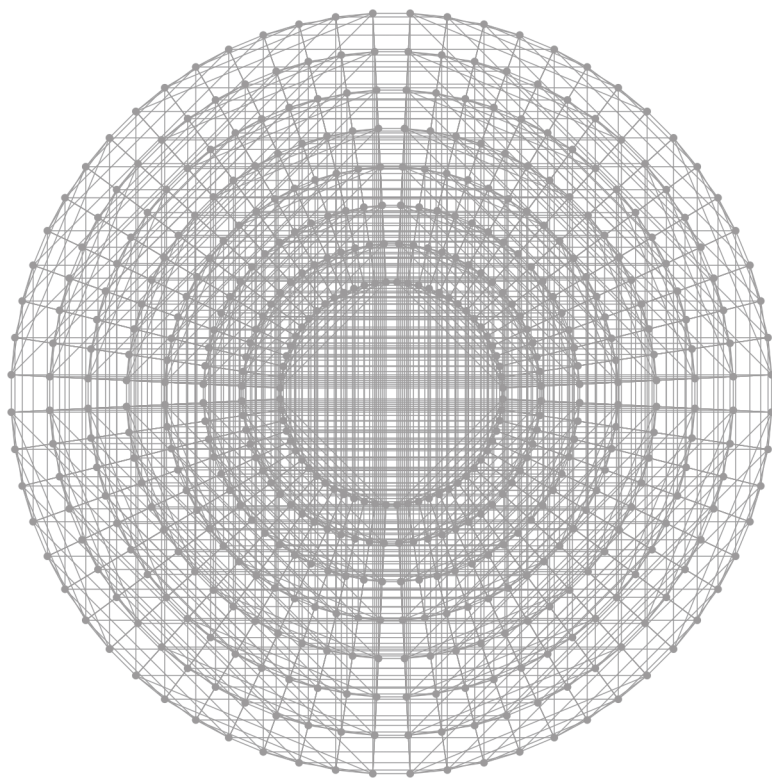


Бакланов И.Г.

РЕЛЯТИВИЗМ  
В  
МЕТРОЛОГИИ  
СИСТЕМ  
СВЯЗИ

АВТОРСКАЯ ВЕРСИЯ

Моему сыну Андрею с надеждой,  
что он когда-нибудь прочтет  
и поймет эту книгу



УДК 004  
ББК 32.973  
Б19

**Бакланов Игорь**  
Б19 Релятивизм в метрологии систем связи. — [б. м.] : Издательские решения, 2016. — 436 с. — ISBN 978-5-4474-9005-8

В книге рассмотрены вопросы метрологии пакетных сетей связи. На основе анализа тестовых методологий выводится принцип методического релятивизма. Исследуется сдвиг парадигмы отраслевой метрологии систем связи и перспективы развития отраслевой метрологии на основании принципа релятивизма.

Книга рассчитана на специалистов отрасли «связь», работающих с широким ассортиментом средств измерений при строительстве, эксплуатации и ремонте оборудования, поверителей средств измерений.

**УДК 004**  
**ББК 32.973**

12+ В соответствии с ФЗ от 29.12.2010 №436-ФЗ

ISBN 978-5-4474-9005-8 © Игорь Бакланов, 2016  
© Александр Лопатин, дизайн обложки, 2016  
© Екатерина Бирюкова, оформление, 2016

«...моя последняя картина началась с вопроса: как изобразить в картине стакан воды таким образом, чтобы он не был нам безразличен?»

Из письма Рене Магрита к Сузи Габлик  
19.05.1958

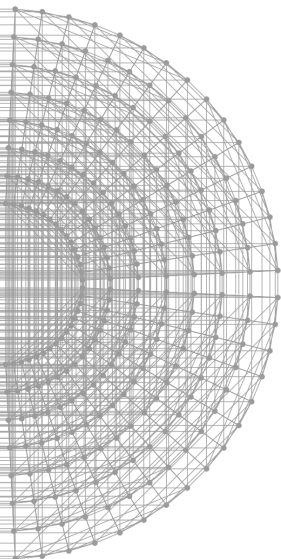
Формальные требования, защищаемые учеными, пришли в конфликт с некоторыми способами развития науки. Для разрешения этого конфликта пришлось постепенно смягчать эти требования — до тех пор, пока они вообще не превратились в ничто.

П. Фейерабанд «Прощай, разум!»

