

Модернизация производственной линии

Руководитель проекта — лицо, назначенное исполняющей организацией руководить командой и отвечающее за **достижение целей проекта**. Роль руководителя проекта отличается от роли функционального руководителя или руководителя операционной деятельности. Как правило, функциональный руководитель сосредоточен на обеспечении надзора за функциональным или бизнес-подразделением, а руководители операционной деятельности несут ответственность за обеспечение эффективности бизнес-операций.

В общем, руководители проектов отвечают за **удовлетворение потребностей**: потребностей задач, потребностей команды и индивидуальных потребностей. Так как управление проектом — важная стратегическая дисциплина, руководитель проекта становится **связующим звеном между стратегией и командой**.

ГОСТ РВ 15.203-2001 Порядок выполнения ОКР:

*«Для технического руководства ОКР назначают **главного (генерального) конструктора изделия...** Главный (генеральный) конструктор выполняет свои функции, осуществляет права и несёт ответственность перед заказчиком согласно Положению о генеральном конструкторе.»*

Указ Президента Российской Федерации от 19.01.2015 г. № 18

Утверждает Положение о генеральном конструкторе.

*«**Генеральный конструктор является руководителем проекта...**»*

*«Кандидатом для наделения полномочиями генерального конструктора может быть **высококвалифицированный специалист, имеющий высшее техническое образование, ученую степень доктора наук, стаж работы не менее десяти лет на инженерно-конструкторских должностях ..., опыт участия в реализации государственных, федеральных и иных программ, а также научные достижения.**»*

Сертификация Project Management Professional (PMP)

Профессионал в управлении проектами является наиболее важным, признанным отраслевым сертификатом для руководителей проектов.

Требования к образованию и опыту

Кандидаты должны соответствовать требованиям первой или второй категории к образованию и опыту и соблюдать Кодекс профессиональной этики в управлении проектами.

Руководитель проекта

<https://pmi.ru/certificates/pmpcertification/>

Первая категория

На момент подачи заявки кандидат должен иметь высшее образование со степенью не ниже бакалавра и не менее **4500** часов работы в области управления проектами по пяти группам процессов. Количество часов в заполняемых Формах подтверждения опыта должно в сумме составлять 4500 часов, а даты проектов должны показывать, что **кандидат имеет не менее трех лет (36 непересекающихся месяцев) опыта управления проектами в течение шести лет до подачи заявки.**

Кандидат также должен иметь не менее 35 часов обучения в области управления проектами. Кандидат может указывать любое обучение в области управления проектами, независимо от даты обучения.

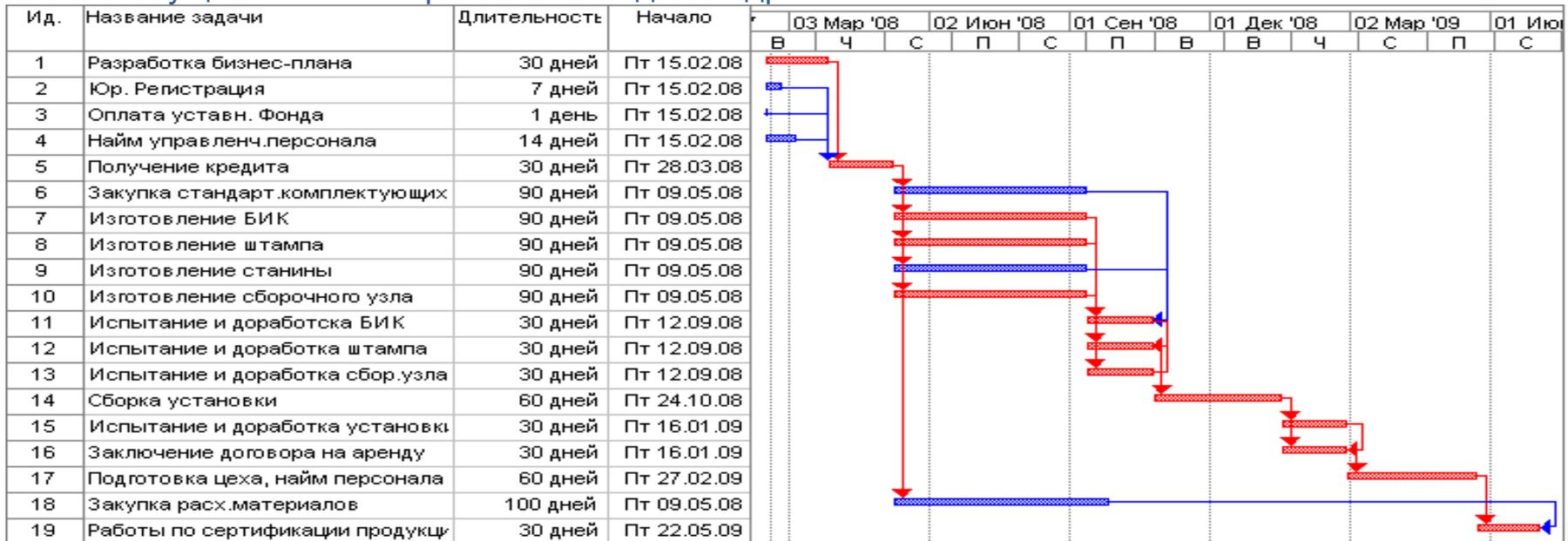
Вторая категория

Имеет диплом о полном среднем образовании и не менее **7500** часов работы в области управления проектами.

- Срок должен определяться в первую очередь исполнителем. Исполнитель, как правило - самый опытный эксперт в задачах данного рода. Не следует опасаться, что исполнитель сильно завысит сроки, скорее срок будет занижен. Дело в том, что исполнители очень редко учитывают в своих оценках необходимость косвенных работ.
- В план могут быть приняты только сроки, согласованные между менеджером и сотрудником.
- Для накопления достоверной статистики о реальных трудозатратах необходимо вести учет рабочего времени по проектам.
- Правильные контрольные вопросы о состоянии задачи (Team Status) следующие:
 - на что уже было потрачено время (work complete)?
 - сколько еще нужно времени (remain work)?

Тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту.

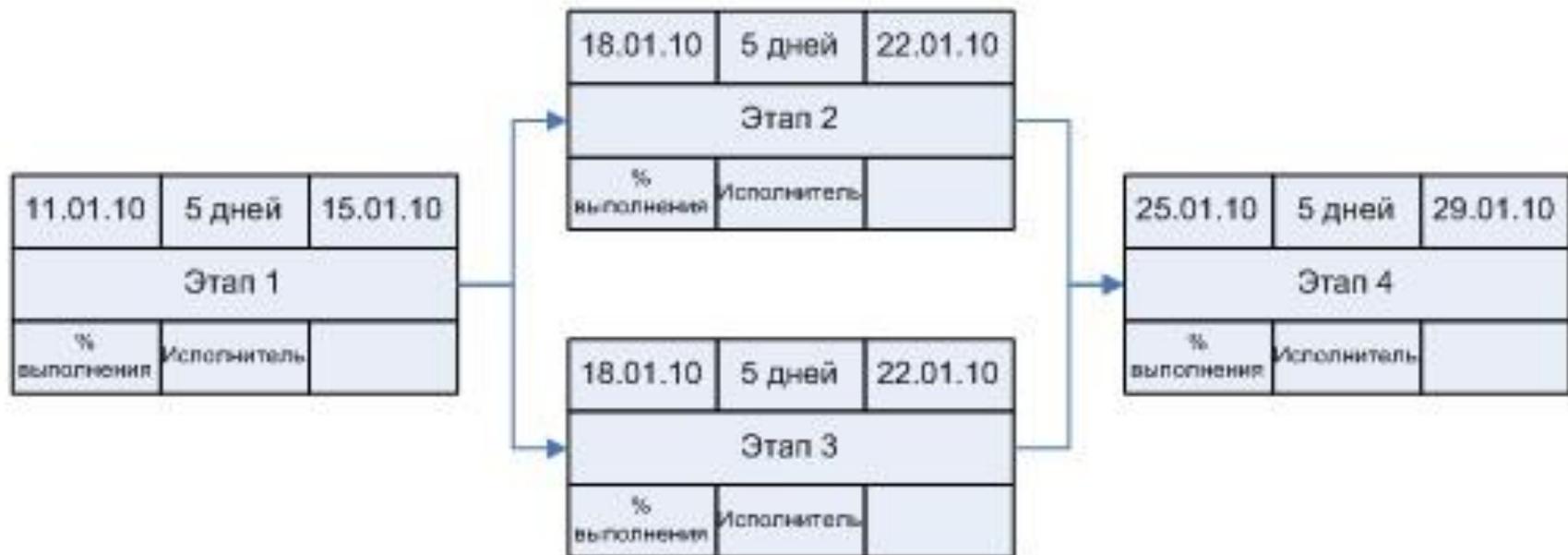
Состоит из полос, ориентированных вдоль оси времени. Каждая полоса на диаграмме представляет отдельную задачу в составе проекта (вид работы), её концы — моменты начала и завершения работы, её протяженность — длительность работы. Вертикальной осью диаграммы служит перечень задач. Кроме того, на диаграмме могут быть отмечены совокупные задачи, проценты завершения, указатели последовательности и зависимости работ, метки ключевых моментов (вехи), метка текущего момента времени «Сегодня» и др.



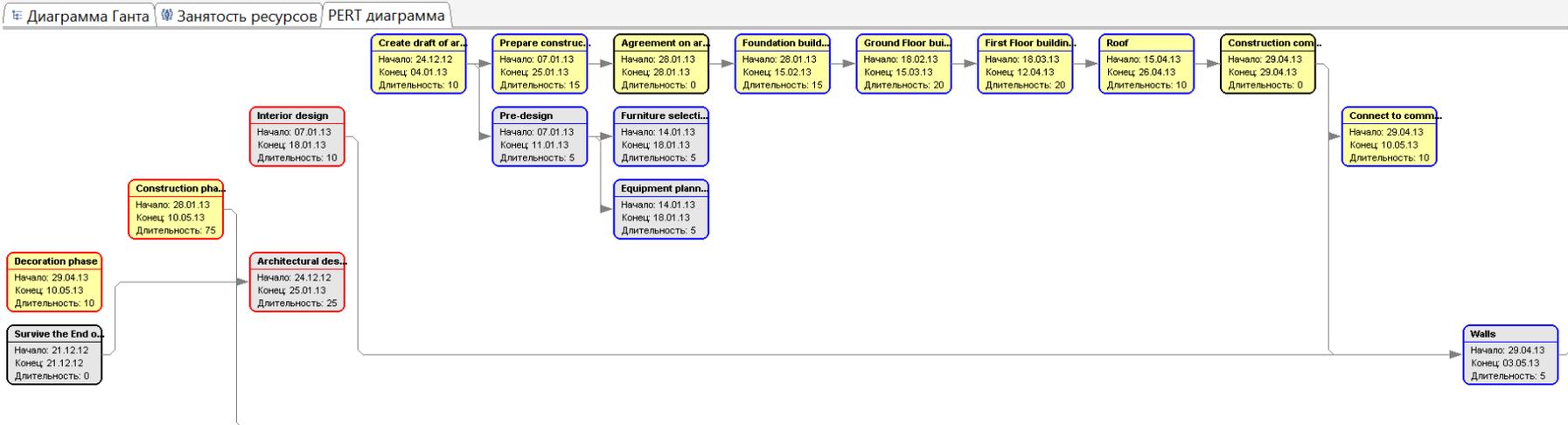
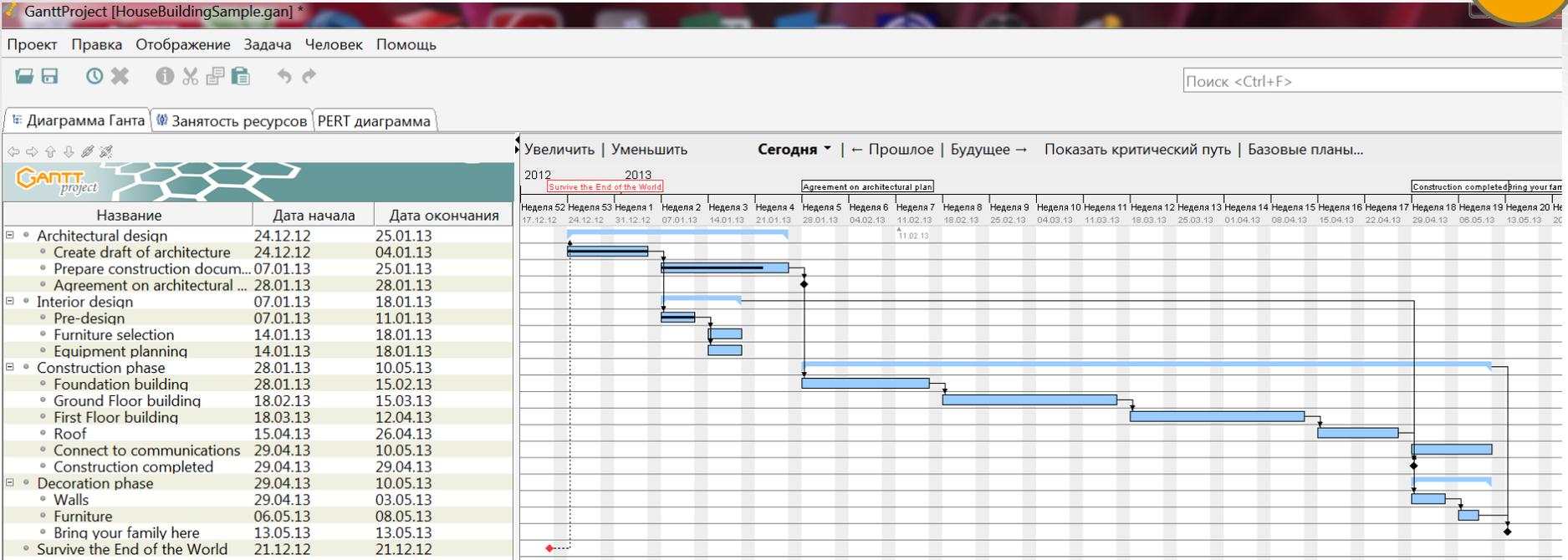
Сетевая диаграмма PERT Program (Project) Evaluation and Review Technique

Сетевой график

динамическая модель производственного процесса, отражающая технологическую зависимость и последовательность выполнения комплекса работ, связывающая их свершение во времени с учётом затрат ресурсов и стоимости работ с выделением при этом узких (критических) мест.



Программные продукты



Ключевые показатели эффективности

(ключевой показатель результата деятельности)

(англ. *Key Performance Indicators, KPI*) — показатели деятельности подразделения (предприятия), которые помогают организации в достижении стратегических и тактических (операционных) целей. Использование ключевых показателей эффективности даёт организации возможность оценить своё состояние и помочь в оценке реализации стратегии.

«+»

- Размер бонуса сотрудника напрямую зависит от выполнения его персональных KPI
- За каждым закреплена ответственность за определенный участок работы
- Сотрудник видит свой вклад в достижении общей цели компании

«-»

- Из-за слишком большого количества KPI в общем бонусе доля каждого из них мала
- Слишком большой вес одного из показателей ведет к перекосам в работе
- Реально недостижимые KPI демотивируют работу сотрудников

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 3

T3, TУ, основные виды испытаний

СПб ГУТ)))

Техническое задание (на разработку продукции)

Исходный технический документ для разработки продукции и технической документации на нее.

Техническое задание (ТЗ) на разработку продукции (на выполнение ОКР) содержит общие сведения о разработке продукции, требования, предъявляемые к продукции, и требования к самому процессу ее разработки.

Действие ТЗ распространяется на стадии разработки, включая утверждение акта приемки опытного образца (опытной партии) и доработку технической документации по результатам приемочных испытаний, после чего основным документом на продукцию служат технические условия или стандарт.

В практике создания новой продукции встречаются некоторые разновидности ТЗ:

частное - на разработку составной части продукции, утверждаемое головным разработчиком;

групповое - на разработку нескольких типоразмеров продукции.

Групповое ТЗ на изделие, как правило, предопределяет и групповой (базовый) способ разработки конструкторской документации;

типовое - общее ТЗ на группу однородной продукции, содержащее требования, используемые для всех изделий группы и действующее совместно с дополнением, устанавливающим специфические требования к конкретной продукции.

- ГОСТ 19.201-78. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению (кратко изложено содержание ТЗ);
- ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы (достаточно подробно изложены состав и содержание ТЗ);
- ГОСТ 25123-82. Машины вычислительные и системы обработки данных. Техническое задание. Порядок построения, изложения и оформления (приведен порядок построения ТЗ).
- ГОСТ Р 15.201-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. (указан порядок разработки ТЗ).
- ГОСТ Р 53736-2009. Изделия электронной техники. Порядок создания и постановки на производство. основные положения. (приведена форма ТЗ на НИР и ОКР).
- ГОСТ РВ 15.201-2003 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторских работ. Содержит не только требования к оформлению технического задания, но и порядок сдачи работ.Имеет гриф ДСП.

- ГОСТ РВ 0015-101-2010. Система разработки и постановки продукции. Военная техника. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение научно-исследовательских работ. Содержит требования к построению, содержанию, оформлению, изложению, порядку согласования и утверждения ТЗ на НИР и их составных частей. Имеет гриф ДСП. Введён взамен ГОСТ РВ 15.101-2003 с тем же названием.
- ОСТ 95 18-2001. Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Основные положения.
- Приложение № 3 к Правилам приемки НИОКР, утвержденным Приказом Роспрома 16.09.2004 № 95. Техническое задание на научно-исследовательскую работу

5.1 Основанием для выполнения ОКР является ТЗ, утвержденное заказчиком, и договор (контракт) с ним. В качестве ТЗ может быть использован иной документ, содержащий необходимые и достаточные требования для разработки продукции и взаимопризнаваемый заказчиком и разработчиком.

Требования по анализу договора (контракта) приведены в 4.3 ГОСТ Р ИСО 9001.

В случае инициативной разработки продукции основанием для выполнения ОКР является утвержденное руководством предприятия-разработчика ТЗ (или заменяющий его документ), базирующееся на результатах исследования рынка продукции, а также патентных исследований по ГОСТ Р 15.011.

При разработке ТЗ разработчик учитывает информацию об аналогичной продукции, содержащуюся в базах данных (общероссийской и региональных), созданных в Госстандарте России на основе каталожных листов продукции.

5.2 В ТЗ рекомендуется указывать технико-экономические требования к продукции, определяющие ее потребительские свойства и эффективность применения, перечень документов, требующих совместное рассмотрение, порядок сдачи и приемки результатов разработки.

В ТЗ предусматривают реализацию всех обязательных требований, распространяющихся на данную продукцию.

В ТЗ указывают предусмотренную законодательством форму подтверждения соответствия продукции обязательным требованиям.

В ТЗ рекомендуется предусматривать учет интересов всех возможных потребителей.

Конкретное содержание ТЗ определяют заказчик и разработчик, а при инициативной разработке — разработчик.

Не допускается включать в ТЗ требования, которые противоречат законам Российской Федерации и обязательным требованиям.

5.3 В ТЗ рекомендуется предусматривать следующие положения:

- прогноз развития требований на данную продукцию на предполагаемый период ее выпуска;
- рекомендуемые этапы модернизации продукции с учетом прогноза развития требований;
- соответствие требованиям стран предполагаемого экспорта с учетом прогноза развития этих требований;
- характеристики ремонтпригодности;
- возможность замены запасных частей без применения промышленной технологии;
- доступность и безопасность эффективного использования продукции инвалидами и гражданами пожилого возраста (для соответствующей продукции, предусмотренной законодательством Российской Федерации).

5.4 ТЗ разрабатывают и утверждают в порядке, установленном заказчиком разработчиком. К разработке ТЗ могут привлекаться другие заинтересованные организации (предприятия): изготовитель, торговая (посредническая) организация, страховая организация, организация-проектировщик, монтажная организация и др.

5.5 Для подтверждения отдельных требований к продукции, в том числе требований безопасности, охраны здоровья и окружающей среды, а также оценки технического уровня продукции, ТЗ может быть направлено разработчиком или заказчиком на экспертизу (заключение) в сторонние организации. Решение по полученным заключениям принимают разработчик и заказчик до утверждения ТЗ.

5.6 На любом этапе разработки продукции при согласии заказчика и разработчика в ТЗ или документ, его заменяющий, могут быть внесены изменения и дополнения, не нарушающие условия выполнения обязательных требований.

- наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР;
- цель выполнения ОКР, наименование и индекс изделия;
- тактико-технические требования к изделию;
- технико-экономические требования;
- требования к видам обеспечения;
- требования к сырью, материалам и КИМП;
- требования к консервации, упаковке и маркировке;
- требования к учебно-тренировочным средствам;
- этапы выполнения ОКР;
- порядок выполнения и приемки этапов ОКР.

ТЗ на ОКР может быть дополнено приложениями.

В зависимости от особенностей разрабатываемого (модернизируемого) изделия, условий его применения и эксплуатации допускается вводить в ТЗ на ОКР и другие разделы.

Конкретное содержание разделов и подразделов ТЗ на ОКР определяет заказчик на основе требований настоящего стандарта с учетом специфики и особенностей создаваемого изделия, условий его применения и эксплуатации.

В тех случаях, когда требования по какому-либо разделу, подразделу не предъявляются, то после наименования раздела, подраздела указывают «не предусмотрены» или «не предъявляются».

