

Из цикла «Дедушка топит за технологическую радиосеть»

## Узкополосные радиосети обмена данными для промышленного Интернета вещей, кто они?

Сергей Маргарян

*В настоящем выпуске нашего технического бюллетеня представлена краткая информация о современных узкополосных беспроводных сетях обмена данными. Дедушка российской радиосвязи со своей колокольни рассуждает о явлении «узкополосного промышленного Интернета вещей» народу и предлагает собственное решение для быстрого и достаточно безопасного внедрения этой технологии в промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте, не забывая о других сферах человеческой деятельности. Изложено частное мнение, с которым можно легко не согласиться, но очень трудно опровергнуть.<sup>1</sup>*

### 1. В начале было Слово<sup>2</sup>

Применительно к новой технологии, которая в настоящее время приобрела немалую популярность, это Слово (определение) звучало так: «Интернет вещей ([англ. internet of things, IoT](#)) – концепция [сети передачи данных](#)<sup>3</sup> между физическими объектами («вещами»), оснащенными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой».



(Фото с сайта [https://www.cnews.ru/articles/2020-01-28\\_что\\_nuzhno\\_dlya\\_razvitiya\\_promyshlennogo](https://www.cnews.ru/articles/2020-01-28_что_nuzhno_dlya_razvitiya_promyshlennogo))

Первоначально концепция «Интернета вещей», зародившаяся в 1999 году, была сосредоточена вокруг применения средств [радиочастотной идентификации](#). Передачу данных предполагалось производить от радиочастотных меток RFID (Radio Frequency IDentification), содержащих информацию об объекте. Позже концепция получила новое толкование, наполнившее его технологическим содержанием, предполагающим использование перспективных технологий, прежде всего, [беспроводных сетей](#) обмена данными, [облачных вычислений](#), [межмашинного взаимодействия](#) и [программно-определяемых сетей](#).

Затем появилось и новое понятие, ставшее попыткой перенести эту технологию уже в промышленность: «Промышленный Интернет вещей ([англ. Industrial Internet of Things, IIoT](#)) – это система объединенных компьютерных сетей и подключенных к ним промышленных (производственных) объектов со встроенными [датчиками](#) и [программным обеспечением](#) для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в [автоматизированном](#) режиме, без участия человека».

То есть «материнская» концепция сети обмена данными между «неживыми» предметами, первоначально сформулированная как осмысление перспектив широкого применения средств [радиочастотной идентификации](#) для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением, превратилась в супер-пупер полнофункциональную систему сбора данных и управления, включающую в себя не только средства связи, в первую очередь, беспроводной, но также и полный спектр аппаратно-программных средств, применяемых для автоматизации различных технологических процессов.

Кстати, не лишним будет напомнить, что «автоматизированный режим»<sup>4</sup> в системе управления в отличие от «автоматического»<sup>5</sup>, всегда предполагает участие человека. Да и в автоматическом режиме работы любой системы функция контроля все равно пока остается за последним (тема управления с использованием принципов искусственного интеллекта не является содержанием настоящей статьи). Так что исключать из процесса человеческое участие пока рановато будет.

Но чем это все отличается от старых и добрых промышленных сетей обмена данными, в которых назначенный старшим контроллер не только самостоятельно (сиречь, «без участия человека») запрашивает и получает данные от своих собратьев в сети, но ещё и удаленно управляет их действиями по заданной программе? Похоже, можно смело утверждать, что прототип «Промышленного Интернета вещей» родился вместе с первыми контроллерами<sup>6</sup> и промышленными протоколами обмена данными уже несколько десятков лет назад.

А теперь новое понятие «Промышленный Интернет вещей» было смело и решительно распространено вообще на все сферы деятельности человека. В ныне действующих руководящих документах используется вот такая уже практически официальная интерпретация: «Интернет вещей» (IoT) является совокупностью сетей межмашинных коммуникаций и систем хранения/обработки больших данных, в которых за счет подключения датчиков и актуаторов<sup>7</sup> (исполнительных механизмов) к сети реализуется цифровизация различных процессов и объектов. Использование полученных данных позволяет проводить оптимизацию процессов и объектов на базе новых алгоритмов, а обратная связь с актуаторами позволяет реализовывать эту оптимизацию на практике без существенных затрат. Внедрение «Интернета вещей» позволяет через цифровизацию процессов и объектов снизить расходы и повысить производительность труда практически в любой отрасли»<sup>8</sup>.