Под самым потолком стояли тома в старинных переплетах, обклеенных мраморной бумагой с красноватыми прожилками, с тиснеными золотом корешками. Затем шли переплеты из дешевого синего картона, из рыжеватых канцелярских папок — переплеты военных лет с выцветшими чернильными надписями, и последних лет — в толстом коричневом дерматине. Вид этих стеллажей настроил Тулина иронически: «Урны с прахом обманутых надежд давно ушедших поколений... Кладбище несбывшихся мечтаний... Сколько никчемной добросовестности!»

Д. Гранин «Иду на грозу!»





# Введение

**П**редлагаемая книга рассматривается автором как логическое продолжение и дополнение монографии Б. П. Хромого «Метрология и измерения в технике связи», двухтомного фундаментального труда, в котором были отражены все базовые принципы общей метрологии и отраслевой метрологии систем связи. Значение этого двухтомного издания сложно переоценить, поскольку в нем компактно изложено развитие метрологии систем связи на всем протяжении XX века, вплоть до появления пакетных сетей. Ценность любого фундаментального аналитического труда в области инженерии состоит в осмыслении и сохранении для будущих поколений научно-технического опыта. В современном инженерном мире слишком много неструктурированной информации самого широкого диапазона — от информационного шума современных сайтов и форумов до Wikipedia. На фоне этого мнимого благополучия лю-

бой аналитический труд должен рассматриваться как глоток чистого воздуха и акт подвижничества его автора. Монография Б. П. Хромого претендует на ключевую роль — сохранение памяти и опыта российской метрологии сетей связи вне зависимости от дальнейшего хода технической истории.

Издание «Метрологии и измерения в технике связи» появилось в момент глубокого научного кризиса отраслевой метрологии. Можно увидеть в этом определенный символ переломного момента — так часто самые важные аналитические труды появляются в момент истории, когда ставится вопрос о существовании той или иной области знания. Такие труды появляются как итог определенного этапа и как наследие новому поколению.

6

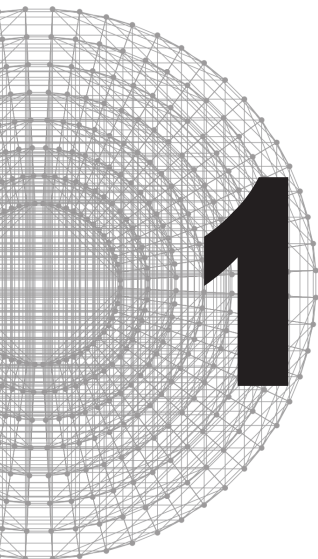
Современная отраслевая метрология систем связи находится в кризисе, самом глубоком за всю свою историю. Область традиционного метрологического знания с появлением пакетных сетей постоянно сокращается. Метрология сама отказывается от своего возможного развития. В конце XX века появился класс приборов, которые не вписывались в отраслевую метрологию, но широко использовались в системах связи — анализаторы протоколов сетей. Эти приборы не могли быть рассмотрены с точки зрения теории погрешностей и терминов точности измерений. В результате артефакт был «списан в индикаторы», т. е. приборы были отнесены к не-приборам. Отраслевая метрология попросту отстранилась от них как от малозначительной области.

Анализаторы протоколов могли оказаться всего лишь артефактом или техническим курьезом, не влияющим на общую структуру научного знания. Но область артефактов начала расти. Анализаторы ATM, анализаторы FrameRelay и ISDN, анализаторы xDSL последовали за своими предшественниками. Наконец, в индикаторы были списаны анализаторы Ethernet — основа для эксплуатации современных пакетных сетей

связи. Отраслевая метрология сокращала область своего присутствия в отрасли. С моральным устареванием технологии SDH — последней «метрологической» технологии сетей связи — отраслевая метрология в привычном виде умерла, ее область сократилась до минимума, определяемого кабельными, оптическими и радиочастотными измерениями. Глубокий кризис отраслевой метрологии систем связи охватил практически все административные, технические и научные стороны. Сети, построенные на основе современных пакетных технологий, оказались без метрологической компоненты. В свою очередь отраслевая метрология оказалась вне поля развития телекоммуникаций и начала исчезать уже как социальная общность специалистов-метрологов. На повестку дня вышел актуальный вопрос о смене парадигмы отраслевой метрологии.

Предлагаемая книга является результатом попыток автора реформировать отраслевую метрологию на основе новой парадигмы. В основе парадигмы лежит широкое применение принципа релятивизма — относительности различных частей метрологической модели. По опыту автора парадигма релятивизма позволяет сохранить и модифицировать научное здание отраслевой метрологии систем связи и имеет научное, прикладное и практическое значение.