При необходимости уточнения отдельных требований ТЗ в процессе выполнения ОКР должен быть указан этап ОКР, на котором эти требования уточняют.

В разделе указывают требования, характеристики, нормы, показатели и другие параметры, определяющие назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения изделия. Раздел должен состоять из следующих подразделов:

- состав изделия;
- требования назначения;
- требования радиоэлектронной защиты;
- требования живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования надежности;
- требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
- требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
- требования транспортабельности;
- требования безопасности;
- требования стандартизации, унификации и каталогизации;
- требования технологичности;
- конструктивные требования.

- стойкость — свойство аппаратуры сохранять свои параметры в пределах установленных норм во время и после воздействия на нее определенного внешнего фактора (группы факторов) с уровнем, установленным в нормативной документации;

- устойчивость — свойство аппаратуры сохранять свои параметры в пределах установленных норм во время воздействия на нее определенного внешнего фактора (группы факторов) с уровнем, установленным в нормативной документации;

- прочность — свойство аппаратуры сохранять свои параметры в пределах установленных норм после воздействия на нее определенного внешнего фактора (группы факторов) с уровнем, установленным в нормативной документации;

Действие ТЗ распространяется на стадии разработки, включая утверждение акта приемки опытного образца (опытной партии) и доработку технической документации по результатам приемочных испытаний, после чего основным документом на продукцию служат технические условия или стандарт.

ТУ является техническим документом, который разрабатывается по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя) продукции.

Технические условия (ТУ) являются неотъемлемой частью комплекта конструкторской или другой технической документации на продукцию, а при отсутствии документации должны содержать полный комплекс требований к продукции, ее изготовлению, контролю и приемке.

Если отдельные требования установлены в стандартах или других технических документах, распространяющихся на данную продукцию, то в ТУ эти требования не повторяют, а в соответствующих разделах ТУ дают ссылки на эти стандарты и документы в соответствии с ГОСТ 2.105

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовителя.

- **Предварительные испытания**

Контрольные испытания опытных образцов и (или) опытных партий продукции с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания

- **Квалификационные испытания**

Контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии, проводимые с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме

- **Предъявительские испытания**

Контрольные испытания продукции, проводимые службой технического контроля предприятия-изготовителя перед предъявлением ее для приемки представителем заказчика, потребителя или других органов приемки

- **Приемосдаточные испытания**

Контрольные испытания продукции при приемочном контроле

- **Периодические испытания**

Контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией, с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска

- **Типовые испытания**

Контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, рецептуру или технологический процесс

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 4

**Комплектующие для электронных средств.
Миниатюризация.**

СПб ГУТ)))

ИССЛЕДОВАНИЯ

- Закладываются самые перспективные комплектующие.
- Выдаются ТЗ на перспективные комплектующие

РАЗРАБОТКА

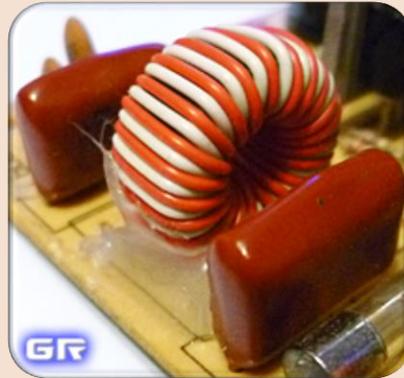
- Осуществляется обоснованный выбор

ПРОИЗВОДСТВО

- Доступность комплектующих

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Возможность модернизации



Активные

- Транзисторы
- Диоды
- Микросхемы
- Датчики и сенсоры

...

Пассивные

- Резистор
- Конденсатор
- Индуктивность
- Фильтр
- Предохранители
- Антенны?

...

Электромеханические

- Разъёмы
- Реле
- Кабели
- Тумблеры

...

Силовые и источники питания

- Транзисторы
- Диоды
- Источники питания
- Преобразователи
- Фильтры

...

Характеристики

Модель для САД

Возможность применения

Перспективность

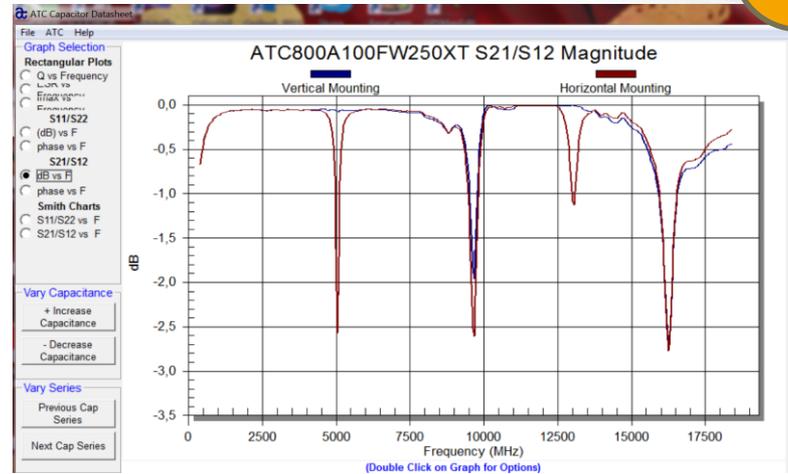
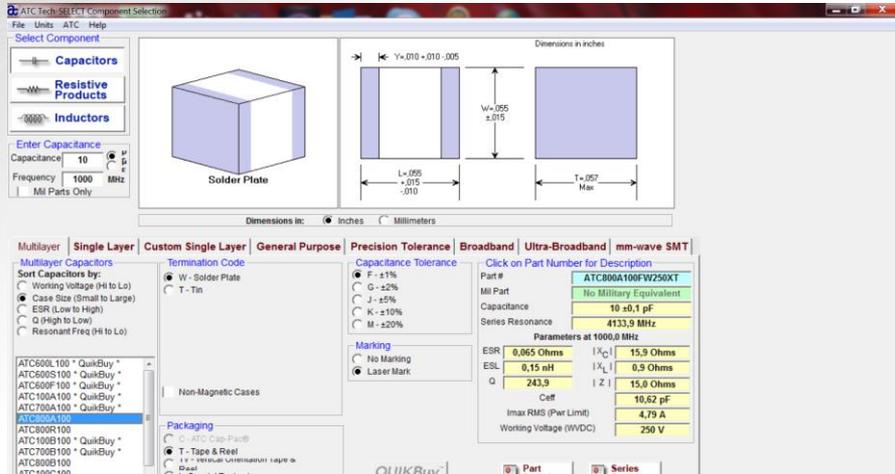
Образцы

Функциональные

Энергетические

Внешние воздействующие
факторы

Технологические



- DB TO VSWR Conversion [table](#)
- Use arrow keys to sort columns in ascending or descending order
- Use check boxes and "Compare" to compare/view particular parts

[Data Sheet](#)

["S" Param File](#)

[ROHS Declaration](#)

[ROHS Declaration XML](#)

[Mounting Footprint](#)

[REACH Certificate](#)

Part Number	Docs	Ret
<input type="checkbox"/> 11302-3 buy Docs		15.6
<input type="checkbox"/> 11303-3 buy Docs	0.38 - 0.52	125
<input type="checkbox"/> 11304-3S buy Docs	0.5 - 1.0	100
<input type="checkbox"/> 11305-3S buy Docs	1.0 - 2.0	60
<input type="checkbox"/> 11306-3S buy Docs	2.0 - 4.0	60

```

# GHz S MA R 50.0000
! ANSOFT CORPORATION Harmonica © v8.5 S4P DATABASE
! Circuit file: C:\anaren\correction\correction.ckt
! Time created: 03/20/01 16:24:48
! S-parameter data for subcircuit: correction

```

FREQ	4x4 S-MATRIX (mag/phase)							
0.0500	0.0399	-125.5953	0.0547	57.0533	0.9553	-22.2344	0.2566	66.8447
	0.0546	57.0775	0.0406	-124.8943	0.2570	66.8383	0.9535	-22.2982
	0.9551	-22.2295	0.2569	66.8471	0.0399	-123.4081	0.0547	57.5617
	0.2566	66.8369	0.9539	-22.3057	0.0547	57.6054	0.0402	-124.8222
0.0550	0.0432	-130.0682	0.0591	53.8235	0.9482	-24.2895	0.2792	64.7229
	0.0591	53.8633	0.0442	-129.2948	0.2798	64.7500	0.9467	-24.3664
	0.9476	-24.2946	0.2796	64.7629	0.0434	-127.5604	0.0594	54.4060
	0.2794	64.7127	0.9466	-24.3689	0.0594	54.4070	0.0437	-128.8772
0.0600	0.0466	-134.3534	0.0634	50.7412	0.9405	-26.3439	0.3014	62.6536
	0.0633	50.6845	0.0475	-133.0952	0.3018	62.6846	0.9391	-26.4160
	0.9411	-26.3519	0.3018	62.6668	0.0465	-131.6326	0.0636	51.3120
	0.3015	62.6360	0.9403	-26.4364	0.0636	51.3633	0.0471	-133.0256
0.0650	0.0497	-138.2951	0.0673	47.5914	0.9337	-28.3408	0.3228	60.6250
	0.0674	47.5783	0.0507	-137.2456	0.3232	60.6272	0.9322	-28.4293
	0.9329	-28.3736	0.3231	60.6408	0.0498	-135.6807	0.0677	48.2590
	0.3227	60.6065	0.9318	-28.4356	0.0676	48.3030	0.0501	-136.8152

С кем работает отдел закупок

Импортозамещение

Техподдержка

Сроки поставки

Цена

Возможность заказа разработки или модернизации

Стадия жизненного цикла комплектующего

Технологические возможности
производства

Время начала серийного выпуска
изделия

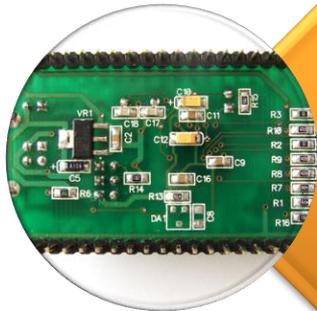
Время начала серийного выпуска
комплектующего

Процент новизны

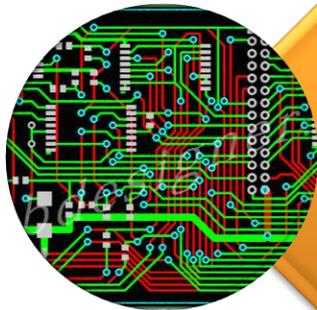
Опыт работы с комплектующим других
разработчиков



Образцы



Отладочные
платы



Техподдержка

**Отраслевые
журналы**

Производитель

Дистрибьютор

Микроминиатюризация — направление научно-технической деятельности, основными задачами которого являются **уменьшение габаритов, массы и стоимости радиоэлектронной аппаратуры при одновременном повышении ее надёжности и экономичности за счет совершенствования схемотехнических, конструкторских и технологических методов.** Тенденция микроминиатюризации представляет собой непрерывный процесс, который опирается главным образом на достижения микроэлектроники, в том числе на использование интегральной технологии. Микроминиатюризация позволяет **снизить энергопотребление, повысить быстродействие, упростить конструкцию и расширить функциональные возможности** как отдельных электронных приборов, так и сконструированных на их основе устройств.

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 5

**Некоторые вопросы распространения
электромагнитных волн**

СПб ГУТ)))

The RF Transmission Systems Handbook

TABLE 2.1 Standardized Frequency Bands

Extremely low-frequency (ELF) band:	30–300 Hz	(10–1 Mm)
Voice-frequency (VF) band:	300 Hz–3 kHz	(1 Mm–100 km)
Very low-frequency (VLF) band:	3–30 kHz	(100–10 km)
Low-frequency (LF) band:	30–300 kHz	(10–1 km)
Medium-frequency (MF) band:	300 kHz–3 MHz	(1 km–100 m)
High-frequency (HF) band:	3–30 MHz	(100–10 m)
Very high-frequency (VHF) band:	30–300 MHz	(10–1 m)
Ultra high-frequency (UHF) band:	300 MHz–3 GHz	(1 m–10 cm)
Super high-frequency (SHF) band:	3–30 GHz	(1–1 cm)
Extremely high-frequency (EHF) band:	30–300 GHz	(1 cm–1 mm)

TABLE 2.2 Standardized Frequency Bands at 1 GHz and Above

L-band:	1–2 GHz	(30–15 cm)
S-band:	2–4 GHz	(15–7.5 cm)
C-band:	4–8 GHz	(7.5–3.75 cm)
X-band:	8–12 GHz	(3.75–2.5 cm)
Ku-band:	12–18 GHz	(2.5–1.67 cm)
K-band:	18–26.5 GHz	(1.67–1.13 cm)
Ka-band:	26.5–40 GHz	(1.13–7.5 mm)
Q-band:	32–50 GHz	(9.38–6 mm)
U-band:	40–60 GHz	(7.5–5 mm)
V-band:	50–75 GHz	(6–4 mm)
W-band:	75–100 GHz	(4–3.33 mm)

The RF Transmission Systems Handbook

TABLE 2.3 Detailed Subdivision of the UHF, SHF, and EHF Bands

L-band:	1.12–1.7 GHz	(26.8–17.6 cm)
LS-band:	1.7–2.6 GHz	(17.6–11.5 cm)
S-band:	2.6–3.95 GHz	(11.5–7.59 cm)
C(G)-band:	3.95–5.85 GHz	(7.59–5.13 cm)
XN(J, XC)-band:	5.85–8.2 GHz	(5.13–3.66 cm)
XB(H, BL)-band:	7.05–10 GHz	(4.26–3 cm)
X-band:	8.2–12.4 GHz	(3.66–2.42 cm)
Ku(P)-band:	12.4–18 GHz	(2.42–1.67 cm)
K-band:	18–26.5 GHz	(1.67–1.13 cm)
V(R, Ka)-band:	26.5–40 GHz	(1.13 cm–7.5 mm)
Q(V)-band:	33–50 GHz	(9.09–6 mm)
M(W)-band:	50–75 GHz	(6–4 mm)
E(Y)-band:	60–90 GHz	(5–3.33 mm)
F(N)-band:	90–140 GHz	(3.33–2.14 mm)
G(A)-band:	140–220 GHz	(2.14–1.36 mm)
R-band:	220–325 GHz	(1.36–0.923 mm)

TABLE 2.4 Subdivision of the VHF, UHF, SHF Lower Part of the EHF Band

A-band:	100–250 MHz	(3–1.2 m)
B-band:	250–500 MHz	(1.2–60 cm)
C-band:	500 MHz–1 GHz	(60–30 cm)
D-band:	1–2 GHz	(30–15 cm)
E-band:	2–3 GHz	(15–10 cm)
F-band:	3–4 GHz	(10–7.5 cm)
G-band:	4–6 GHz	(7.5–5 cm)
H-band:	6–8 GHz	(5–3.75 cm)
I-band:	8–10 GHz	(3.75–3 cm)
J-band:	10–20 GHz	(3–1.5 cm)
K-band:	20–40 GHz	(1.5 cm–7.5 mm)
L-band:	40–60 GHz	(7.5–5 mm)
M-band:	60–100 GHz	(5–3 mm)

MACOM

Previous Frequency Designations	P	L	S	C	X	Ku	K	Ka					
Current Frequency Designations	C	D	E	F	G	H	I	J	K				
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.4	18.0	20.0	26.5	40.0
	Frequency (GHz)												

Мириаметровые волны
Километровые волны
Гектометровые волны
Декаметровые волны
Метровые волны
Дециметровые волны
Сантиметровые волны
Миллиметровые волны
Децимиллиметровые волны

Радиоволны длиной 10—100 км
Радиоволны длиной 1—10 км
Радиоволны длиной 100—1000 м
Радиоволны длиной 10—100 м
Радиоволны длиной 1—10 м
Радиоволны длиной 10—100 см
Радиоволны длиной 1—10 см
Радиоволны длиной 1—10 мм
Радиоволны длиной 0,1—1 мм

Спектр ГОСТ 24375-80

Очень низкие частота
ОНЧ

Низкие частоты
НЧ

Средние частоты
СЧ

Высокие частоты
ВЧ

Очень высокие частоты
ОВЧ

Ультравысокие частоты
УВЧ

Сверхвысокие частоты
СВЧ

Крайне высокие частоты
КВЧ

Гипервысокие частоты
ГВЧ

Радиочастота 3—30 кГц

Радиочастоты 30—300 кГц

Радиочастоты 300—3000 кГц

Радиочастоты 3—30 МГц

Радиочастоты 30—300 МГц

Радиочастоты 300—3000 МГц

Радиочастоты 3—30 ГГц

Радиочастоты 30—300 ГГц

Радиочастоты 300—3000 ГГц

The RF Transmission Systems Handbook

TABLE 2.6 Applications in the Microwave Bands

Aeronavigation:	0.96–1.215 GHz
Global positioning system (GPS) downlink:	1.2276 GHz
Military communications (COM)/radar:	1.35–1.40 GHz
Miscellaneous COM/radar:	1.40–1.71 GHz
L-band telemetry:	1.435–1.535 GHz
GPS downlink:	1.57 GHz
Military COM (troposcatter/telemetry):	1.71–1.85 GHz
Commercial COM and private line of sight (LOS):	1.85–2.20 GHz
Microwave ovens:	2.45 GHz
Commercial COM/radar:	2.45–2.69 GHz
Instructional television:	2.50–2.69 GHz
Military radar (airport surveillance):	2.70–2.90 GHz
Maritime navigation radar:	2.90–3.10 GHz
Miscellaneous radars:	2.90–3.70 GHz
Commercial C-band satellite (SAT) COM downlink:	3.70–4.20 GHz
Radar altimeter:	4.20–4.40 GHz
Military COM (troposcatter):	4.40–4.99 GHz
Commercial microwave landing system:	5.00–5.25 GHz
Miscellaneous radars:	5.25–5.925 GHz
C-band weather radar:	5.35–5.47 GHz
Commercial C-band SAT COM uplink:	5.925–6.425 GHz
Commercial COM:	6.425–7.125 GHz
Mobile television links:	6.875–7.125 GHz
Military LOS COM:	7.125–7.25 GHz
Military SAT COM downlink:	7.25–7.75 GHz
Military LOS COM:	7.75–7.9 GHz
Military SAT COM uplink:	7.90–8.40 GHz
Miscellaneous radars:	8.50–10.55 GHz
Precision approach radar:	9.00–9.20 GHz
X-band weather radar (and maritime navigation radar):	9.30–9.50 GHz
Police radar:	10.525 GHz
Commercial mobile COM (LOS and electronic news gathering (ENG)):	10.55–10.68 GHz
Common-carrier LOS COM:	10.70–11.70 GHz
Commercial COM:	10.70–13.25 GHz

Применение

The RF Transmission Systems Handbook

Commercial Ku-band SAT COM downlink:	11.70–12.20 GHz
Direct broadcast satellite (DBS) downlink and private LOS COM:	12.20–12.70 GHz
ENG and LOS COM:	12.75–13.25 GHz
Miscellaneous radars and SAT COM:	13.25–14.00 GHz
Commercial Ku-band SAT COM uplink:	14.00–14.50 GHz
Military COM (LOS, mobile, and tactical):	14.50–15.35 GHz
Aeronavigation:	15.40–15.70 GHz
Miscellaneous radars:	15.70–17.70 GHz
DBS uplink:	17.30–17.80 GHz
Common-carrier LOS COM:	17.70–19.70 GHz
Commercial COM (SAT COM and LOS):	17.70–20.20 GHz
Private LOS COM:	18.36–19.04 GHz
Military SAT COM:	20.20–21.20 GHz
Miscellaneous COM:	21.20–24.00 GHz
Police radar:	24.15 GHz
Navigation radar:	24.25–25.25 GHz
Military COM:	25.25–27.50 GHz
Commercial COM:	27.50–30.00 GHz
Military SAT COM:	30.00–31.00 GHz
Commercial COM:	31.00–31.20 GHz
Navigation radar:	31.80–33.40 GHz
Miscellaneous radars:	33.40–36.00 GHz
Military COM:	36.00–38.60 GHz
Commercial COM:	38.60–40.00 GHz

М. П. ДОЛУХАНОВ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Издание четвертое

*Допущено Министерством связи СССР
в качестве учебника
для радиотехнических специальностей
электротехнических институтов связи*



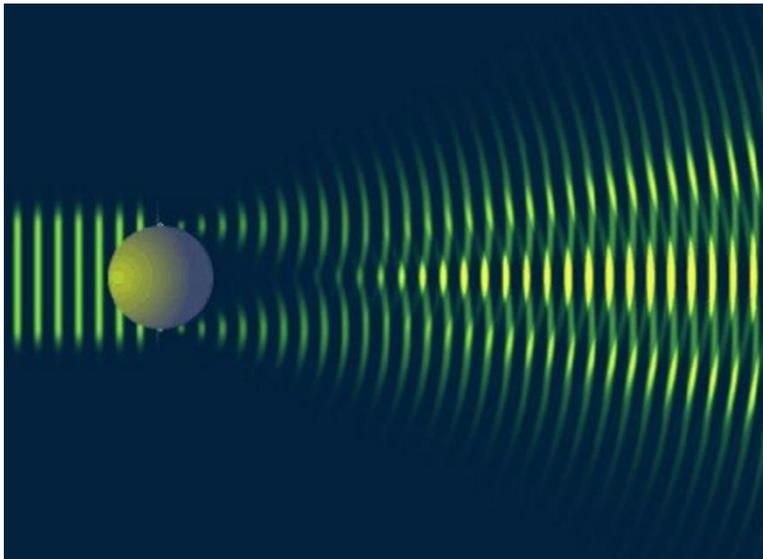
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ»
МОСКВА 1972

Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую благодарность профессору Б. В. Брауде за ряд ценных замечаний и коллективу кафедры антенн и распространения радиоволн ЛЭИС имени проф. М. А. Бонч-Бруевича за неоднократные совместные обсуждения методики изложения отдельных разделов курса.