Обычному (нормальному или, как принято говорить, «неподготовленному») человеку не очень-то понятно, но... Ничего не напоминает?

А как же старое, доброе и прекрасно зарекомендовавшее себя на практике понятие «Автоматизированная система управления технологическим процессом» (АСУ ТП)<sup>9</sup>? Давайте попробуем найти хотя бы три принципиальных отличия между «новым» и «старым» понятиями. Сравнительная информация представлена в таблице ниже.

№	Характеристика	Промышленный Интернет вещей	АСУ ТП
1.	Назначение:		
	– сбор данных	да	да
	– обмен данными	да	да
	– удаленный контроль	да	да
	– удаленное управление в <a href="#">автоматизированном</a> и автоматическом режимах	да	да
2.	Состав:		
	– датчики	да	да
	– контроллеры	да	да
	– средства обмена данными	да	да
	– средства обработки и визуализации данных	да	да
3.	Области применения:		
	– промышленность	да	да
	– транспорт	да	да
	– сельское хозяйство	да	да
	– жилищно-коммунальное хозяйство	да	да

Так в чем же принципиальные отличия модного и перспективного «промышленного Интернета вещей» от давно реализованных на практике и уже зарекомендовавших себя тысяч «рабочих лошадок» АСУ ТП? В результате длительного мозгового штурма дедушке не удалось найти ни одного.

А вот ещё одно пояснение из того же официального документа: «В настоящее время устройства IoT подключаются через широкий набор радиотехнологий в рамках устройств малого радиуса действия, в том числе по таким стандартам как IEEE 802.11<sup>10</sup> и 802.15<sup>11</sup>, а также с использованием сетей сотовой подвижной связи стандартов GSM, UMTS и LTE. Тем не менее, в дополнение к данным существующим решениям был разработан новый класс радиотехнологий для подключения широкого круга устройств IoT, в том числе в самых сложных условиях размещения таких устройств, оптимизированных для обслуживания различных датчиков и сенсоров, работающих долгое время от аккумуляторов. Данный класс радиотехнологий получил название узкополосные беспроводные сети связи «Интернета вещей»,

которые содержат в себе беспроводные радиointерфейсы передачи небольших по объему данных на значительные расстояния, в первую очередь, для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и сбора информации».

## 2. «Истина рождается в споре»<sup>12</sup>

Дедушка не ставит перед собой задачу «разбирать по косточкам» и, тем более, критиковать вышеупомянутый документ, выдержки из которого послужили основанием для написания настоящей статьи и авторского гонорара. Однако, тут возникают резонные дополнительные вопросы, один из которых можно сформулировать так: «Разработан новый класс радиотехнологий, который получил название узкополосные беспроводные сети связи «Интернета вещей» – что за такой новый класс, включен ли он уже в Федеральный закон «О связи» или другие профильные руководящие документы и в чем его отличительные особенности? В тексте упоминаются устройства малого радиуса действия и технологии (сети) обмена данными, относящиеся к категории сетей связи общего пользования<sup>13</sup>, имеющие более широкое предназначение, нежели просто «Интернет вещей», тем более, «промышленный». И да, технологии WiFi (стандарт IEEE 802.11), равно как и технологии сотовой связи достаточно эффективно применяются для решения отдельных прикладных задач в промышленности.

Претендующие на роль «нового класса радиотехнологий» для «Интернета вещей» решения на основе технологий EC-GSM-IoT<sup>14</sup>, eMTC (LTE-eMTC)<sup>15</sup> и NB-IoT<sup>16</sup> представляют собой частные решения на основе стандартов сотовой связи, как и стандарт Long Range Wide Area Network<sup>17</sup> (црим. определение «Long Range» или «большой дальности» не должно вводить в заблуждение, речь идет о радиусе действия в сотни метров и это оборудование по определению относится к устройствам малого радиуса действия) также изначально разрабатывался не только на потребу «Интернета вещей».