# Проблемы современной отраслевой метрологии и проявления релятивизма

## 1.1. Развитие отраслевой метрологии систем связи в XX веке

### 1.1.1. Три этапа развития отечественной метрологии

Развитие отраслевой метрологии систем связи в XX веке шло довольно неравномерно, что непосредственно связано с неравномерным развитием самой отрасли телекоммуникаций, пережившей только на рубеже XX–XXI вв. три научно-технических революции (НТР)<sup>1</sup>, последняя из которых не завершена до сих пор.

---

<sup>1</sup> Речь идет о последовательных трех революциях в телекоммуникациях: цифровизация систем связи, появление и развитие систем мобильной связи и революция NGN (интернетизация общества), продолжающаяся по сей день. Более подробно об этом вопросе – см. [6].

Можно выделить три ключевых этапа развития отраслевой метрологии:

**1. Метрология сетей связи «доцифрового» периода.** Это метрология аналоговых систем связи и коммутации, хорошо разработанная в советский период развития науки и нашедшая свое отражение в многочисленных инструкциях, регламентах и пр. документах метрологического характера. Особенностью этого этапа является тот факт, что метрология собственно систем связи в этот период мало отличалась от общей метрологии измерений сигналов. Специализированные измерительные средства для систем связи могли быть отнесены к классу общеизмерительных приборов, таких как анализаторы спектра, генераторы сигналов, осциллографы, частотомеры, измерители уровня сигнала, анализаторы нелинейных искажений, генераторы шумов и пр. Особенность собственно отраслевых измерений, учитывающих специфику систем связи, определялась диапазонами измерений, типовыми масками контроля сигналов (например, псофометрический фильтр — сугубо телекоммуникационное изобретение) или определенными методиками специального назначения. Но в целом отраслевая метрология этого периода представляла собой вариацию общей системы метрологии сигналов.

**2. Метрология цифровых систем связи.** В конце 80-х годов в России начали широко внедряться цифровые системы связи, что привело к первой НТР в системах связи и, соответственно, революции в метрологии. Появился класс приборов, который не мог быть использован вне телекоммуникационной проблематики. Первым таким прибором стал анализатор ИКМ — специализированный прибор для цифровых систем передачи и коммутации. Последующее развитие метрологии систем связи было тесно связано с цифровыми системами передачи и решением задач измерений на границах аналоговых и цифровых сиг-

налов. Бурное развитие систем связи в условиях НТР резко подняло значимость отраслевой метрологии в структуре экономики. Образовался мировой рынок специализированных приборов для телекоммуникаций и производителей таких приборов, который уже к началу 2000 г. составил более 130 мировых производителей. Объем бюджетов отраслевой метрологии систем связи оказался больше, чем метрологические бюджеты многих отраслей. Этот период с полным правом можно назвать расцветом отраслевой метрологии систем связи. Появление специализированных задач измерений в системах связи способствовало развитию науки. Появились методики, не имеющие аналогов (например, измерение шумов квантования, джиттера в цифровых системах передачи, поляризационной и модовой дисперсии в волоконно-оптических системах связи и т. д.). В результате отраслевая метрология систем связи оформилась как вполне самостоятельная ветвь метрологической науки, тесно связанная с общей метрологией сигналов, но имеющая много специфических черт.

**3. Метрология пакетных сетей связи (новая метрология).** Данный период соответствует современному этапу третьей НТР и связан с качественным изменением структуры систем связи, вызванным технологиями пакетных систем. Сети с коммутацией пакетов преобразовали все технологические системы отрасли телекоммуникаций, поставив вопрос о коренной перестройке метрологического здания. Уровень глобальности третьей НТР, которая претендует на коренные преобразования в экономике, обществе и даже культуре, определяет ключевую значимость поставленных научных и практических вопросов. Именно исследованию принципов такого качественного изменения метрологии на современном этапе посвящена настоящая монография.

Вся сумма знаний по периодам 1 и 2 развития отраслевой метрологии максимально полно представлена в

монографии Б. П. Хромого [7, 8]. Как было сказано во введении, настоящая книга планировалась логичным продолжением этой монографии, поэтому нет смысла возвращаться к ее основным тезисам и резонно сосредоточиться на решениях современного этапа.

Тем не менее, будущее изложение принципа релятивизма и его применений требует расставить некоторые акценты и обратить внимание читателя на особенности построения отраслевой метрологии в советский и пост-советский периоды, что соответствует этапам 1 и 2 вышеприведенной классификации соответственно.