Дифракция волн

физическое явление

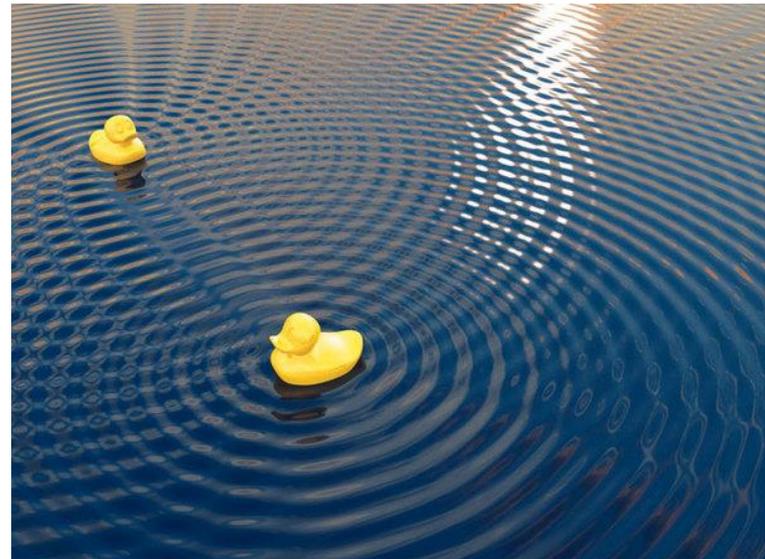
Взаимодействие поля с материальными объектами. Любые нарушения первоначальной формы волнового фронта при распространении волны в среде с неоднородностями.



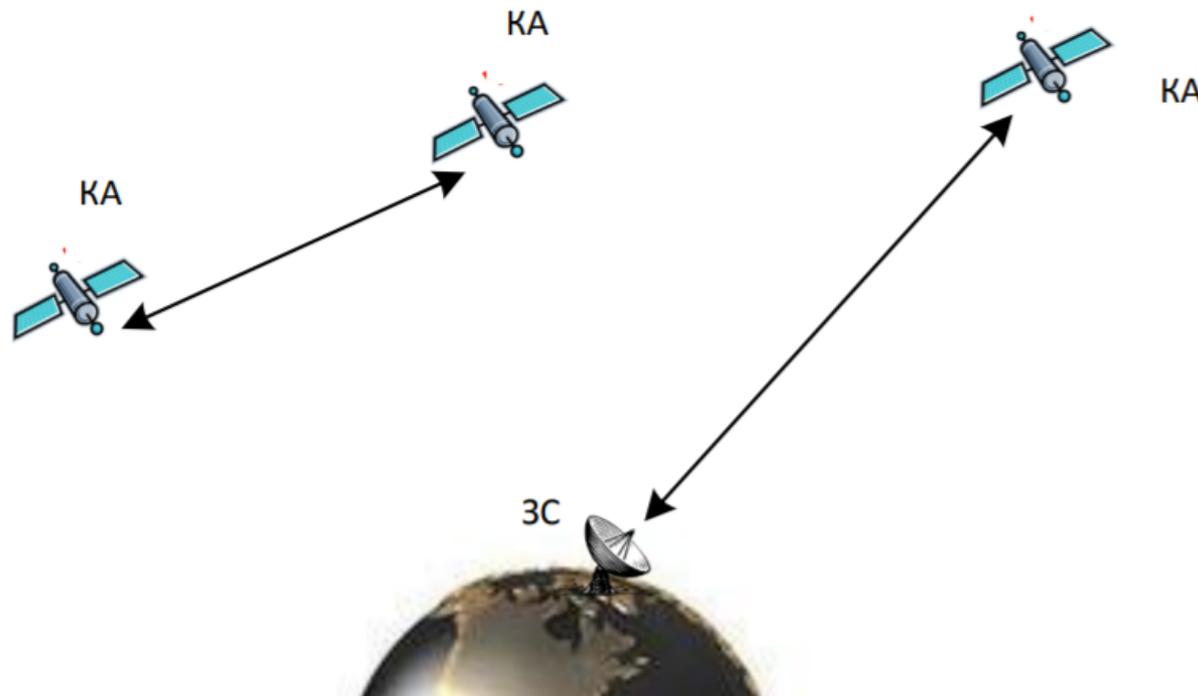
Интерференция волн

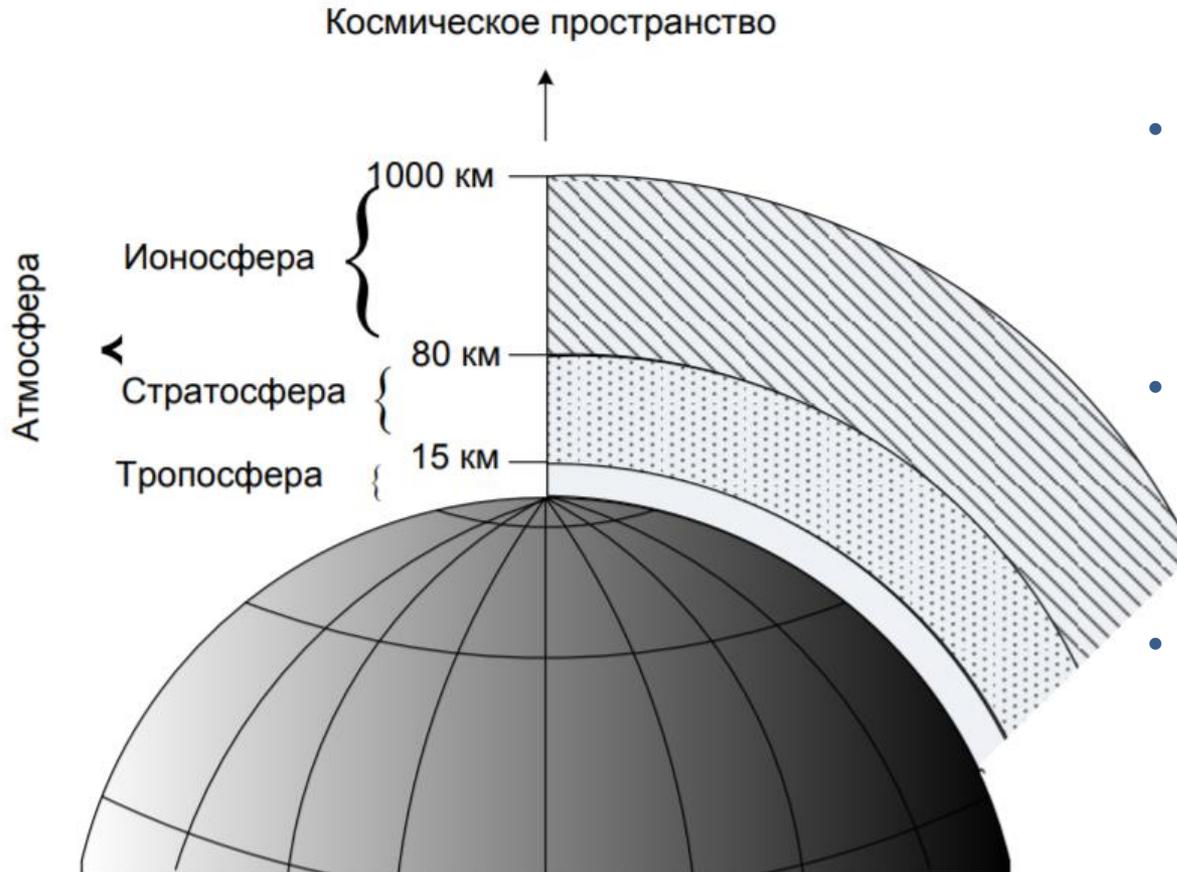
математическое действие

Взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга. Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени, и при сложении колебаний получается колебание той же частоты.



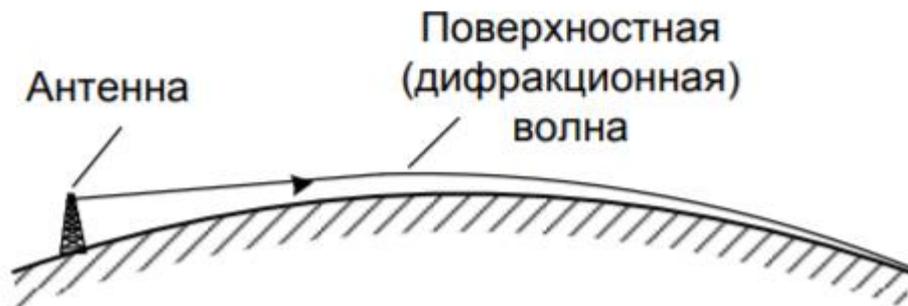
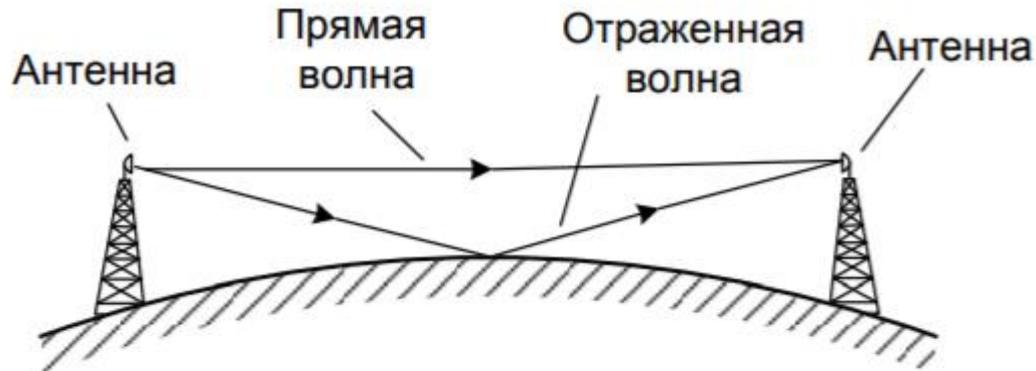
Радиоволны, распространяющиеся в однородной или слабо неоднородной среде, в частности, в космическом пространстве, по прямолинейным (или близким к ним) траекториям, носят название **свободно распространяющихся или прямых волн**. Такие волны при прохождении сквозь атмосферу Земли могут претерпеть небольшое искривление (рефракцию), рассеяние и поворот плоскости поляризации.





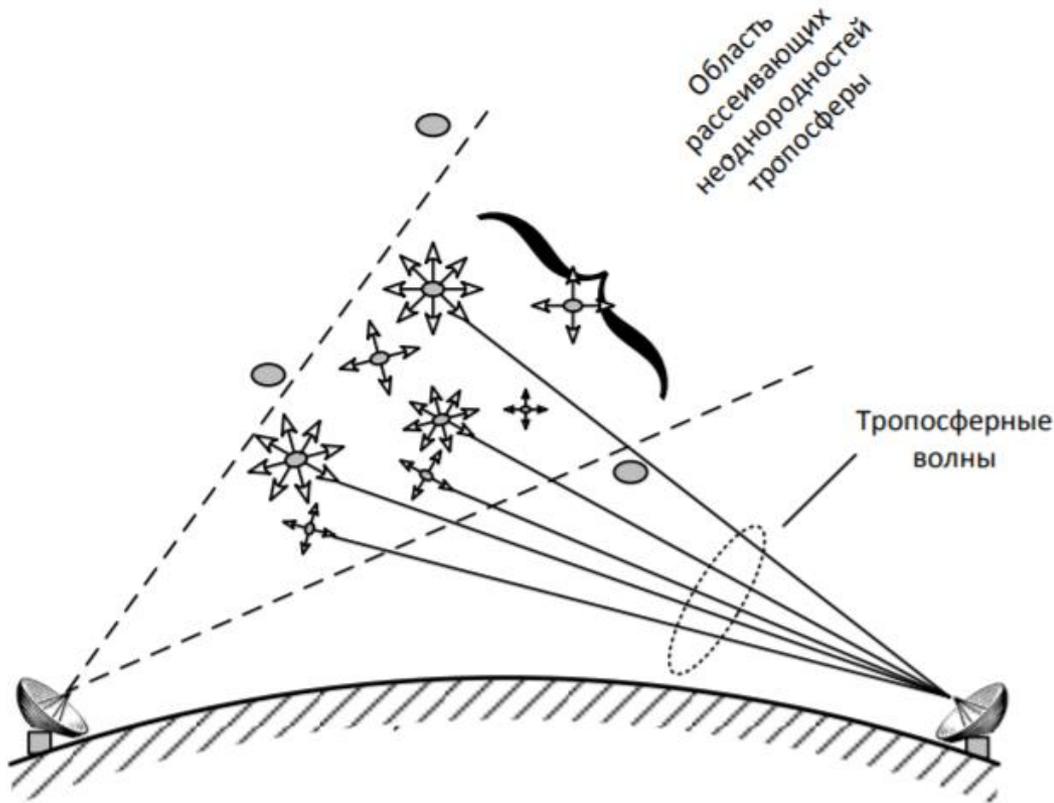
- влияние близости и сферической формы поверхности Земли
- воздействие неоднородности тропосферы
- влияние ионосферы

Радиоволна, распространяющаяся вблизи земной поверхности и включающая прямую волну, волну, отраженную от земли, и поверхностную волну.



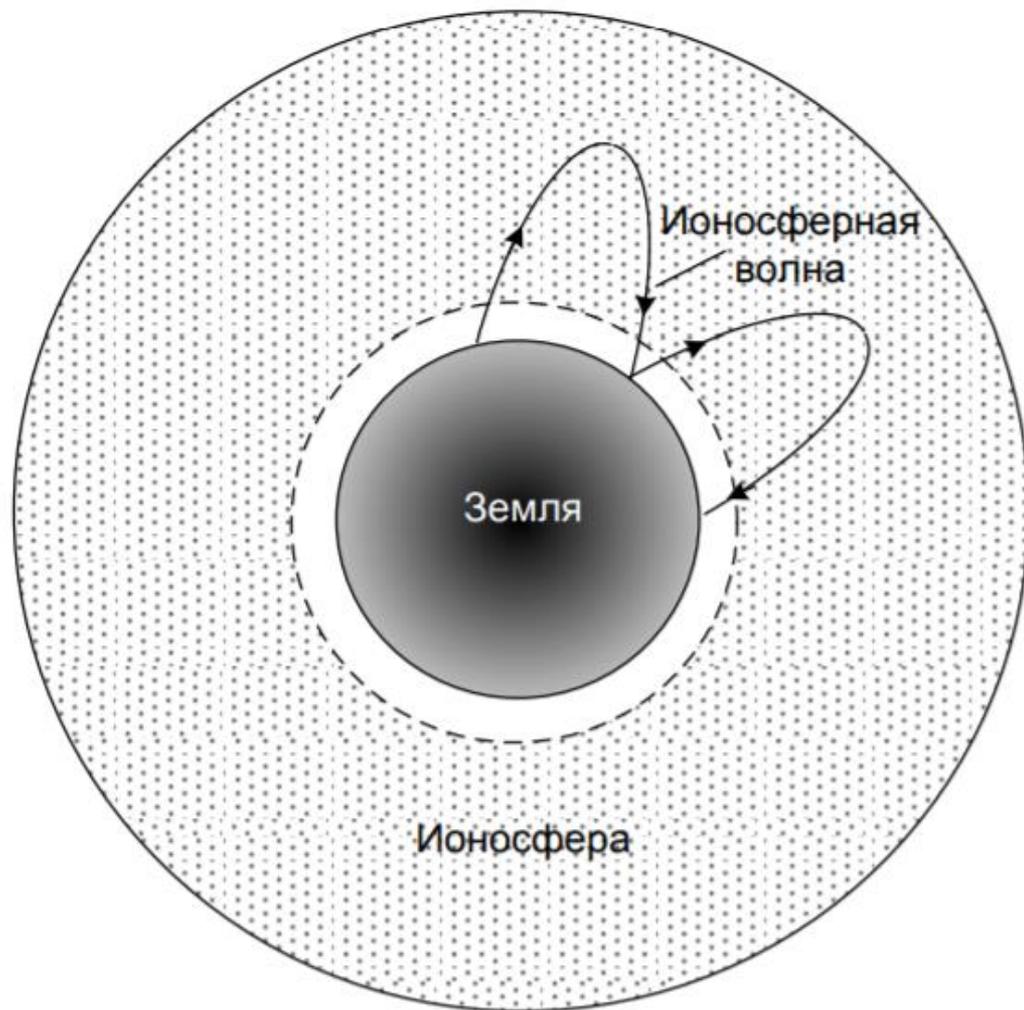
Примечание: в определении стандартизованного термина «земная радиоволна» поверхностную волну следует понимать как волну, частично огибающую выпуклость земного шара вследствие явления дифракции. Поскольку земная радиоволна по определению распространяется в непосредственной близости от поверхности Земли, то её часто называют поверхностной. Однако ГОСТ 24375 – 80 применение такого термина - синонима считает недопустимым.

Радиоволна, распространяющаяся между точками на (или) вблизи земной поверхности по траекториям, лежащим целиком в тропосфере.



Примечание: характер траекторий определяется неоднородностью тропосферы. Кроме общей плавно меняющейся неоднородности в атмосфере всегда присутствуют локальные неоднородности, которые рассеивают энергию радиоволны. Такое рассеяние, с одной стороны, ослабляет поле распространяющейся волны в прямом направлении, а с другой - способствует распространению рассеянной энергии далеко за линию горизонта, что используется в некоторых технологиях телекоммуникаций.

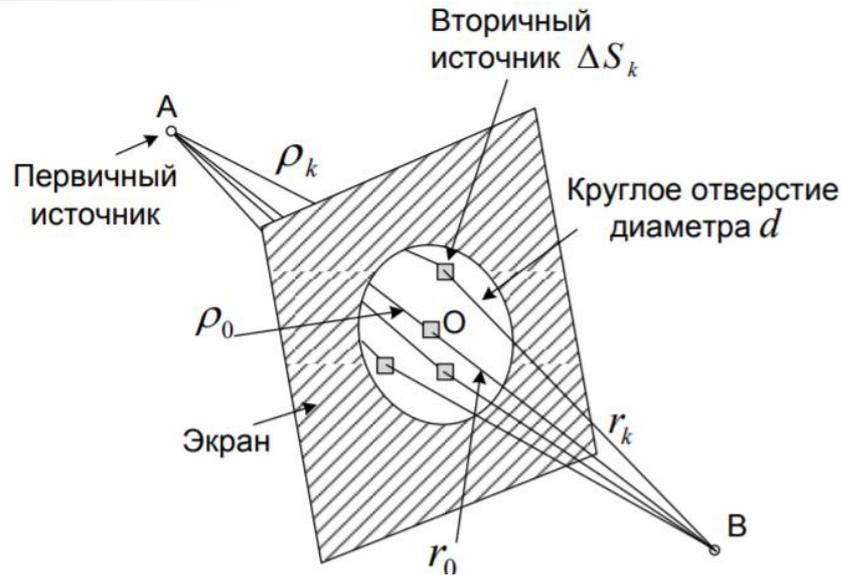
Радиоволна, распространяющаяся в результате отражения от ионосферы или рассеяния в ней.



Примечание: верхние слои атмосферы (ионосфера) содержат газ в ионизированном состоянии. Волны с частотами ниже 30 МГц испытывают сильное преломление в ионосфере. Траектории распространения этих волн искривляются настолько, что они (волны) возвращаются на Землю.

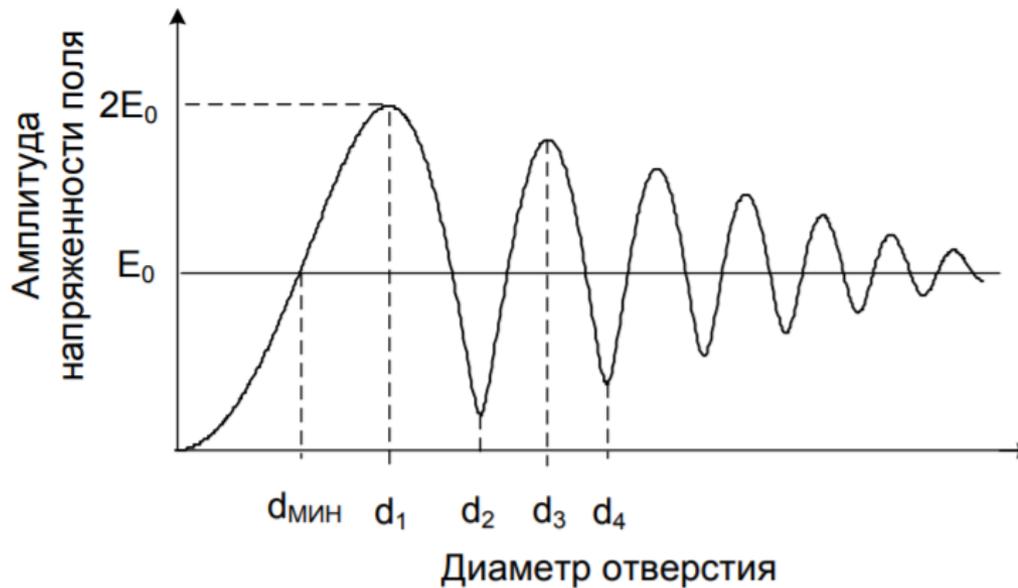
В атмосфере всегда присутствуют локальные неоднородности ионизации, которые также рассеивают энергию радиоволны.