Таким образом, применительно к промышленным приложениям в настоящее время речь о «новом классе радиотехнологий для подключения широкого круга устройств IoT» точно не идет, и тут можно обсуждать только отдельные частные технологии, адаптированные для использования в интересах того, что сейчас принято называть «промышленным Интернетом вещей», а по сути — АСУ в общем и АСУ ТП, в частности.

Не стоит забывать о том, что в промышленности на протяжении уже более тридцати лет для обмена данными между объектами (можно назвать их и «различными вещами», поскольку, например, садовый насос и насосы, применяемые в главном циркуляционном контуре, циркуляционной системе для охлаждения конденсаторов турбин и в системе подачи питательной воды на атомной электростанции по сути являются одним и тем же устройством, хотя достаточно сильно отличаются по своим характеристикам, возможностям и исполнению) достаточно широко и успешно применяются узкополосные технологические<sup>18</sup> радиосети обмена данными, обслуживающие работу, в том числе, ответственных автоматизированных систем управления, работающих в жестких условиях эксплуатации практически во всех климатических зонах на действительно «значительные» (десятки, сотни и даже тысячи километров) расстояния. В отдельных случаях (например, при трансляции телеметрической информации с борта космических аппаратов) дальность связи в таких радиосетях может достигать десятков тысяч километров. И да, часть из них использует резервную систему электропитания на аккумуляторных батареях, поскольку это один из методов обеспечения надежности функционирования автоматизированной системы наряду с дублированием наиболее ответственных компонентов и

агрегатов. Что, правда, немного противоречит некоторым требованиям к «Интернету вещей», но, все равно, четко и полностью укладывается в понятие АСУ и АСУ ТП. Так что АСУ ТП уже давно имеют «беспроводные радиоинтерфейсы передачи небольших по объему данных на значительные (прим. действительно значительные) расстояния, в первую очередь, для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и сбора информации».

Особенности применения беспроводных сетей связи общего пользования, радиосетей обмена данными малого радиуса действия и технологических радиосетей обмена данными очень хорошо известны и их позиционирование для различных приложений четко определено. Несомненными преимуществами сетей связи общего пользования (по оценке самих пользователей) являются:

- мобильность, то есть возможность оперативного перемещения во всей зоне действия радиосети практически без ограничений;
- возможность обмена большими объемами мультимедийной информации. Кроме обмена речевыми сообщениями, радиосеть позволяет транслировать видео информацию и быстро пересылать фотографии;
- подключение к информационной сети Интернет, позволяющее оперативно получать доступ к имеющейся в этой сети информации, размещать и хранить огромные объемы собственных данных, в том числе, с использованием облачных хранилищ информации;
- наличие роуминга между радиосетями различных операторов, позволяющего существенно расширить зону действия радиосети и даже перенести ее на территорию других государств;
- независимость от промышленного электропитания при возможности подзарядки встроенных аккумуляторов сотовых терминалов;
- возможность подключать дополнительные услуги.

Однако, все эти преимущества имеют весьма опосредованное отношение к «промышленным вещам», то есть к работе промышленных автоматизированных систем управления в целом и автоматизированных систем управления технологическими процессами, в частности.

И они сильно обесцениваются принципиальными ограничениями и недостатками, несущественными для «дома», но ключевыми для «промышленности»:

- невозможность обеспечения гарантированного детерминированного<sup>19</sup> времени доставки сообщения (без реализации комплекса специальных мероприятий);
- отсутствие возможности организации работы в реальном масштабе времени;
- относительно низкая безопасность данных, обусловленная свободным доступом к сети «посторонних» пользователей.