### 1.1.2. Предмет метрологии и ее значение в современном мире

По определению метрология — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. В таком определении содержится некоторая многозначность, согласно которой:

1. Метрология представляет собой **научное ядро**, в центре которого лежит общая теория измерений, статистическая математика, теория погрешностей и т. д. Это ядро абсолютно консервативно, оно практически не изменяется со времен основания российской метрологии Д. И. Менделеевым в конце XIX в. Вне зависимости от динамики революций, прикладных вопросов, связанных с применением измерений в различных отраслях человеческой деятельности, научное ядро метрологической науки присутствует всегда и является основой метрологии любой отрасли промышленности.

2. Метрология представляет собой **систему стандартов**, т. е. юридически значимых документов, что определяется отдельным разделом законодательной метрологии. Тем самым указывается на присутствие существенного пласта юридических и вообще гуманитарных знаний в составе метрологии.

3. Метрология — это еще и средства измерений, от эталонов до отдельных измерительных приборов самой разной функциональности. И в этом смысле в метрологии присутствует технологическая компонента — самая динамичная составная часть. Технологическая компонента подвержена всем влияниям текущего развития научно-технического прогресса. На нее влияет динамика НТР, любые турбулентные явления современной технологии, техническая мода и пр.

4. Метрология включает в себя **организационную структуру** — совокупность институтов, обеспечивающих своевременную стандартизацию метрологических концепций, систему поверочных мероприятий и пр. В состав этой организационной структуры входит также профессиональное сообщество, от руководителей институтов метрологии до непосредственных исполнителей — метрологов.

12

Многозначность метрологии как науки, ее позиционирование на границе между гуманитарным и техническим знанием порождают разные точки зрения на саму метрологическую проблематику. Диапазон точек зрения и подходов к метрологии действительно может быть самым широким: от сугубо научных исследований в области теоретической метрологии до рутинных операций соответствия/несоответствия регламентов. Например, в отечественной практике часто можно встретить суждение, что метрология — это всего лишь обеспечение своевременной поверки «ибо так требует закон». Тем самым отраслевая метрология редуцируется до бессмысленной деятельности ради инструкции специально для этого придуманной.

Четыре стороны метрологии, указанные выше, не могут равноценно присутствовать в мировоззрении отдельного специалиста. В зависимости от индивидуальных интересов одна или несколько сторон будут доминировать. Ученый увидит в метрологии поле для исследований, политик — поле для политической деятельности, инженер — высокотехнологичную область, чиновник — сферу регулирования и управления орга-

низационными процессами, историк — существенную область технической истории, юрист — специальную область права и т. д.

Но все точки зрения связаны между собой единым постулатом.

**Современный научно-технический  
генезис невозможен вне  
метрологии.**

По меткому выражению Д. И. Менделеева наука начинается там, где возникают измерения. Современный технологический мир дополняет указанное утверждение тезисом, что и современная техника начинается тогда, когда возникают измерения. В этом универсальная ценность метрологии как одного из проявлений современной техногенной цивилизации, не зависящая от отдельной точки зрения.

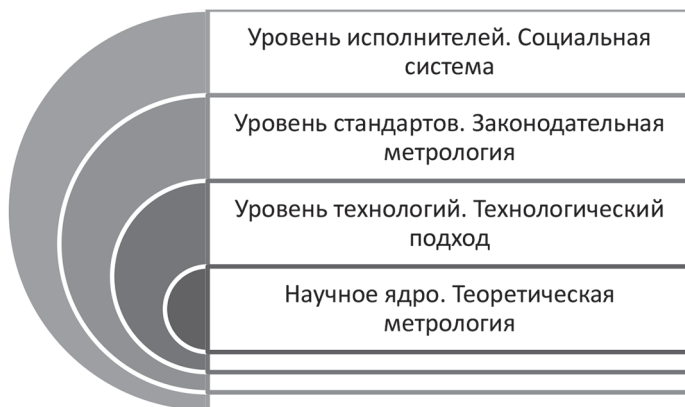
13

### **1.1.3. Концентрическая модель отраслевой метрологии**

На основании указанной выше многозначной структуры метрологии можно предложить следующую схематическую структуру ее частей (рис. 1.1.1) в виде концентрической модели.

В основе метрологии как единой системы лежит научное ядро, представляющее собой теорию измерений на основе статистической математики и теории вероятностей, теории погрешностей, общей теории эксперимента и т. д. Как было показано выше, этот уровень соответствует консервативной системе метрологии. Он практически не изменяется со временем и является единым для всех отраслей промышленности. Можно сказать, что это единый общий знаменатель<sup>2</sup> всех метрологических концепций и всех ветвей отраслевых метрологий.

<sup>2</sup> По меткому выражению одного современного философа свойство общего знаменателя в том, что он всегда наименьший...