Область пространства, существенная для распространения радиоволн в свободном пространстве



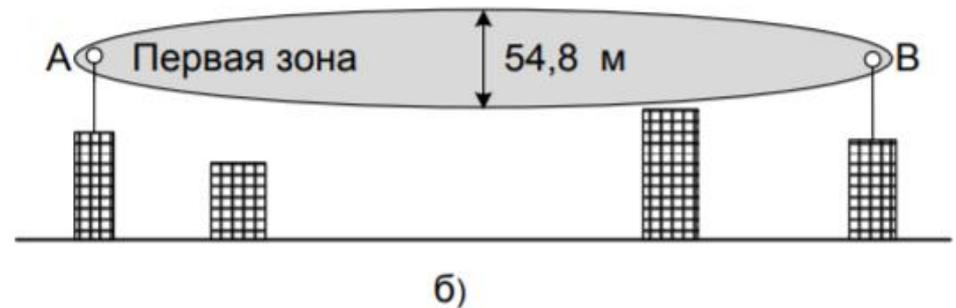
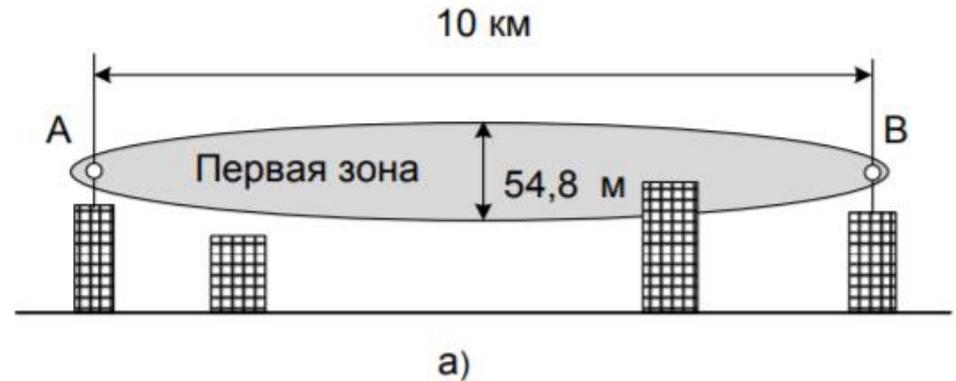
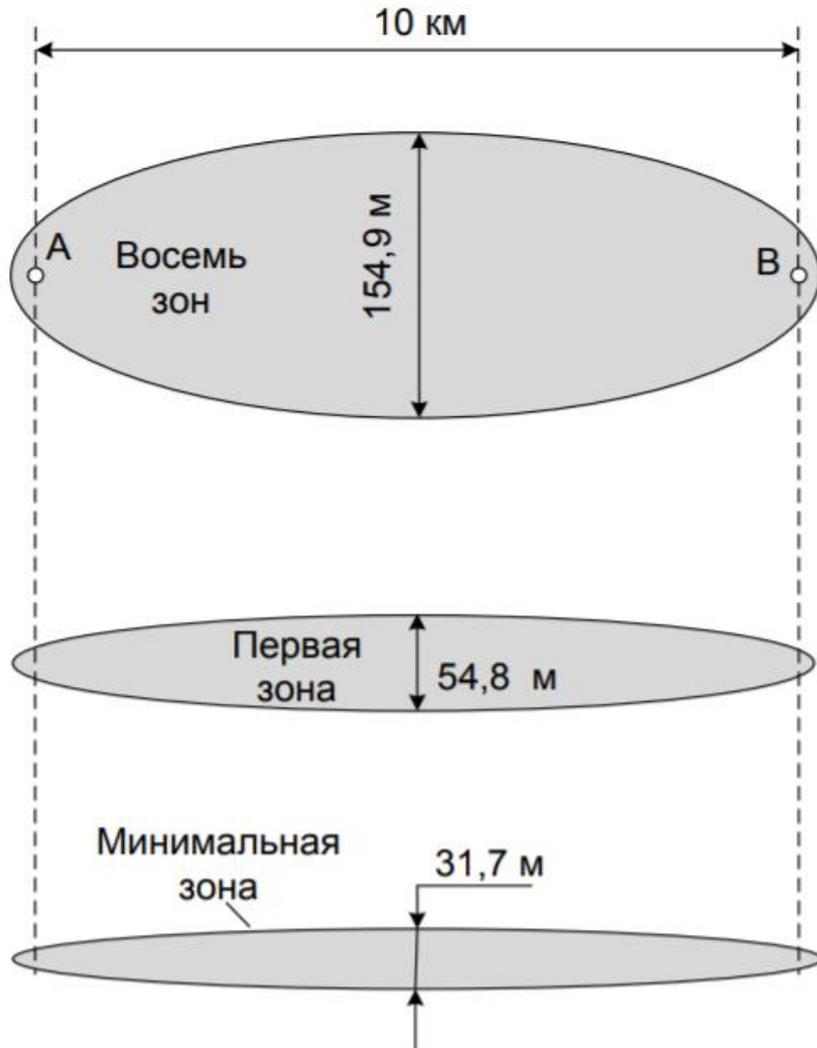
$$d_n = 2\sqrt{n\lambda[\rho_0 r_0 / (\rho_0 + r_0)]}$$

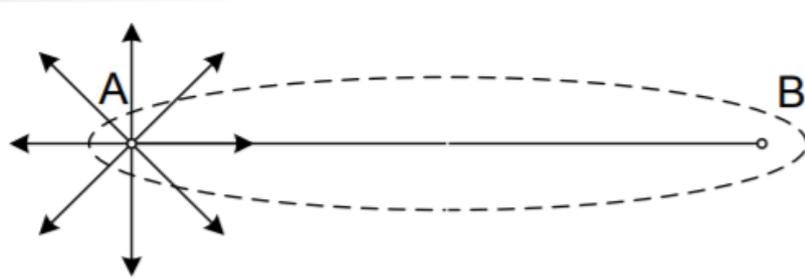
$$d_{\text{МИН}} = 0,578d_1$$



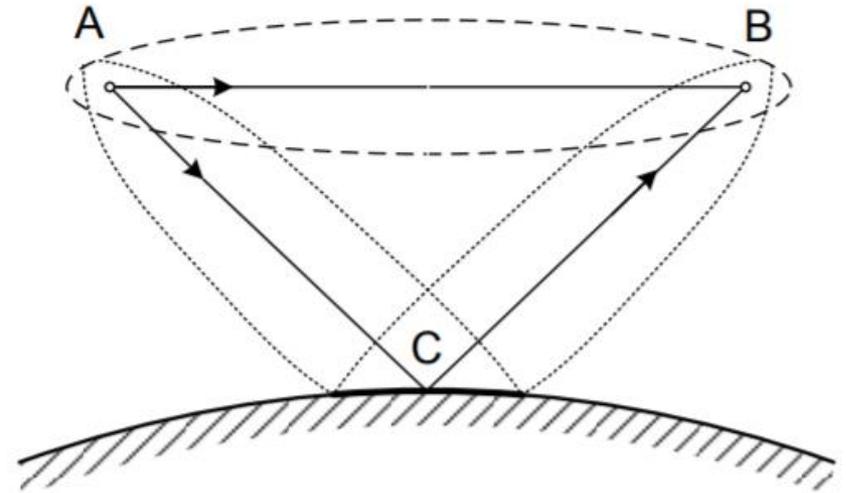
Область пространства, существенная для распространения радиоволн в свободном пространстве

Радиолиния протяженностью 10 км при длине волны 30 см.

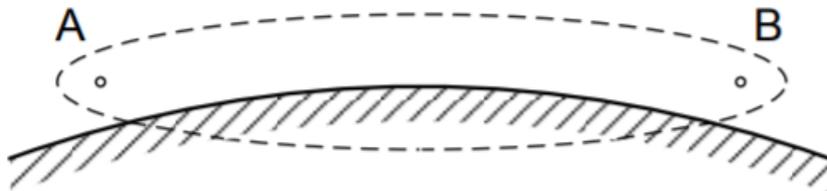




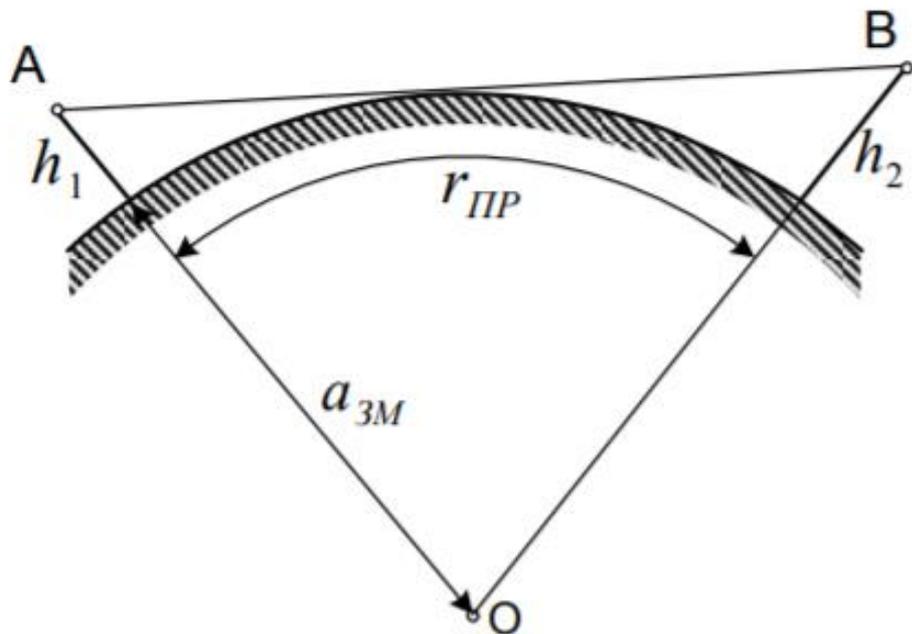
a)



б)



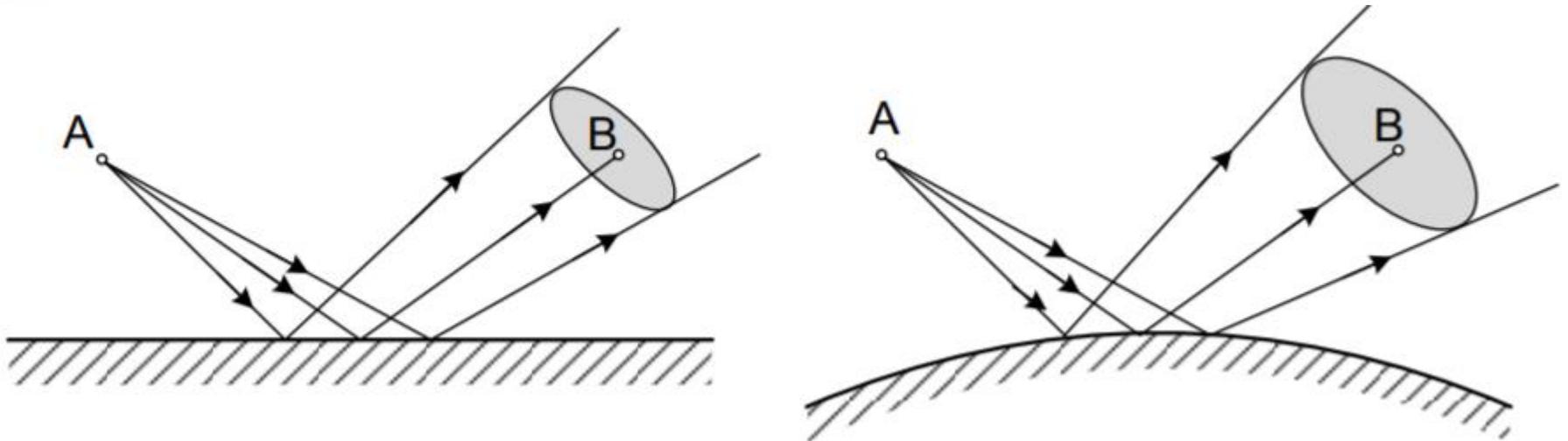
в)



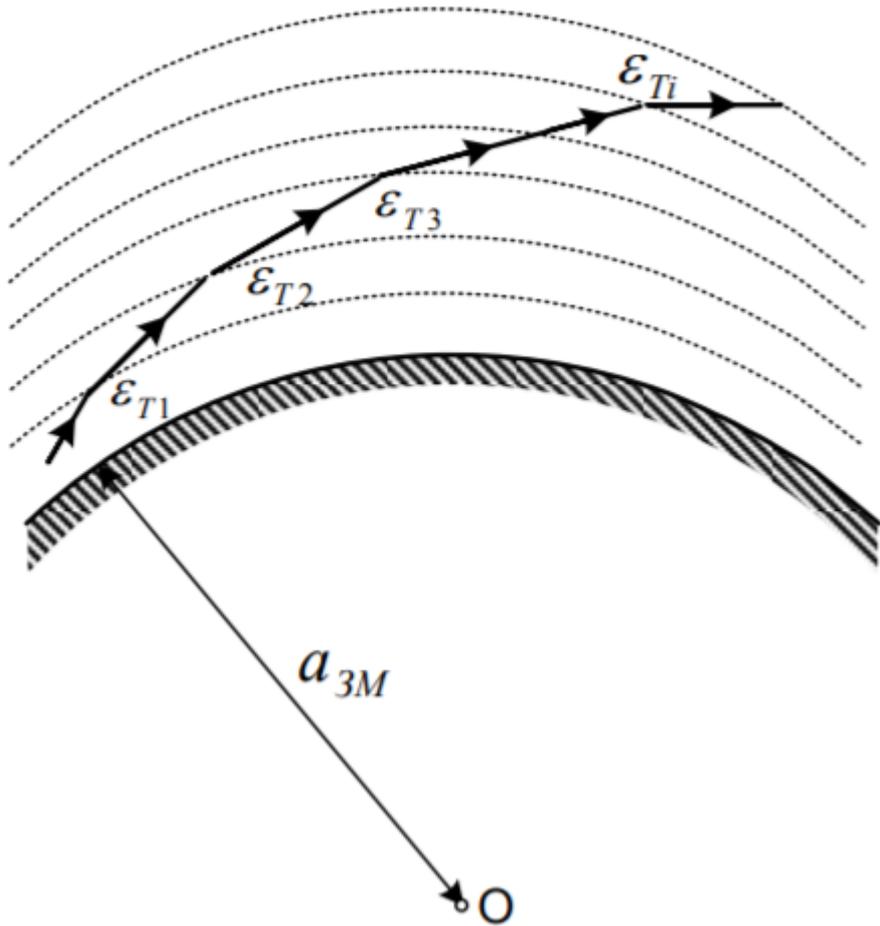
$$r_{ПР} = \sqrt{2a_{3M}}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

$$a_{3M} = 6370 \text{ км}$$

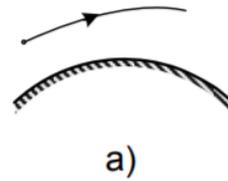
$$0,2r_{\text{ПР}} < r < 0,8r_{\text{ПР}}$$



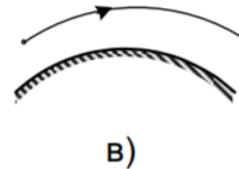
Влияние тропосферы Рефракция радиоволн



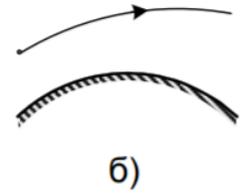
Стандартная
рефракция
 $g^T = -7,85 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{м}}$



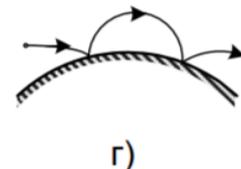
Критическая
рефракция
 $g^T = -31,4 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{м}}$

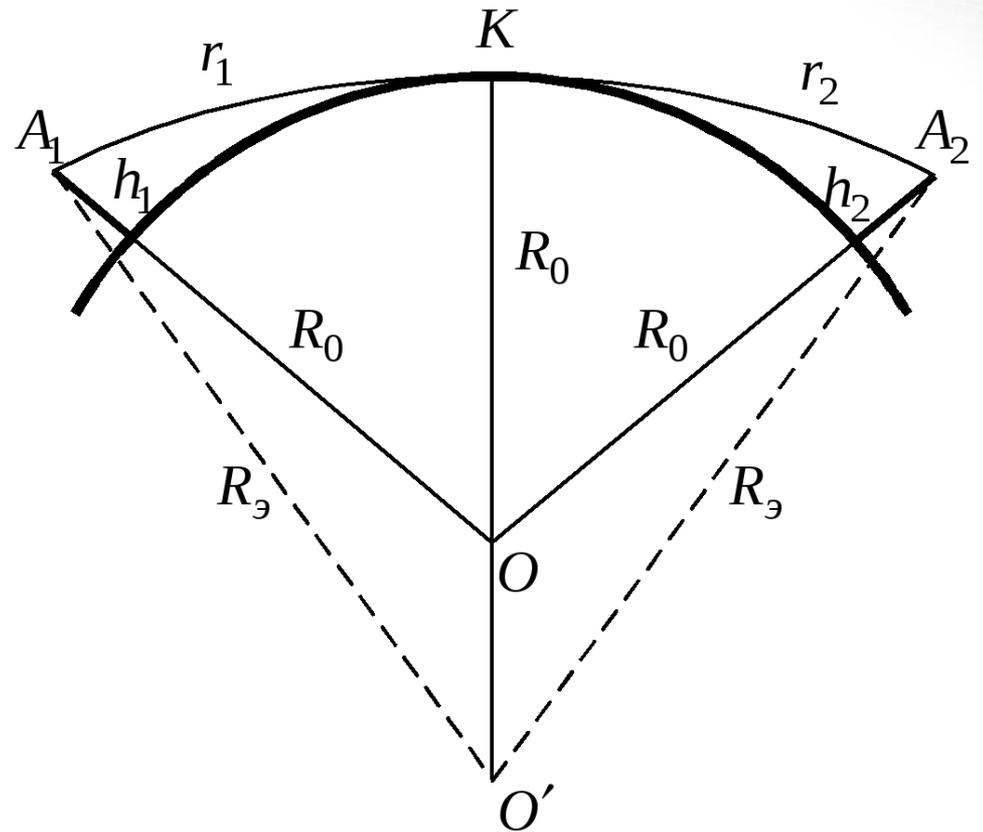
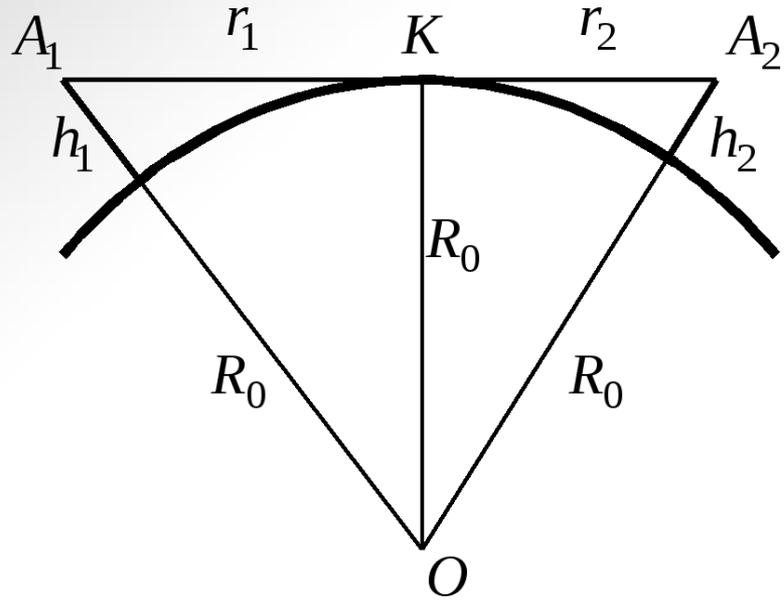


Повышенная
рефракция
 $g^T < -7,85 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{м}}$