Надёжность работы промышленных систем обеспечивается соответствующей подсистемой электропитания, рассчитанной на длительную и бесперебойную работу и поэтому включающую в себя подключение как к основной промышленной электросети (львиная доля «вещей» в промышленности потребляет немало энергии и не может работать от маленькой «батарейки»), так и к резервной сети



Ваша система «промышленного Интернета вещей» точно попадает в эти зоны?

Решением Государственной комиссии по радиочастотам при Министерстве информационных технологий и связи Российской Федерации от 7 мая 2007 г. № 07-20-03-001 на территории страны разрешена эксплуатация радиосетей с использованием устройств малого радиуса действия на основе выделенных для свободного доступа полос радиочастот в диапазоне ультравысоких частот (УВЧ)<sup>20</sup>. Устройство малого радиуса действия – это техническое средство, предназначенное для передачи и (или) приёма радиоволн на короткие расстояния (прим. десятки-сотни метров). Данные устройства применяются при условии, что они не создают помех другим радиоэлектронным средствам (РЭС) и не требуют защиты от помех со стороны других РЭС. В эту давно известную категорию как раз и попадает «новый класс радиотехнологий, который получил название узкополосные беспроводные сети связи «Интернета вещей».

Область применения радиосетей обмена данными малого радиуса действия близка по назначению к области применения технологических радиосетей и также определяется следующими оперативно-техническими возможностями и преимуществами, но с существенными ограничениями:

- состояние среды передачи данных не контролируется соответствующими государственными органами. Доступ к радиочастотному ресурсу производится на конкурентной основе — каждый из абонентов выходит на связь, когда у него возникает потребность, независимо от текущей загрузки каналов связи;
- ограниченная оперативная зона без возможности ретрансляции сигнала (дальность связи с установленной регулятором выходной мощностью существенно ограничена);
- отсутствие единых протоколов доступа к каналу связи, обеспечивающих совместную работу группы абонентов без взаимных помех и гарантированную доставку данных в установленные сроки в близком к реальному режиме времени;
- большее по сравнению с технологическими радиосетями время доступа к каналу передачи данных, усугубляемое более низкой скоростью обмена данными, и неприемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных;
- относительно низкая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии имеют слабую защиту от подавления или перехвата, поскольку работа ведется на общедоступном оборудовании, в каналах общего пользования и с невысокой излучающей мощностью);
- существенно более низкая чем у технологических радиосетей обмена данными совокупная стоимость владения (за счет более низкой стоимости оборудования, отсутствия затрат на проектирование радиосетей и развертывание инфраструктуры, а также необходимости оформлять радиочастотное присвоение);
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных потребностей (радиосеть может разворачиваться в любом районе без предварительного согласования с регулятором);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;

- простота перемещения, оперативность развертывания в новом районе (не требуется развертывания дополнительной инфраструктуры);
- возможность эксплуатации в жестких условиях (определяется моделями выбранного для работы оборудования).

Преимуществами радиосетей обмена данными малого радиуса действия, бесспорно, являются:

- быстрое развертывание сети и установление связи, поскольку отсутствует необходимость тратить время на оформление радиочастотного присвоения;
- относительно невысокие первоначальные затраты;
- возможность использовать весь выделенный спектр частот.

Определенными недостатками радиосетей обмена данными малого радиуса действия также хорошо известны:

- работа неограниченного количества пользователей в совмещенном диапазоне частот, и, как следствие, наличие интерференционных помех и относительно низкая надёжность передачи информации;
- необходимость тщательного изучения радиоэлектронной обстановки и продуманного территориально-частотного планирования размещения оборудования;
- необходимость урегулирования отношений с другими пользователями с целью уменьшения взаимного влияния при работе в радиосети.

Основными пользователями радиосетей обмена данными малого радиуса действия являются:

- радиолюбители;
- промышленность и транспорт, где они применяются для управления телемеханическими устройствами и аппаратурой сбора телеметрической информации, а также обеспечения работы противопожарных и охранных систем.

Выделенный для работы радиосетей обмена данными малого радиуса действия радиочастотный ресурс используется различными бытовыми устройствами, включая автомобильную сигнализацию.