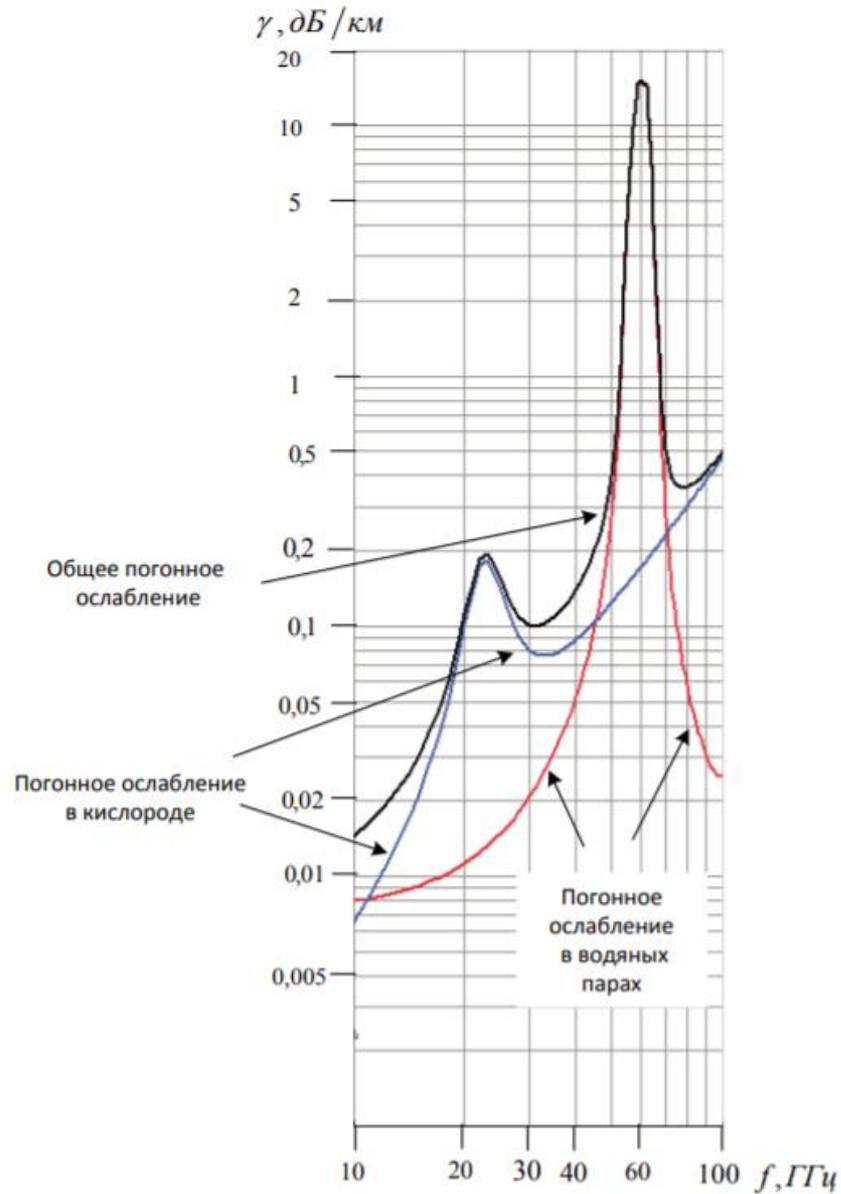
Сверхрефракция
 $g^T < -31,4 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{м}}$

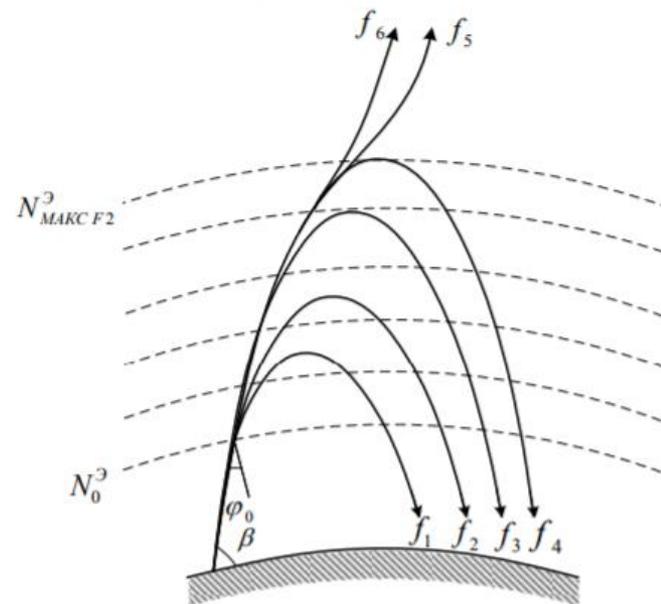
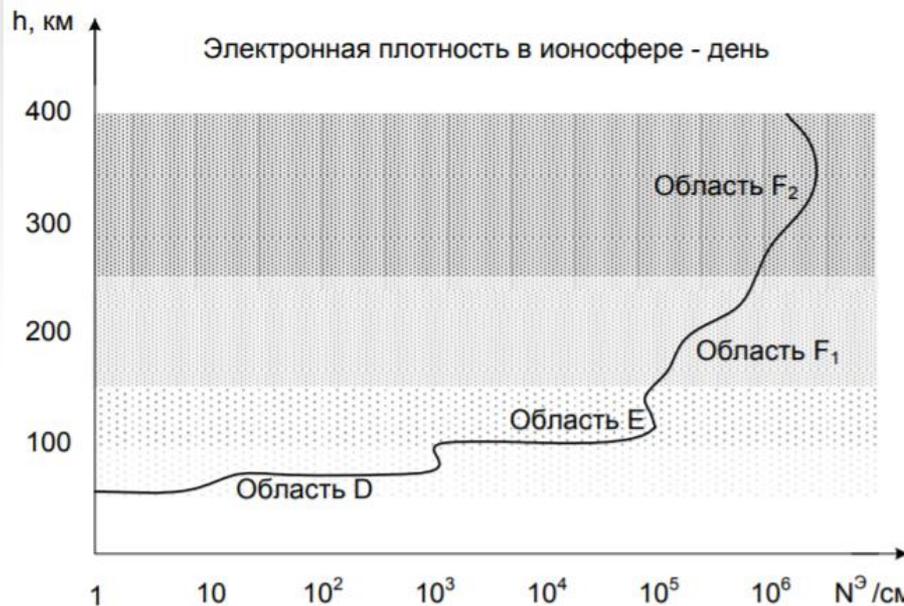


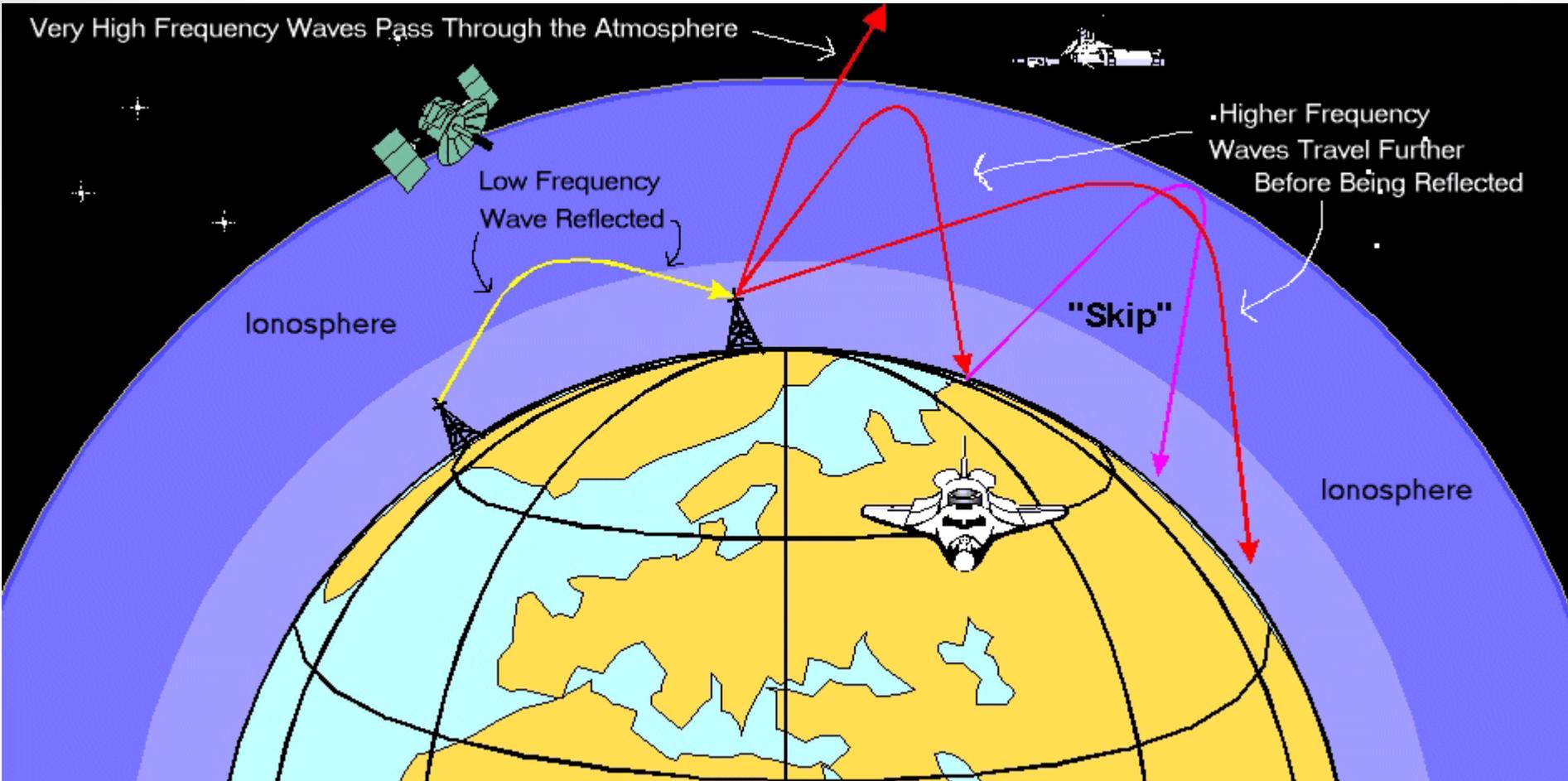


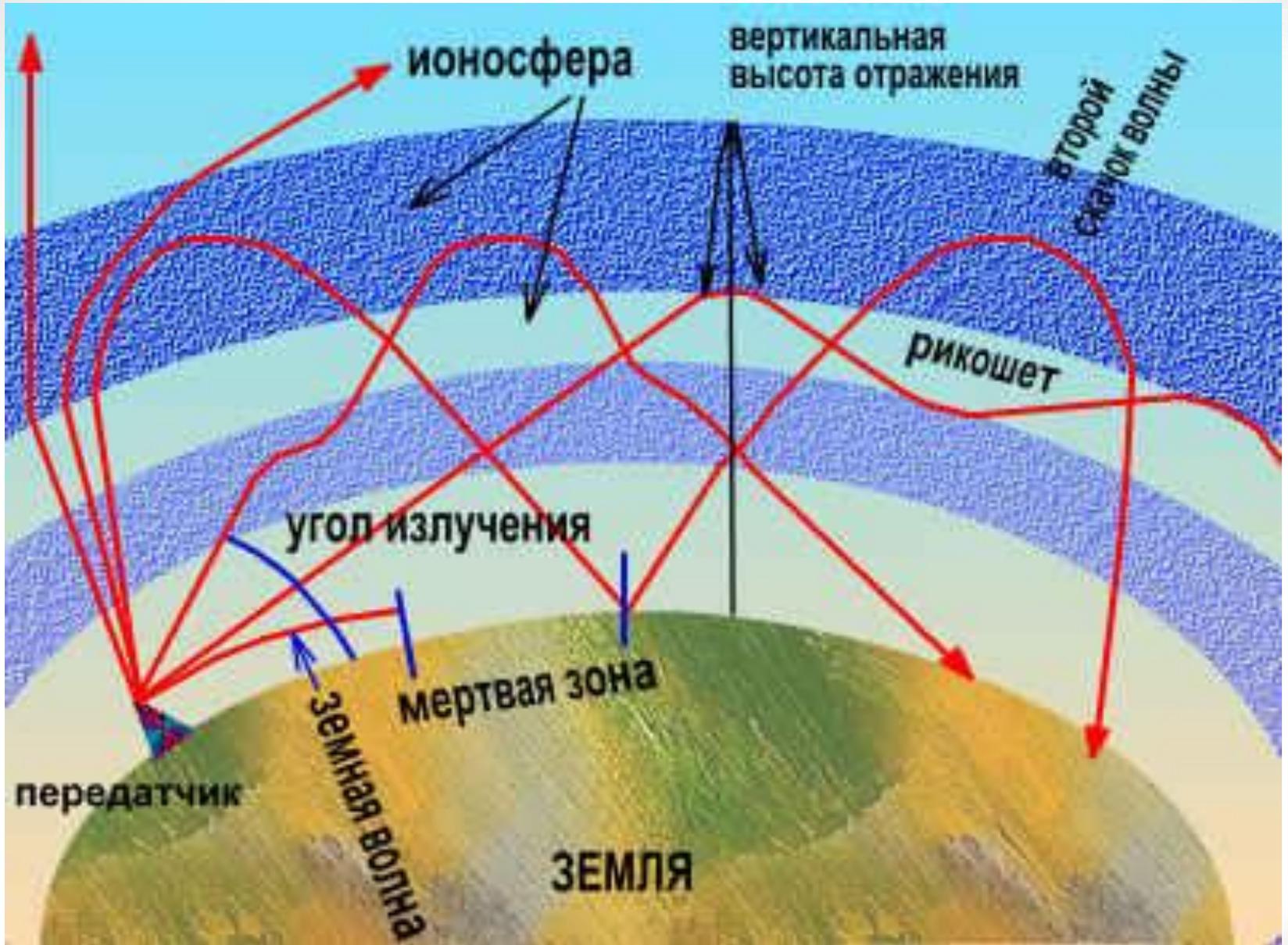
$$a_{\text{э}} = a_{3M} / (1 + a_{3M} \cdot g^T / 2).$$

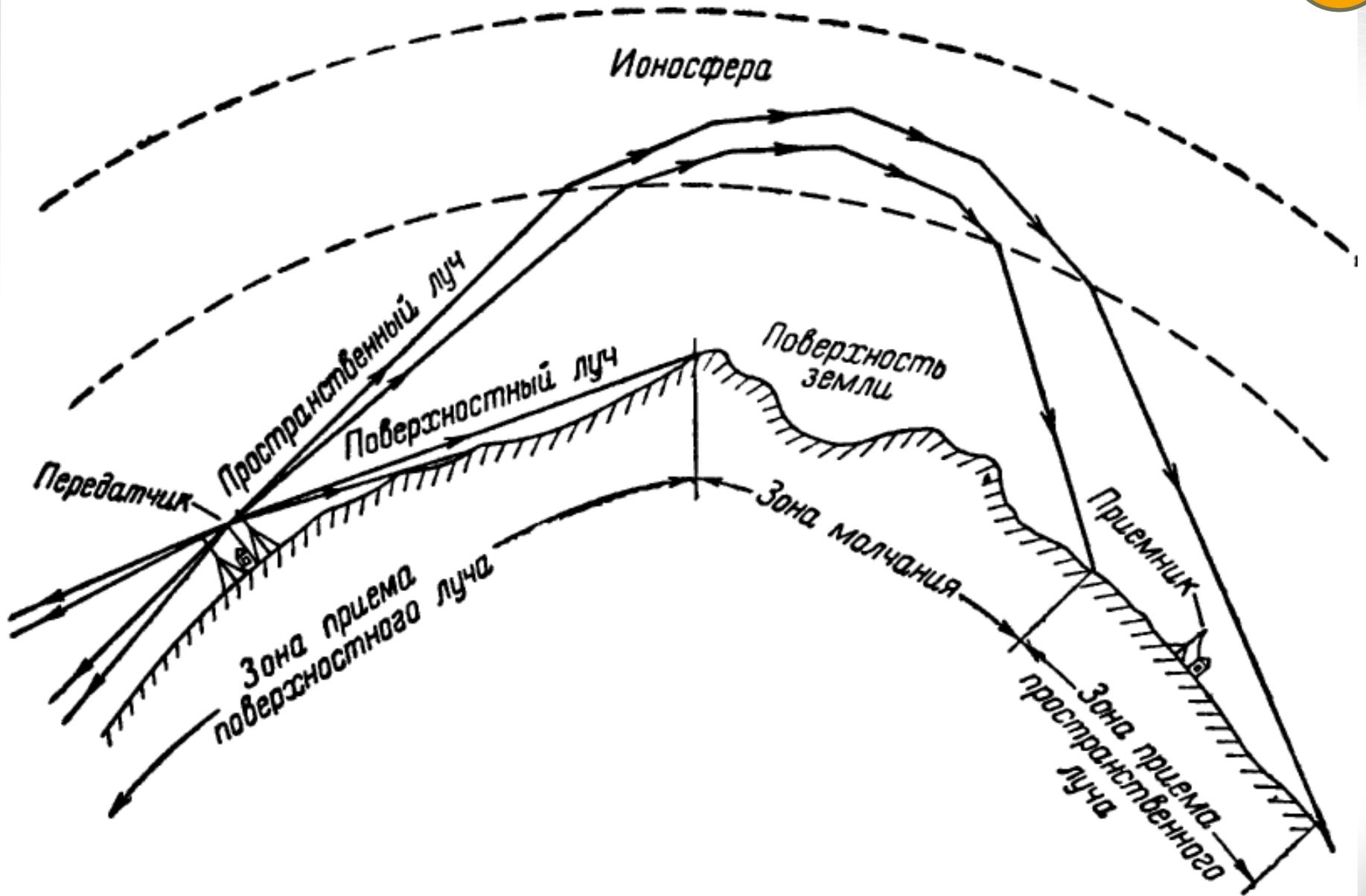
Влияние тропосферы Ослабление радиоволн в осадках и газах



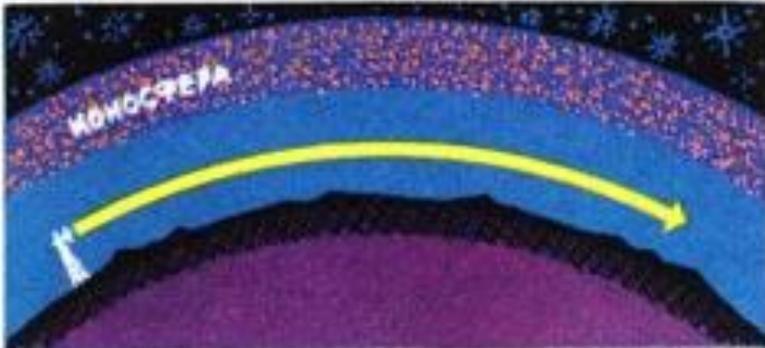








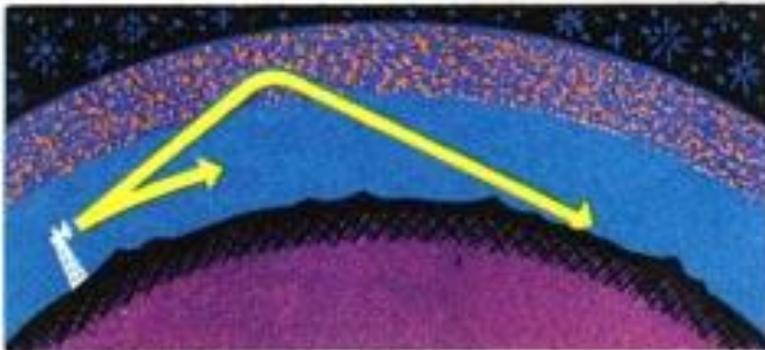
Виды радиоволн и их распространение в пространстве.



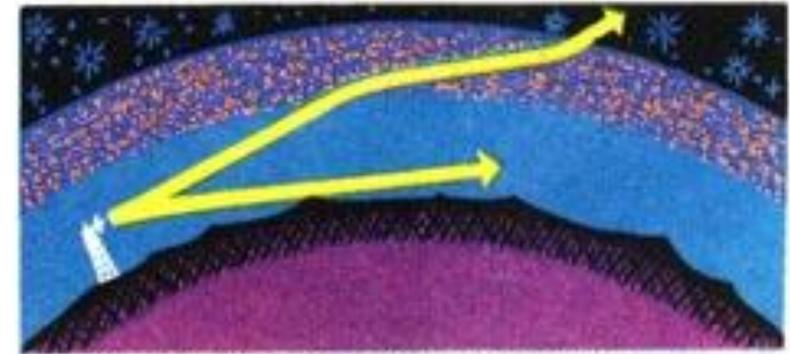
1. ДЛИННЫЕ ВОЛНЫ



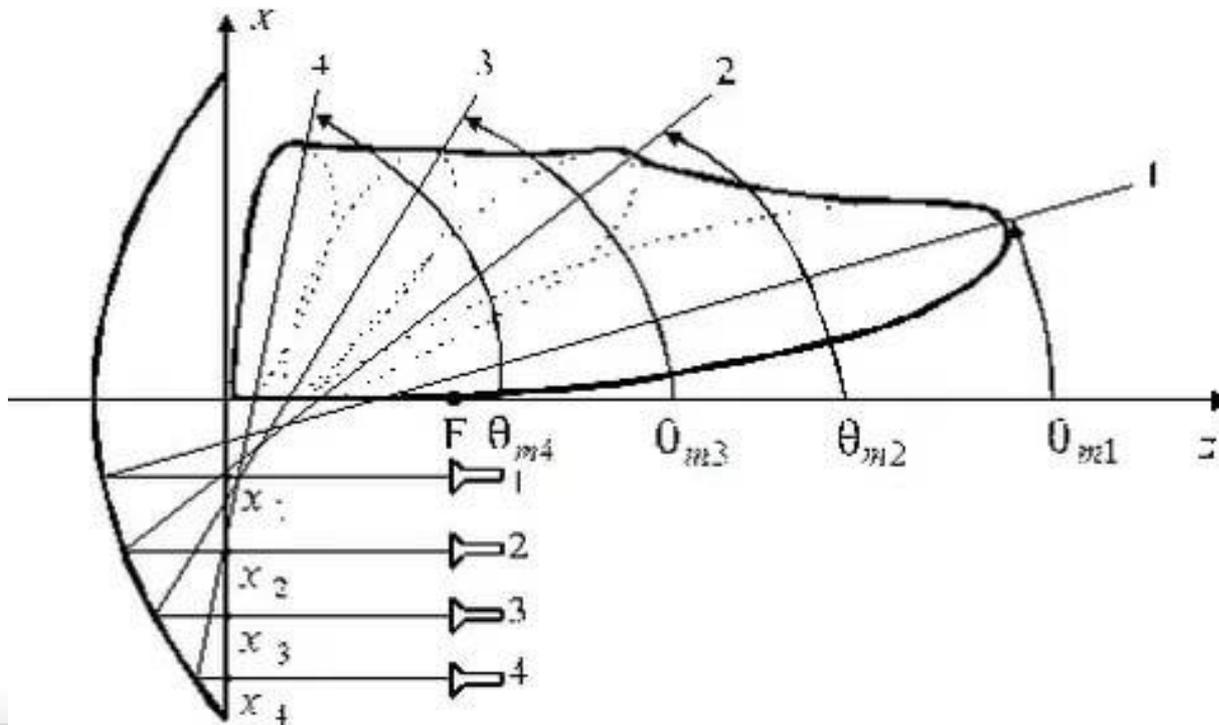
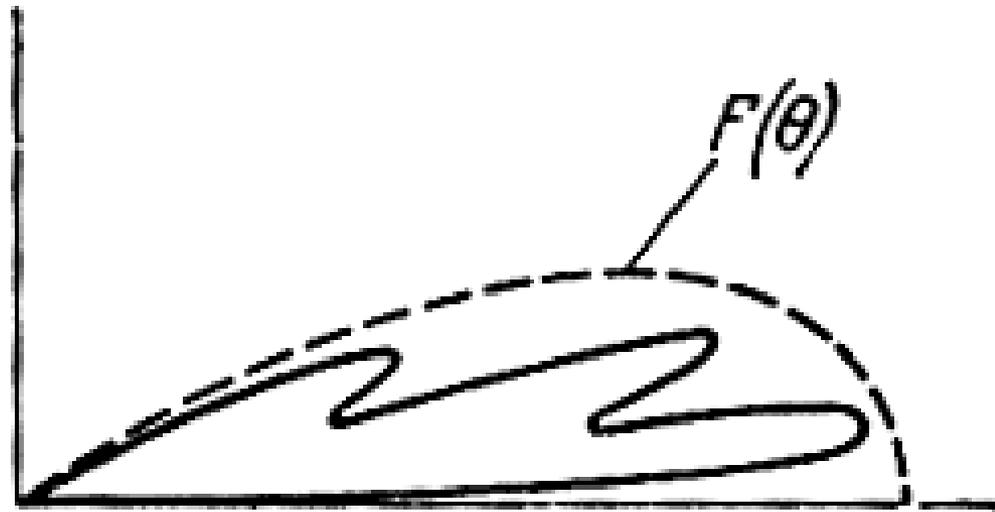
2. СРЕДНИЕ ВОЛНЫ



3. КОРОТКИЕ ВОЛНЫ



4. УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ (УКВ)



Интерференционные замирания радиоволн

Квазиопериодические изменения уровня поля вследствие прихода в место приема множества радиоволн с меняющимися во времени друг относительно друга фазами

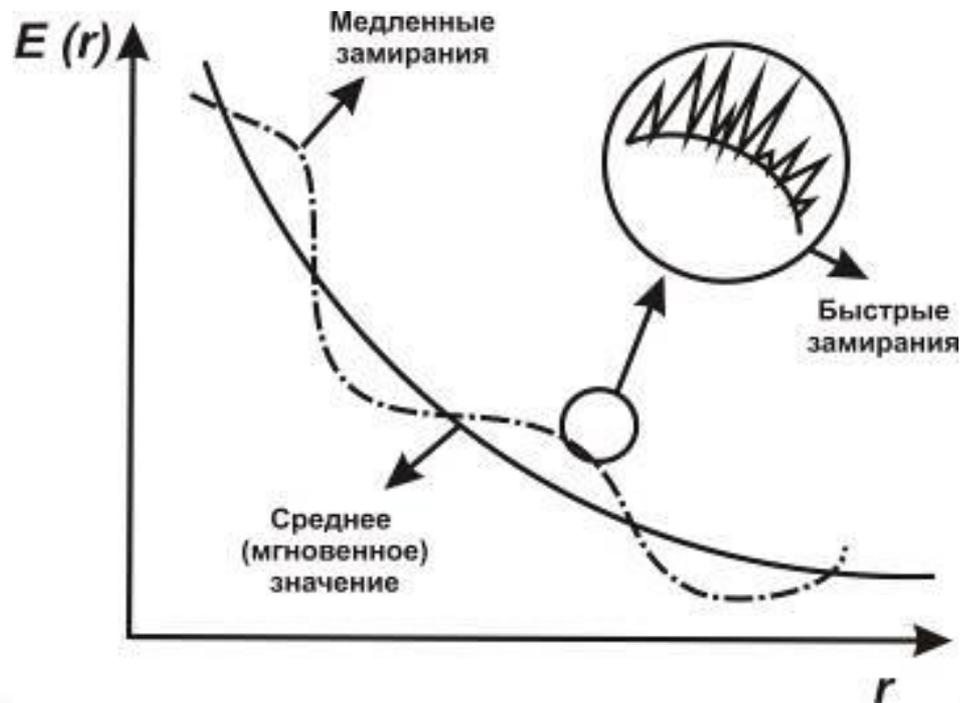
Поляризационное замирание при радиоприеме

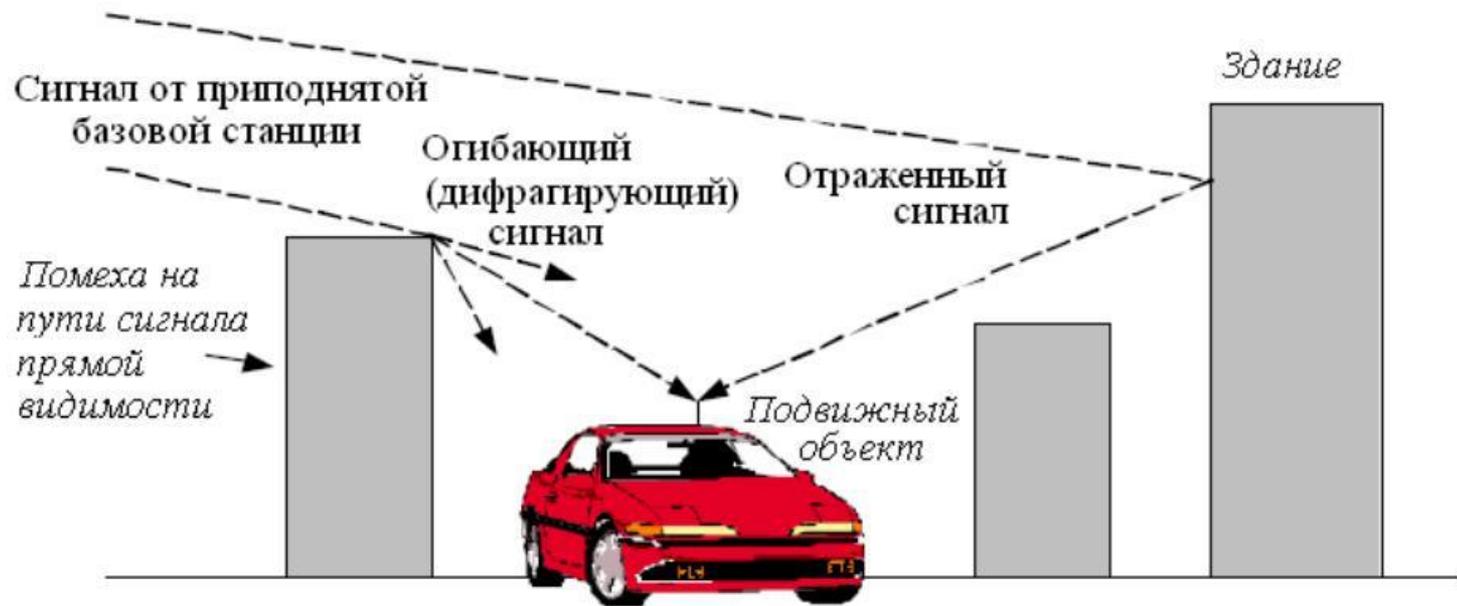
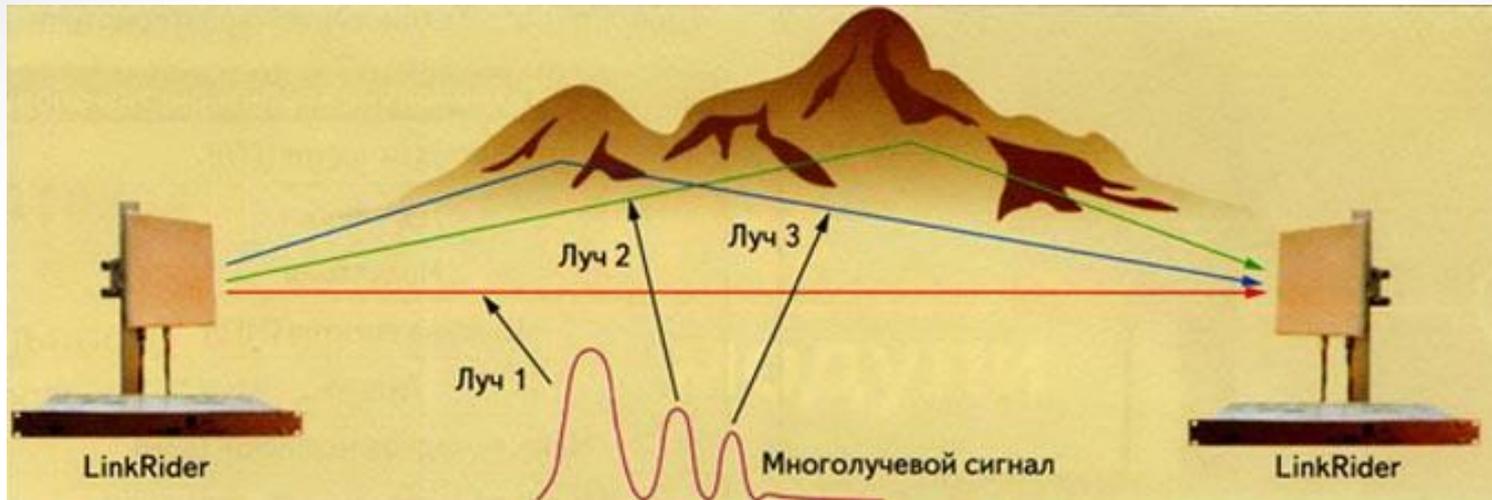
Изменение поля в месте приема, вызываемое изменением направления вектора напряженности электрического поля радиоволны по отношению к приемной антенне, происходящее вследствие взаимодействия магнитного поля Земли при прохождении радиоволны через неоднородную ионосферу

Замирание при изменении поглощения

Изменение поля в месте приема, вызываемое изменением поглощения энергии радиоволн в ионосфере

Замирания (фединг, англ. fading) — изменения амплитуды и фазы сигнала из-за перемещения передатчика или приёмника в системе радиосвязи и/или распространения сигнала через неоднородную среду, например, ионосферу. Флуктуации амплитуды и фазы сигнала можно считать замираниями только в том случае, если частота фединга намного больше частоты сигнала. Фединг можно рассматривать как результат воздействия на сигнал мультипликативной помехи.





**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 6

Антенные решётки

СПб ГУТ)))

Коэффициентом усиления (КУ) антенны называется отношение плотности потока мощности, излучаемой антенной в направлении максимума излучения к плотности потока мощности, излучаемой изотропной антенной при равенстве расстояний между точкой наблюдения и антеннами и равенстве **подведенных** мощностей. Определение **коэффициента направленного действия (КНД)** антенны отличается от определения коэффициента усиления только тем, что полагается равенство мощностей **излучаемых** антенной и изотропным излучателем.

КУ показывает, во сколько раз надо уменьшить мощность, подводимую к антенне по сравнению с ненаправленной, чтобы в точке приема были равны напряжённости полей обеих антенн.

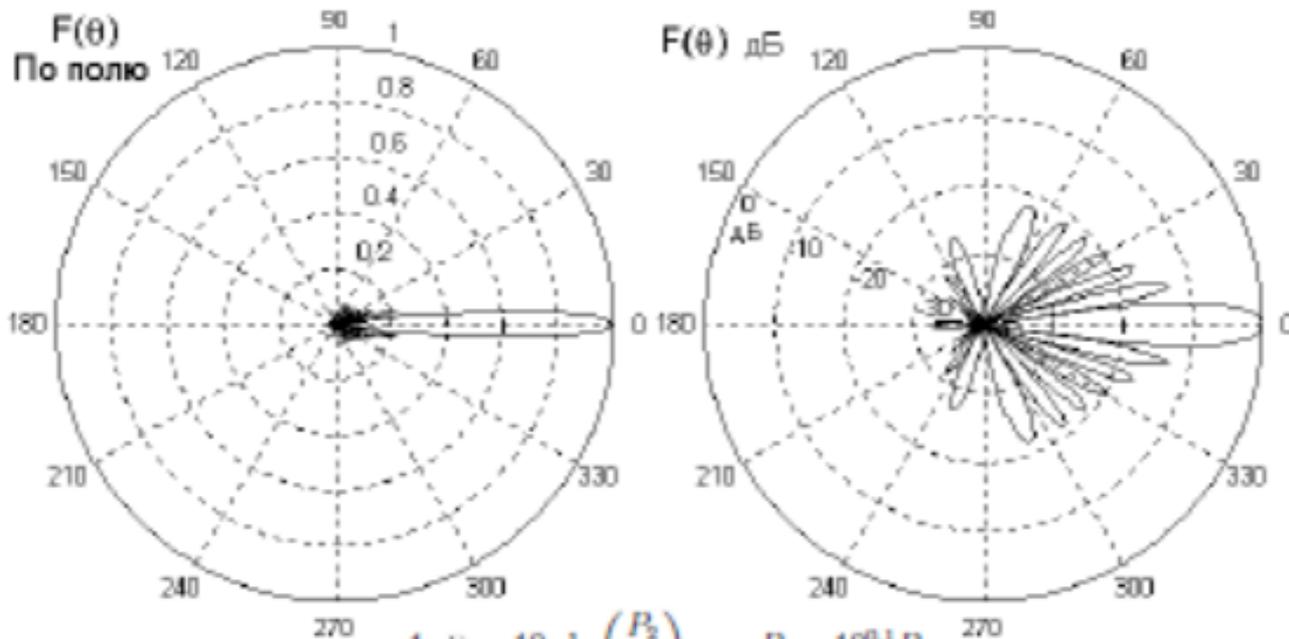
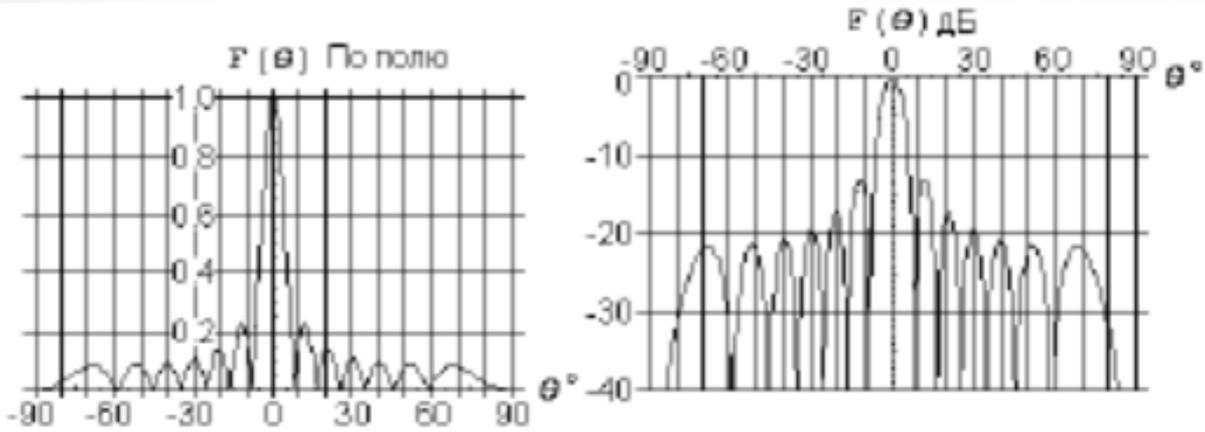
КНД показывает, во сколько раз рассматриваемая антенна увеличивает поток мощности в данном направлении по сравнению с изотропной антенной, при условии, что полная излученная мощность в обоих случаях одинакова.

Диаграмма направленности или как принято в англоязычной литературе *radiation pattern* описывает зависимость поля излучения антенны $\vec{E}(\vartheta, \varphi, r)$ от угла, при постоянном r . Если антенны или среда не содержат невзаимных элементов, то в силу теоремы взаимности, ДН антенны при передаче и приеме одинаковы. Обычно имеют в виду зависимость, полученную для больших расстояний между точкой наблюдения и антенной, то есть в, так называемой, дальней зоне, которая удалена от антенны на расстояние $r \geq \frac{2L^2}{\lambda}$ (L — наибольший линейный размер антенны). В дальней зоне поле антенны имеет вид:

$$\vec{E}(\vartheta, \varphi, r) = A \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cdot \vec{F}(\vartheta, \varphi),$$

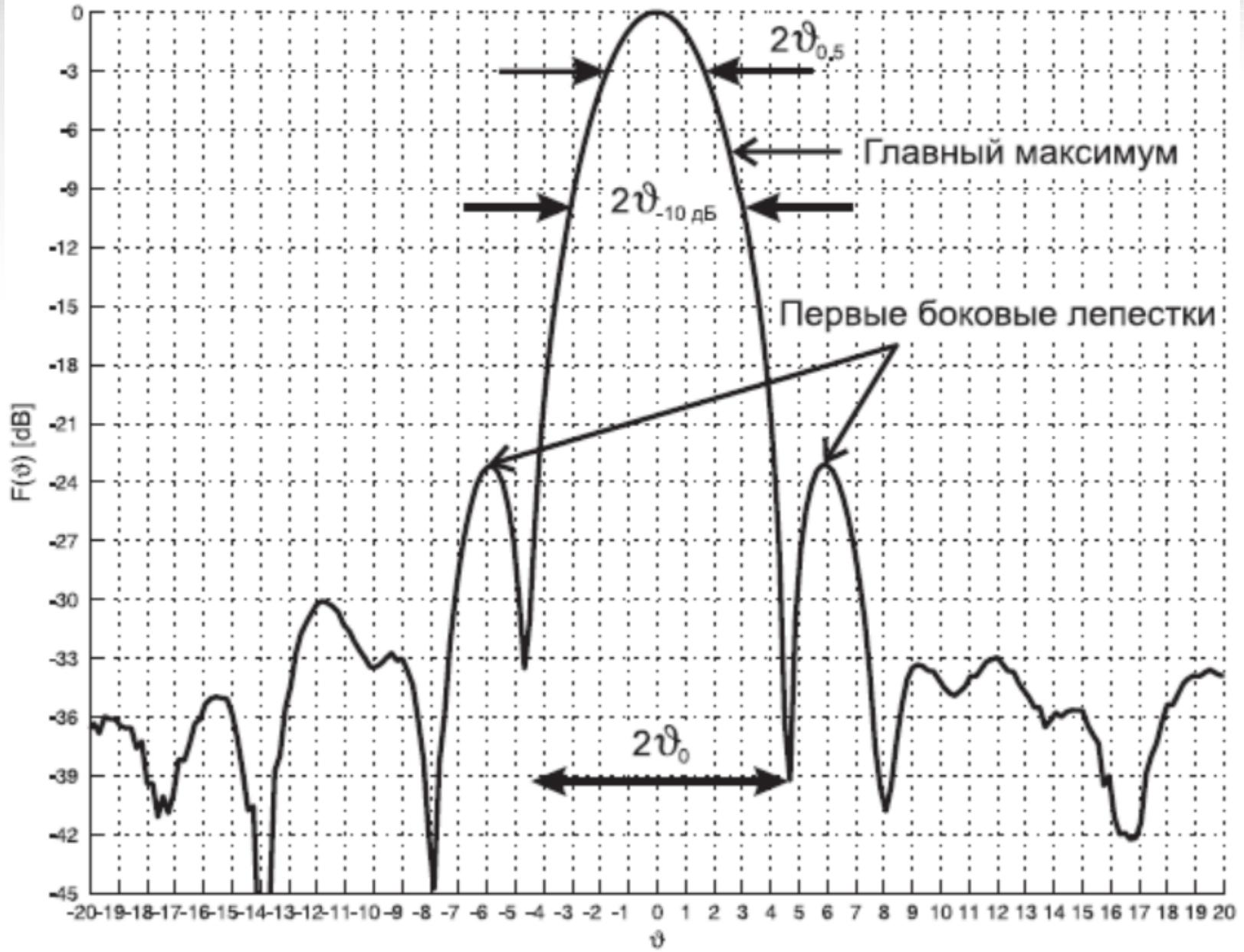
где A — коэффициент, пропорциональный интенсивности возбуждения антенны, а также зависящий от характеристик антенны; $\vec{F}(\vartheta, \varphi)$ — диаграмма направленности (в общем случае комплексный вектор), описывающая как ориентацию поля антенны, так и его фазу.

Говоря о диаграмме направленности, нужно иметь в виду, что поле характеризуется следующими параметрами: плотность потока мощности, фаза, поляризация. Отсюда используются диаграммы по мощности или по модулю поля, фазовые диаграммы и поляризационные диаграммы. Диаграммы по мощности (или по модулю поля) обычно приводятся в децибельном масштабе. На рисунке приведены примеры графического изображения диаграмм направленности по полю и в децибельном масштабе в декартовой и полярной системах координат.