Область применения технологических радиосетей обмена данными определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- гарантированная надёжность<sup>21</sup> работы (радиосеть создается ее владельцем с учетом его индивидуальных требований к надёжности функционирования);
- высокая живучесть<sup>22</sup> радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем, и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);
- рабочая зона, полностью перекрывающая район использования подключенных к радиосети оконечных устройств, как правило, объединенных в автоматизированную систему управления (реально построенные технологические радиосети имеют оперативную зону более миллиона кв.

км);

- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному режиму времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);
- относительно низкая стоимость эксплуатации;
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит эксплуатирующей ее организации, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться ею самостоятельно);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- возможность эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Общеизвестно, что основным требованием к любой АСУ ТП является ее надёжность. Какой бы продвинутой и навороченной ни была система управления, ее ценность сведется к нулю, если она будет работать со сбоями. И именно надёжность работы в значительной степени определяется возможностями и характеристиками применяемой подсистемы обмена данными.

Так что, как мы видим, для такого колосса, каким видится в настоящее время «промышленный Интернет вещей», сети связи общего пользования и устройства малого радиуса действия являются теми самыми глиняными ногами, на которых ему невозможно не только быстро двигаться, но даже уверенно стоять.

В концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории Российской Федерации прямо сказано, что «узкополосные беспроводные сети связи «Интернета вещей» являются частью сетей передачи данных общего пользования и выделенных сетей связи (прим. читай: «технологических радиосетей обмена данными»). И применительно к требованиям по надёжности в промышленных системах это очень сильно смахивает на попытку скрестить ужа и ежа.

Ключевым различием между радиосетью общего пользования и технологической радиосетью обмена данными является их первоначальное назначение:

- радиосеть связи общего пользования строится ее владельцем (предприятием связи) с целью получения коммерческой выгоды за счет предоставления услуг связи;
- радиосеть обмена данными малого радиуса действия используется всеми желающими в интересах решения собственных частных задач, как правило, на временной основе;

- технологическая радиосеть строится ее владельцем (промышленным, транспортным или сельскохозяйственным предприятием) с целью обслуживания собственной профильной деятельности и снижения собственных затрат на эксплуатацию.

Так что именно цели создания радиосети определяют и выбор технологических и технических решений для их достижения. Равно как и компромиссы, которые можно принять при их реализации.

(Продолжение следует)

## Сноски

1. Дедушке посчастливилось многому научиться у канадских специалистов, которые создали и испытали первую в мире узкополосную технологическую радиосеть обмена данными, а потом на протяжении почти тридцати лет организовывать и направлять практическую работу проектировщиков, инженеров и программистов по развертыванию таких радиосетей у нас в стране и за рубежом. ↩
2. Первая строка [Евангелия от Иоанна \(Новый Завет\)](#), множество вариантов перевода и [толкования](#) которой дают разные уровни [понимания](#) смысла. ↩
3. Дедушка предпочитает использовать термин «обмен данными», поскольку циркулирующая в сети информация не только передается, но и принимается. ↩
4. **Автоматизированная система управления (АСУ)** является одним из видов систем управления, которые включают в себя технические средства, обеспечивающие замену труда человека (физического, умственного), но требуют затрат труда человека для управления и обслуживания. ↩
5. **Автоматическая система управления** включает в себя управляющее устройство, средства сбора и обработки информации. Человек в таких системах требуется только для обслуживания системы и контроля. ↩
6. Первым в мире программируемым контроллером (ПК) в 1968 году стал Modicon 084 (1968) (от англ. modular digital controller), спроектированный в прочном корпусе, без вентиляторов, переключателя ON/OFF и отверстий для циркуляции воздуха с расчетом на тяжелые условия эксплуатации. Контроллеры этой марки использовались и при создании первой узкополосной технологической радиосети обмена данными (прим. автора). ↩
7. **Актуатор** – законченное универсальное исполнительное устройство (синонимы: привод, электропривод) с мотором или без мотора (электромеханическое или механическое), управляемое с помощью устройства управления. Расшифровка приведена для нормальных специалистов, умеющих и привыкших общаться на русском языке без участия нерадивых (чтобы не сказать «безграмотных») толмачей. Дедушка имеет диплом референта-переводчика китайского и английского языков, поэтому уверен, что настоящие переводчики в данном случае его не осудят за использование слова «толмач». ↩
8. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, приказ от 29.03.2019 № 113 «Об утверждении концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории Российской Федерации, <https://vaiti.io/naczionalnye-standarty-v-oblasti-interneta-veshhej>. ↩
9. **Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)** – совокупность технических средств для автоматического сбора, переработки и представления информации в виде компьютерных программ, позволяющих управлять по заданным параметрам технологией и оборудованием. ↩
10. **IEEE 802.11** – набор [стандартов](#) беспроводной связи с использованием радиоволн (частотные диапазоны 0,9; 2,4; 3,6; 5; 6 и 60 ГГц) и видимого света (так называемый [Li-Fi](#)), предназначенный для создания [компьютерных сетей](#). Широко известен по названию [Wi-Fi](#), фактически являющемуся брендом, предложенным и продвигаемым организацией [Wi-Fi Alliance](#). ↩
11. **IEEE 802.15** – [рабочая группа IEEE](#), входящая в комитет стандарта [IEEE 802](#). Группа занимается определением стандарта беспроводных [персональных сетей](#) WPAN (Wireless personal area network). Включает в себя семь целевых групп, одной из которых является WPAN/Bluetooth. ↩
12. Фраза принадлежит, предположительно, древнегреческому философу Сократу. ↩