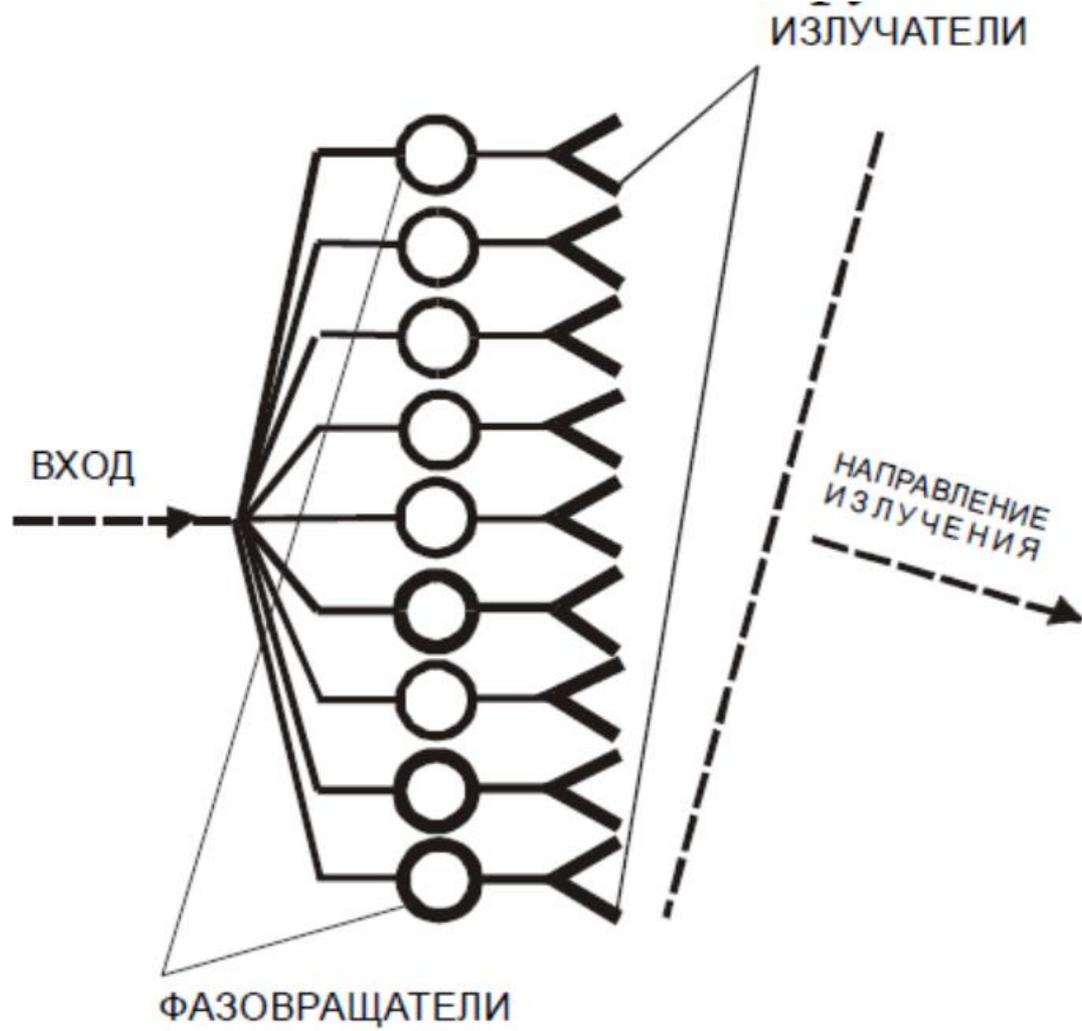


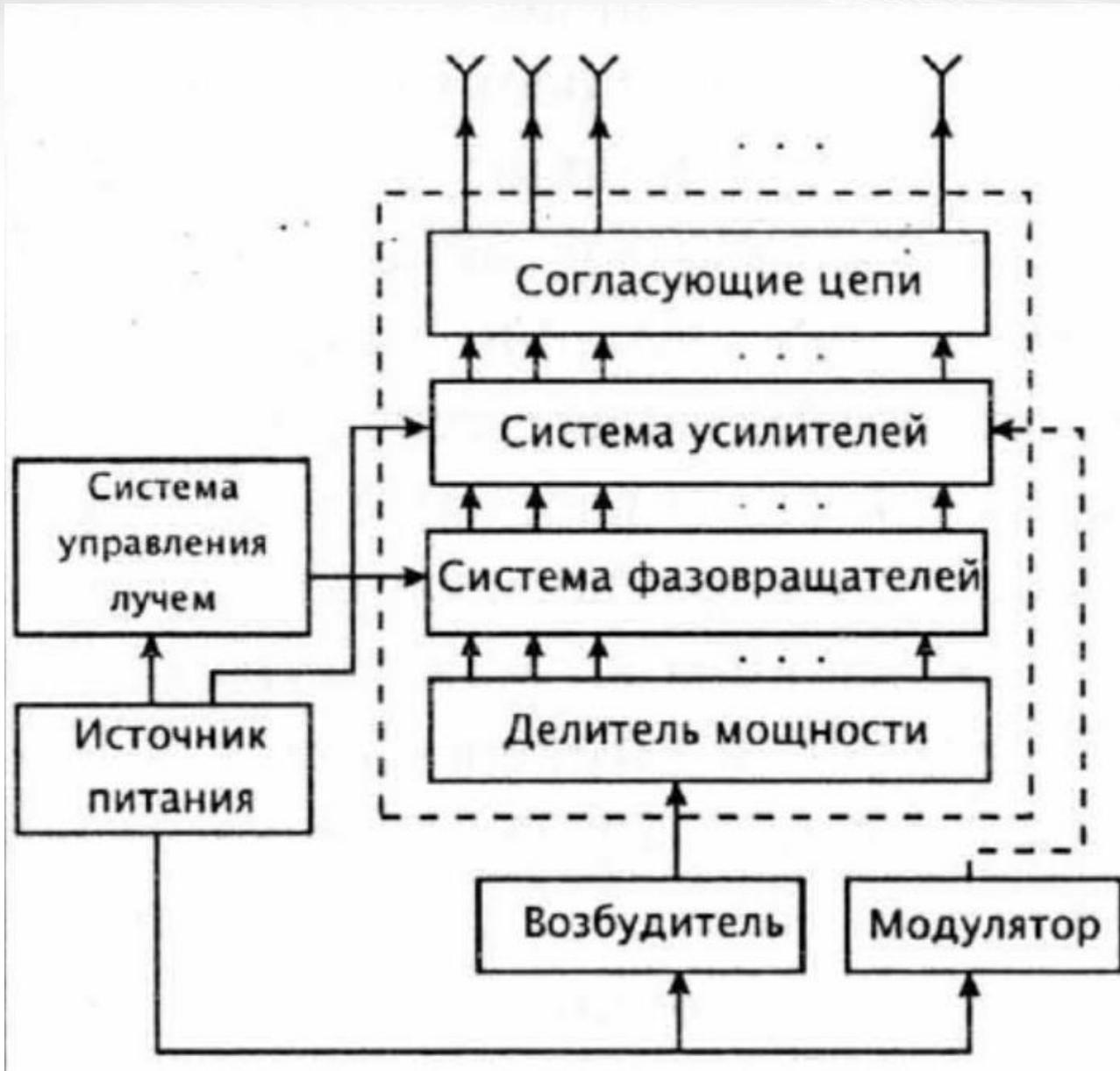
$$1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ при } P_2 = 10^{0.1} P_1,$$

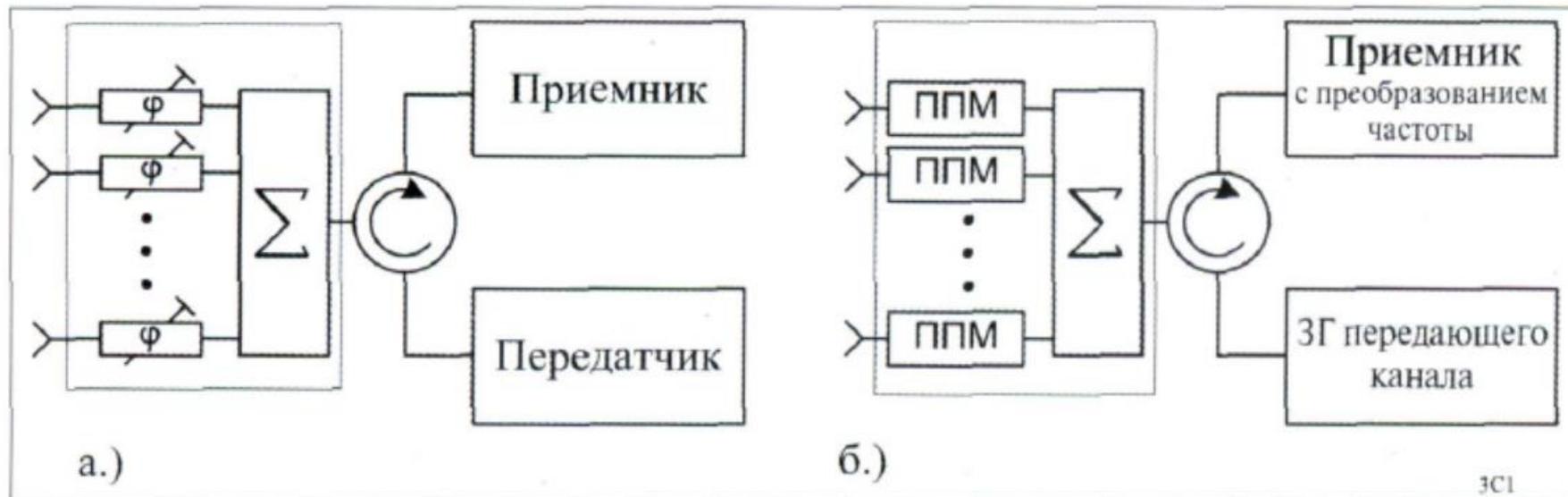
$$1 \text{ дБ} = 20 \cdot \lg \left(\frac{F_2}{F_1} \right) \text{ при } F_2 = \sqrt{10^{0.1}} F_1$$



$$E = A \frac{e^{-ikr_0}}{r_0} \sum_{i=1}^{N_1} I_i e^{ikd_1(i-1)(\cos \alpha - \xi_1)} \sum_{k=1}^{N_2} I_k e^{ikd_2(k-1)(\cos \beta - \xi_2)} = A_1 F_0(\alpha, \beta) F_1(\alpha) F_2(\beta)$$







Структурная схема БРС, построенных на основе ФАР (а) и АФАР (б)

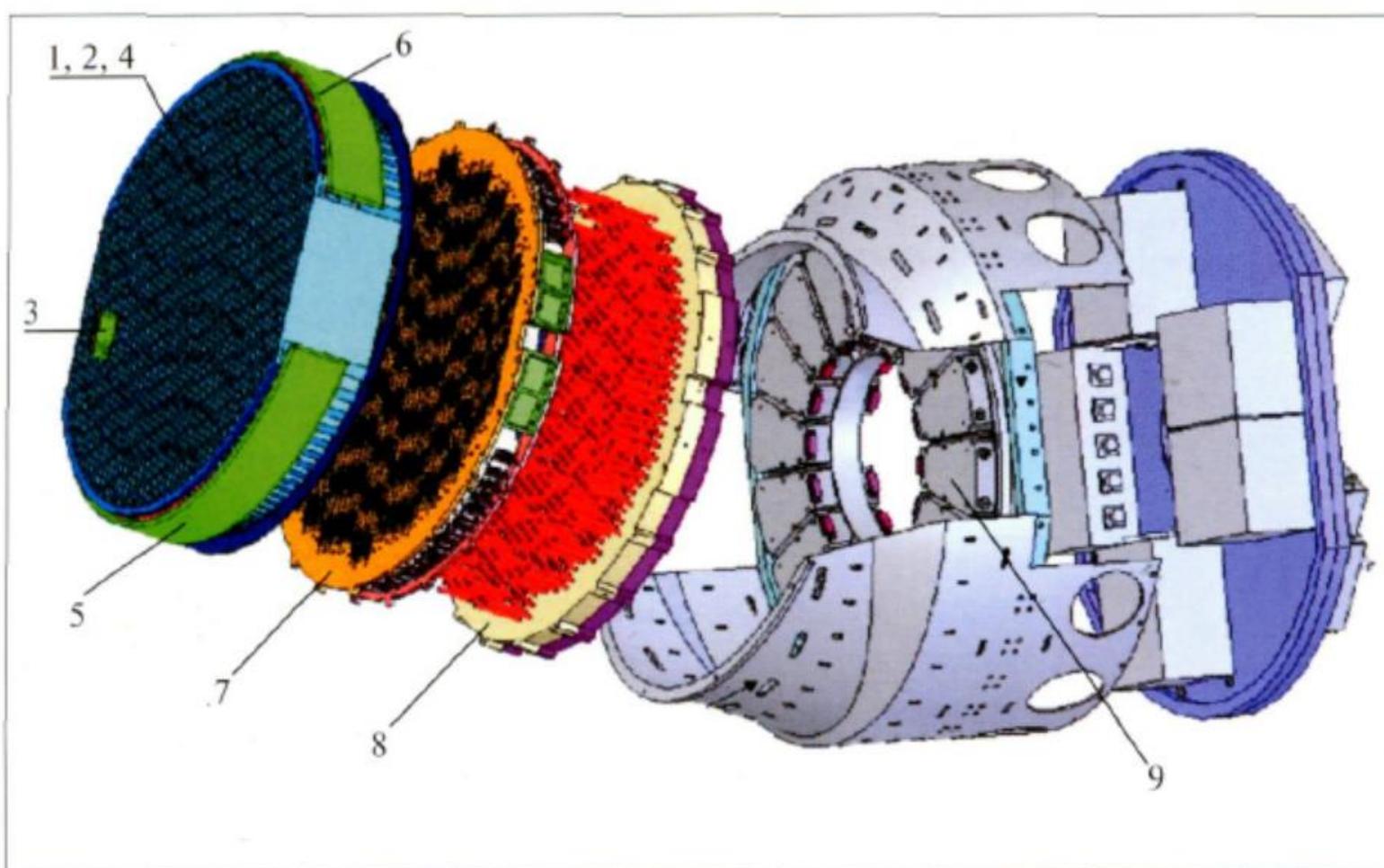


Рис. 1. Структурно-компоновочная схема АФАР

1 – излучающее полотно антенны; 2 – контейнер с ППМ; 3 – ППМ; 4 – охлаждающее полотно; 5 – входной распределитель охлаждающей жидкости; 6 – выходной сборник охлаждающей жидкости; 7 – низкочастотная распределительная система; 8 – высокочастотная распределительная система; 9 – источник питания

возможность создания на их основе принципиально новых интегрированных РЭК, обеспечивающих многофункциональную работу с гибким управлением пространственными характеристиками и высоким энергетическим потенциалом, адаптацию к быстроменяющимся условиям и сложной помеховой обстановке, тем самым удовлетворяя все возрастающим требованиям к мощностным и массо-габаритным характеристикам антенных систем различного назначения; высокий уровень излучаемой мощности, обеспечиваемой суммированием в пространстве многих маломощных сигналов, что позволяет значительно превзойти мощностные характеристики одиночного фидерного тракта без опасности электрического пробоя;

высокая надежность, обеспечиваемая наличием избыточных элементов и их функциональными возможностями (наработка на отказ твердотельных усилителей составляет $10^4 - 10^5$ ч, АФАР – $(8-12) \cdot 10^3$ ч; передатчик на ЛБВ – 300–500 ч, отказ в твердотельном передатчике мгновенно не наступает и неисправности накапливаются постепенно); при избыточности активных модулей АФАР и периодичности обслуживания наработка на отказ АФАР перестает влиять на надежность РЭК;

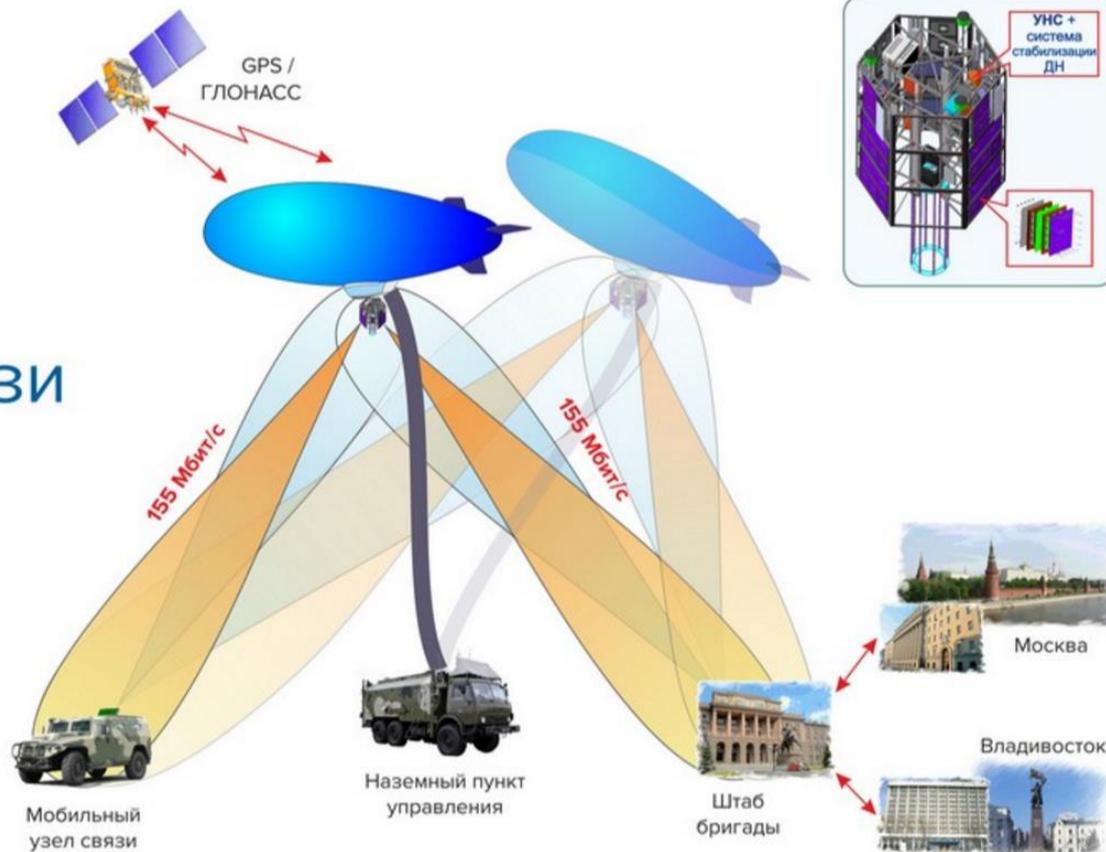
малые массогабаритные характеристики твердотельных приемопередающих модулей (ППМ) АФАР, позволяющие проектировать многоэлементные решетки с высоким энергетическим потенциалом. Опыт проектирования твердотельных АФАР показал, что при достижении средней мощности применяемых транзисторов (40 Вт) массогабаритные характеристики решетки значительно лучше аналогичных характеристик антенных систем с передатчиком на электронно-вакуумных приборах, дополнительный выигрыш в массе и габаритных размерах дает отсутствие мощного высоковольтного модулятора, позволяющего разместить всю аппаратуру АФАР вместе с источниками питания, на одном бортовом или наземном транспортном средстве);

значительно ослаблены вопросы наличия потерь в распределительных трактах на общие характеристики системы, так как усилительные устройства в ППМ позволяют их компенсировать, а отсутствие потерь на высоком уровне мощности в делителях и фазовращателях позволяет упростить и удешевить эти устройства, и одновременно повысить быстродействие системы управления лучом;

работа в более широкой полосе рабочих частот и секторе сканирования с управляемой поляризацией, что позволяет построить на базе АФАР широкополосные и сверхширокополосные антенные системы с электрическим сканированием на СКИ, обнаруживающие не только малозаметные цели (или источники), но и осуществляющие идентификацию определяемых объектов;

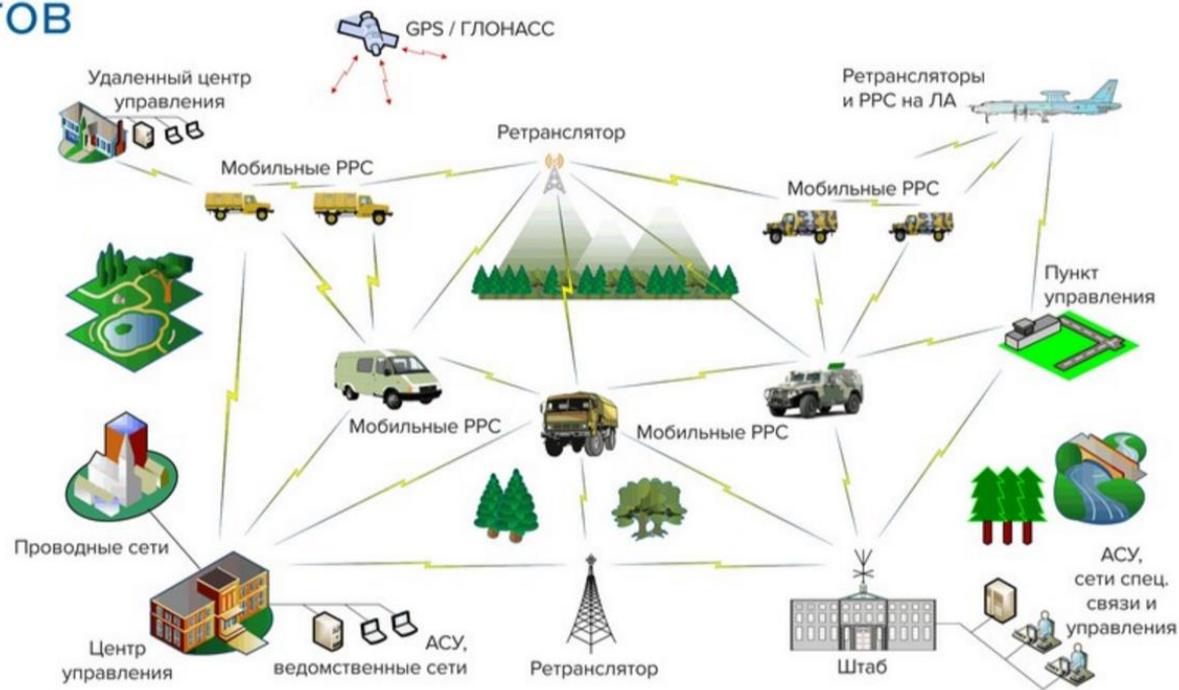
выигрыш в обработке сигнала – для бортовых РЛС он составляет 6 дБ, что увеличивает дальность действия на 40 %, кроме того РЛС с АФАР позволяют формировать: провалы в ДН в направлении средств радиоэлектронной борьбы; несколько лучей, обеспечивающих одновременные режимы: воздух-воздух, воздух-поверхность, обход-облет препятствий; независимые ДН на передачу и прием.

Комплекс цифровых многолучевых активных ФАР радиорелейной связи с динамической системой стабилизации диаграмм направленности



Система мобильной радиорелейной связи на основе АЦФАР с электронной адаптацией диаграмм направленности при движении объектов

Электронные АЦФАР позволяют строить сети мобильной высокоскоростной радиорелейной связи, не требующей стационарного размещения и прецизионной юстировки антенных устройств



ЦАФАР

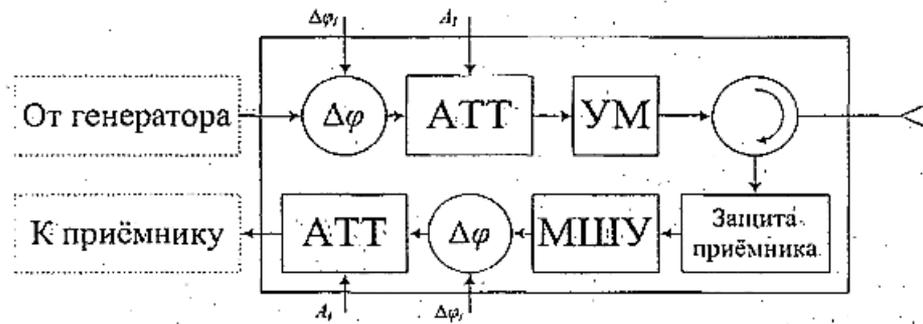


Рис.1.1. Структура приёмо-передающего модуля АФАР.

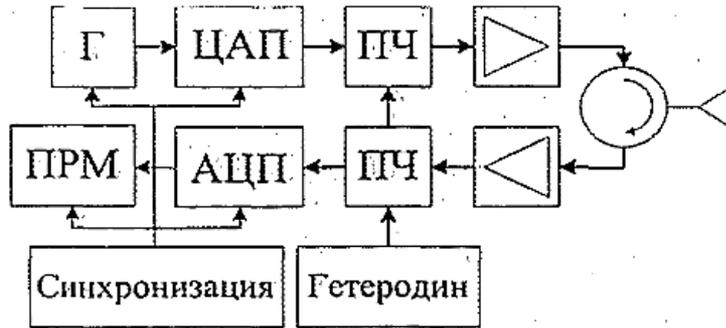


Рис. 1.2. Схема ЦДО с преобразованием частот.

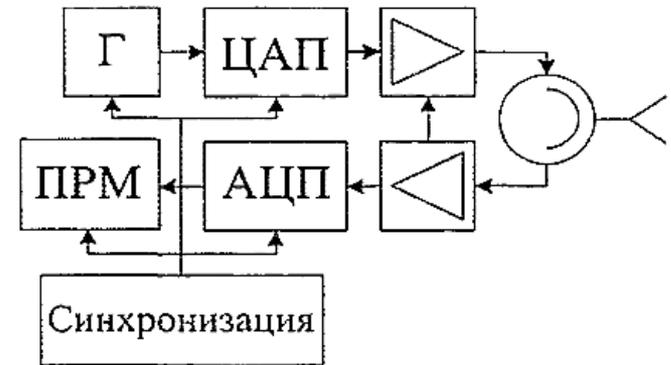


Рис. 1.3. Схема ЦДО без преобразования частот.

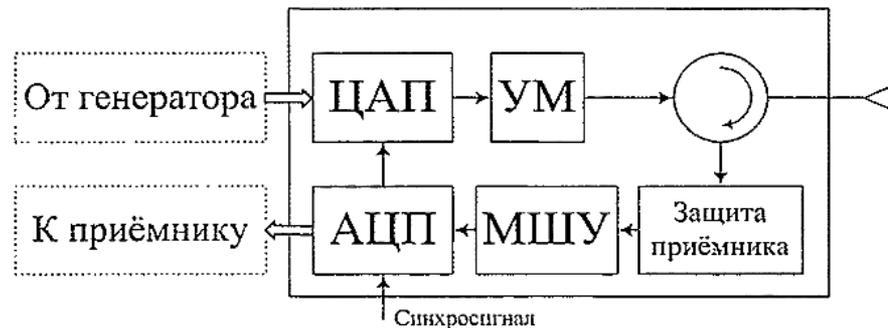


Рис. 1.4. Структура приёмо-передающего модуля ЦАФАР.

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 7

ЭМС

Введение

СПб ГУТ)))

ЭМС

Способность радиоэлектронных средств одновременно функционировать в **реальных условиях эксплуатации** с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных радиопомех и не создавать недопустимых радиопомех другим радиоэлектронным средствам.

Электромагнитная обстановка

Совокупность электромагнитных полей и колебаний в заданных области пространства, полосе частот и интервале времени

Побочное радиоизлучение

Нежелательное радиоизлучение через антенну радиопередающего устройства, возникающее в результате **любых нелинейных процессов** в радиопередающем устройстве, кроме процесса модуляции

Побочное радиоизлучение на частотах, в **целое число раз больших** частот основного радиоизлучения

Побочное радиоизлучение, возникающее в результате воздействия на нелинейные элементы радиопередающего устройства генерируемых радиоколебаний и **внешнего** электромагнитного поля или радиоколебания

Побочное радиоизлучение, возникающее в результате самовозбуждения радиопередатчика из-за паразитных связей в генераторных и усилительных приборах радиопередатчика или в его каскадах



Внеполосное радиоизлучение

Нежелательное радиоизлучение через антенну радиопередающего устройства в полосе частот, примыкающей к необходимой полосе частот, являющееся результатом модуляции радиосигнала

Нежелательное радиоизлучение

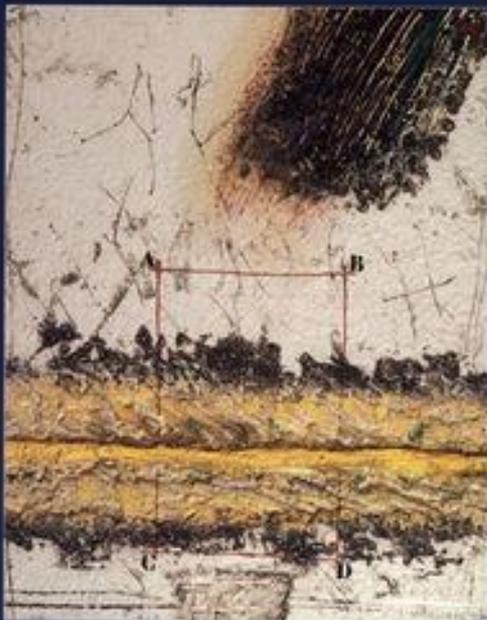
Радиоизлучение радиоэлектронного средства или его составных частей, не предназначенное для передачи, приема или преднамеренного искажения информации.

Примечание. Нежелательное радиоизлучение включает в себя радиоизлучение, обусловленное индустриальными радиопомехами радиоэлектронного средства и его составных частей

Необходимая полоса частот радиоизлучения

Минимальная полоса частот данного класса радиоизлучения, достаточная для передачи сигнала с требуемыми скоростью и качеством

EMC ANALYSIS METHODS AND COMPUTATIONAL MODELS



FREDERICK M. TESCHE
MICHEL V. IANÓZ
TORBJÖRN KARLSSON



In this context, modeling becomes useful, not only to retrofit an installation when a problem occurs, but also as a tool for designing new products. It has been estimated that EMC at the design level represents about 5 to 7% of product cost. If a prototype is already built, the introduction of EMC measures can make the product 50% more expensive, and the retrofit can double the costs.

В этой связи, моделирование становится полезным не только для того, что бы дорабатывать систему когда случаются проблемы, но и как инструмент при проектировании нового оборудования. Считается, что затраты на решение проблем ЭМС на этапе проектирования составляют от 5 до 7% от стоимости оборудования. Если же опытный образец уже собран, то обеспечение мер ЭМС может сделать оборудование на 50% дороже, а доработка сможет удвоить затраты.

<http://shipbuilding.ru/rus/news/russian/2003/02/03/shtil/print.phtml>

Проблемы с зенитным ракетным комплексом на индийских фрегатах ближайшее время будут решены 03.02.2003

В ближайшее время все проблемы с обеспечением безотказной работы зенитного ракетного комплекса «Штиль-1», который установлен на строящиеся на Балтийском заводе по заказу ВМС Индии фрегаты Talvar и Trishul, будут решены и корабли в оговоренные ранее сроки — к апрелю 2003 года — планируется передать заказчику. ...

ЗРК «Штиль-1»

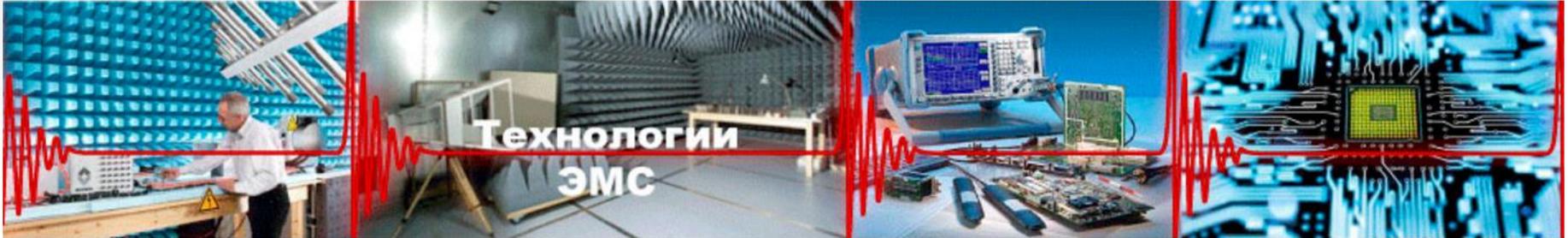
РЛС Фрегат-М2ЭМ



По словам С.Климова, сбои в работе комплекса «Штиль-1» на индийских фрегатах возникли **из-за очень большого наполнения кораблей электромагнитными средствами**. «Среди этих средств оказались такие, которые **работают на тех же частотах**, что и «Штиль». Это заранее не было выяснено при проведении испытаний. Причем речь идет о новых комплексах, которые только были заданы в разработку», — сказал С.Климов. По его словам, еще в августе была установлена причина сбоев в работе комплекса, **проведены несколько НИОКР** и получен положительный результат.



<http://emc-journal.ru> Технологии электромагнитной совместимости



[Главная](#) [Новости](#) [Журнал](#) [Книги](#) [Мероприятия](#)

Главная / Main page

Журнал «Технологии электромагнитной совместимости» ISSN 1729-2670

Technologies of electromagnetic compatibility

Учредитель журнала: ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационное свидетельство ПИ № 77-9669 от 24 августа 2001 г.

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).



Обострение проблемы ЭМС обусловлено следующими причинами:

- возрастание общего числа одновременно действующих радиотехнических устройств, в особенности, устанавливаемых на подвижных объектах;
- повышение мощности радиопередатчиков, при достижении некоторыми типами десятков мегаватт;
- расширение полосы частот, используемых многими современными радиосредствами;
- увеличение загрузки диапазона радиочастот;
- широкое внедрение электронных средств автоматического управления, контроля диагностики и т.д. на основе аналоговой и цифровой техники (ЭВМ и спецпроцессоры);
- увеличение оснащенности подвижных объектов радиоэлектронными средствами, в особенности кораблей, самолетов и космических аппаратов, при возрастании плотности компоновки аппаратуры;
- ухудшение условий функционирования РЭС, установленных на летательных аппаратах, которые оказываются в зоне прямой видимости наземных РЭС, расположенных на значительной территории;
- расширенное развитие сотовой радиотелефонной связи.



Рецепторы электромагнитных помех

Естественные

Человек
Животные
Растения

Радиоэлектронные
приемные устройства

— Радиовещание
— Радиорелейная связь
— Навигация
— РЛС
— Сотовая связь

Усилители

— Промежуточной
частоты
— Видеочастоты
— Звуковых частот

Аппаратура
промышленного
и широкого
применения

— Контроля и управления
— Биомедицинское
оборудование
— Вещательная аппаратура
— Телефоны
— ЭВМ
— Средства отображения
— Чувствительные элементы

Искусственные

Пиротехнические
приборы
(радиовзрыватели)

□ нормирование параметров радиоизлучений РЭС

(мощности радиопередающих устройств, плотности потока мощности, допустимого отклонения частоты, ширины полосы частот излучения (занимаемой, контрольной, необходимой), спектра и уровня (мощности) внеполосных излучений, уровня и абсолютных значений побочных излучений, шумовых характеристик передатчиков);

□ нормирование параметров приема РЭС

(чувствительности, восприимчивости по основному и побочным каналам приема, избирательности, измеряемой односигнальным, двухсигнальным и многосигнальным методами, полосы пропускания, помехозащищенности от промышленных радиопомех по цепям электропитания, управления и коммутации и т. д.);

□ нормирование характеристик элементной базы, влияющих на ЭМС

(побочных колебаний, внеканальных излучений, шумовых характеристик элементов радиопередатчиков, радиоприемников, линейности характеристик - индекса линейности, степени восприимчивости к помехам, и т. д.);

- ❑ **нормирование характеристик ЭМС антенно-фидерных устройств РЭС;**
- ❑ **нормирование уровней других характеристик промышленных радиопомех излучений** гетеродинов, высокочастотных генераторов, применяемых в установках для промышленных, научных, медицинских, бытовых целей и т. д.;
- ❑ **организационно-методическое и общетехническое нормирование**
(методики расчета воздействия НЭМП на рецептор, критерии и методики расчета эффективности использования РЧР, организационно-технические основы координации и планирования радиочастотных выделений, терминология по ЭМС и использованию РЧР и т. д.).

- нормы на ширину полос и внеполосные спектры излучений радиопередающих устройств гражданского назначения;
- нормы на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий и назначений;
- нормы помехозащищенности приемных устройств радиовещания и телевидения от индустриальных радиопомех;
- нормы допускаемых индустриальных радиопомех для различных приборов и установок (7 различных норм);

Кроме того, существует различная ведомственная нормативно-техническая документация по ЭМС, действующая в определенных отраслях промышленности.

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Проектирование радиоэлектронных средств
высокой плотности компоновки**

Лекция 8

ЭМС

Защита от помех

СПб ГУТ)))

ЭМС

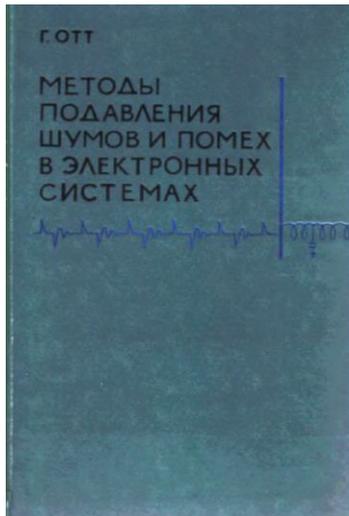
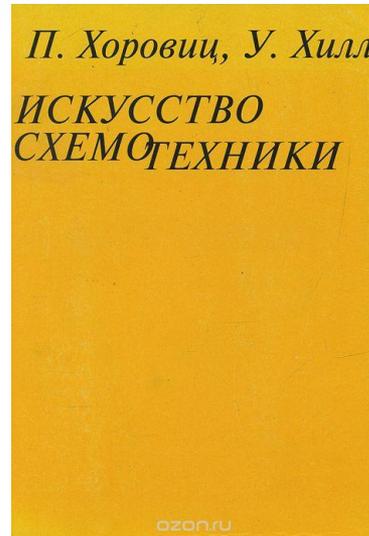
Способность радиоэлектронных средств одновременно функционировать в **реальных условиях эксплуатации** с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных радиопомех и не создавать недопустимых радиопомех другим радиоэлектронным средствам.

Электромагнитная обстановка

Совокупность электромагнитных полей и колебаний в заданных области пространства, полосе частот и интервале времени

1. Сеть переменного тока.
2. Мощные генераторы высокой частоты, особенно работающие в нелинейном режиме и импульсные.
3. Импульсные модуляторы с высоким напряжением и большим током.
4. Генераторы импульсные, например, блокинг-генераторы
5. Выходные и предоконечные каскады УВЧ, УПЧ, УНЧ.
6. Генераторы развертки, особенно с высоким напряжением и малым временем обратного хода.
7. Реле и другие включающие и выключающие приборы.
8. Выходные и силовые трансформаторы.
9. Коллекторные электродвигатели.
10. Элементы коммутации двигателей трамваев и троллейбусов.

1. Все радиоприемники, особенно высокочувствительные и работающие в длинноволновом диапазоне.
2. Входные и первые промежуточные каскады усилителей всех типов.
3. Входные трансформаторы УНЧ.
4. Спусковые устройства (триггеры, ждущие мультивибраторы) с высокой чувствительностью срабатывания.



А. Подавление шумов в источнике

- Заключайте источники шумов в экран.
- Подключайте фильтры ко всем проводникам, проходящим в зашумленном пространстве.
- Ограничивайте время нарастания импульса.
- Для катушек реле следует предусмотреть цепи подавления выбросов напряжения.
- Скручивайте шумящие проводники.
- Экранируйте и скрученные (витые) пары шумящих проводов.
- Заземляйте оба конца экранов, используемых для подавления излучаемых помех (экраны не обязательно должны быть изолированы).

Б. Устранение связи по шумам

- Скручивайте проводники с малым уровнем сигнала.
- Располагайте малосигнальные проводники ближе к шасси (особенно при высоком уровне полного сопротивления цепи).
- Скручивайте и экранируйте сигнальные проводники (на высоких частотах можно использовать коаксиальный кабель).
- В экранированных кабелях, используемых для защиты малосигнальных проводов, экраны следует заземлять только с одного конца (на высоких частотах можно применять коаксиальный кабель с экраном, заземленным с обоих концов)*.
- Изолируйте экран сигнальных проводов от случайного заземления в непредусмотренной точке.

Б. Устранение связи по шумам

- Когда малосигнальные и шумящие провода проходят через общий разъем, разделяйте их, помещая между ними заземленные провода.
- Пропускайте экранирующую оплетку сигнальных проводов через отдельный контакт разъема.
- Избегайте использования общих проводов заземления для устройств с высоким и низким уровнями сигнала.
- Выполняйте заземление оборудования так, чтобы оно было отделено от земель схем.
- Выполняйте заземление возможно более короткими проводами.

Б. Устранение связи по шумам

- Применяйте для защиты металлических поверхностей проводящие покрытия.
- Разносите шумящие и не создающие шумов проводники.
- Заземляйте цепи только в одной точке (кроме высокочастотных цепей).
- Избегайте ненадежных или случайных заземлений.
- Для очень чувствительных схем используйте источник и нагрузку, симметрированные относительно земли.
- Закрывайте чувствительные устройства в экранирующие корпуса.

Б. Устранение связи по шумам

- Ставьте фильтры или цепи развязки на любой проводник, входящий в корпус с заключенным в нем чувствительным устройством.
- Делайте чувствительные проводники как можно короче.
- Делайте как можно короче проводники, выходящие за пределы экрана кабеля.
- Применяйте для разводки питания шины с малым полным сопротивлением.

Б. Устранение связи по шумам

- Избегайте образования контуров заземления. Рассмотрите использование для разрыва контуров заземления следующих устройств:
 - изолирующих трансформаторов;
 - нейтрализующих трансформаторов;
 - оптронов;
 - дифференциальных усилителей;
 - усилителей с защитным экранированием;
 - балансных схем.

В. Подавление шумов в приемнике

- Не делайте полосу пропускания шире, чем это необходимо.
- Используйте там, где возможно, селективные частотные фильтры.
- Обеспечивайте соответствующую развязку по питанию.
- Шунтируйте электролитические конденсаторы малой емкостью, работающей на высокой частоте.
- Разделяйте сигнальные, шумящие и корпусные земли.
- Применяйте экранирующие корпуса.
- У трубчатых конденсаторов заземляйте внешнюю обкладку.

Проектирование печатных плат с учётом ЭМС

От 1 до 3 страниц.