13. **Сеть связи общего пользования** – сеть связи общего пользования предназначена для возмездного оказания услуг электросвязи любому пользователю услугами связи на территории Российской Федерации и включает в себя сети электросвязи, определяемые географически в пределах обслуживаемой территории и ресурса нумерации и не определяемые географически в пределах территории Российской Федерации и ресурса нумерации, а также сети связи, определяемые по технологии реализации оказания услуг связи. Сеть связи общего пользования представляет собой комплекс взаимодействующих сетей электросвязи, в том числе сети связи для трансляции телеканалов и (или) радиоканалов. (в ред. Федерального [закона](#) от 27.07.2010 N 221-ФЗ). ↩
14. **Extended Coverage – GSM – Internet of Things (EC-GSM-IoT)** – технология основана на стандарте eGPRS. Изменения, внесенные в eGPRS, позволяют использовать большинство установленных базовых станций для общения с EC-GSM-IoT устройствами без замены или модернизации аппаратного обеспечения. ↩
15. **Технология eMTC** является адаптацией IoT для LTE сетей. Основной фокус, выделяющий технологию eMTC и определяющий ее рыночную нишу – это высокая пропускная способность (до 1 Мбит/с в каждом направлении от абонента и к абоненту). ↩
16. **NB-IoT (Narrow Band Internet of Things)** – стандарт сотовой связи для устройств телеметрии с низкими объемами обмена данными. Разработан консорциумом [3GPP](#) в рамках работ над стандартами [сотовых сетей нового поколения](#). Первая рабочая версия спецификации представлена в июне 2016 года. ↩
17. **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** – протокол беспроводной связи, который используется для создания масштабируемых радиосетей с низким энергопотреблением (LPWAN) и большим радиусом действия. ↩
18. **Технологическая сеть связи** (англ. private network, прежнее название «ведомственная», или «корпоративная») предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей (Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ). ↩
19. **Детерминированность** (от [лат.](#) *determinans* — *определяющий*) — определяемость. Процесс, исход которого полностью определен алгоритмом, значениями входных переменных и начальным состоянием системы. ↩
20. **Ультравысокие частоты (УВЧ)** – диапазон от 300 МГц до 3 гигагерц (ГГц). ↩
21. **Надёжность** ([англ.](#) *reliability*) – [свойство системы](#) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»]. ↩
22. **Живучесть** ([англ.](#) *survivability*) – свойство системы, характеризуемое способностью выполнять установленный объём функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»]. ↩