*Рис. 1.1.1. Концентрическая модель современной метрологии*

14

Внешним уровнем над уровнем научного ядра является уровень технологических решений. Этот уровень соответствует адаптивной системе, которая подстраивается под текущее развитие научно-технического прогресса. В условиях НТР именно этот уровень постоянно модифицируется, чтобы обеспечить соответствие отраслевой метрологии вызовам текущего исторического момента. Для описания решений данного уровня необходим динамичный метод, который был разработан автором как технологический подход [5].

Внешним по отношению к научно-технологическому ядру является уровень стандартов, или законодательной метрологии. Собственно, стандарты должны обеспечивать юридическую значимость технических решений. Поэтому исторически сначала появляется комплекс решений, а потом возникает задача их легитимизации, т. е. превращения научно-исследовательских разработок в стандарты метрологии.

Самым внешним уровнем отраслевой метрологии выступает административная система, структура, исполняющая процедуры, описанные в стандартах.

В соответствии с концентрической моделью отраслевой метрологии (рис. 1.1.1) можно понять любые процессы преобразования метрологии как единой системы.

Самые мягкие преобразования, которые не затрагивают основ и фундаментальных принципов, — это изменения внешнего контура метрологии, реформирование административной структуры. Если в какой-то момент оказывается, что административная система метрологии недостаточно эффективно обеспечивает исполнение стандартов управления отраслью, возникает необходимость административного реформирования отраслевой метрологии. Например, возникновение НИИ метрологии в советский период может рассматриваться как такая реформа. В постсоветский период идут постоянные реформы процедур поверки и калибровки. В первую очередь такое реформирование осуществляется через систему лицензирования поверочной деятельности различных структур.

15

Чем глубже идут изменения в системе метрологии (рис. 1.1.1), тем большие последствия они провоцируют. Например, появление новых технологий, связанных с развитием отрасли, требует генерации новых стандартов, новые стандарты часто требуют изменения административной системы. В этой связи необходимо учитывать особенность современного развития телекоммуникаций — состояние трех последовательных НТР. В этой исторической обстановке технологический уровень модифицируется постоянно, требуя постоянной модификации уровня стандартов и реформирования административной системы. В результате на всем протяжении последних 20—30 лет наблюдается постоянное изменение отраслевой метрологии при статичности ее научного аппарата.



### 1.1.4. Особенности строения отраслевой метрологии в советский период

Полную структуру всех слоев, от первого до четвертого, отраслевой метрологии в советский период можно найти в монографиях [7, 8], и здесь нет смысла ее повторять. Отметим только некоторые характерные черты построения советской отраслевой метрологии систем связи.

1. Отраслевая метрология в советский период строилась по жестко централизованному принципу, соответствующему самой структуре командно-административной системы советской экономики.

2. Уровень научного ядра полностью соответствовал классической метрологии, отраслевая специфика практически не касалась этого слоя. Это определялось особенностью аналоговых систем связи.

3. Технологический уровень до появления цифровых систем в постсоветский период был стабильным. Ключевая особенность технологического уровня — его гибкость и адаптивность к изменениям техниче-

16

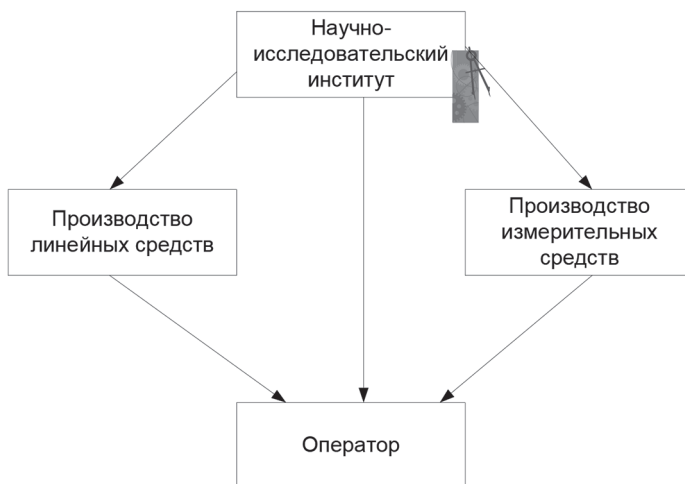


Рис. 1.1.2. Модель замкнутого хозяйства в советский период

ских решений — фактически не была востребована. Это дополнительно формировало стабилизацию отраслевой метрологии.

4. В отличие от научного ядра и технологического слоя административная структура модифицировалась в советский период регулярно. Именно этот слой обновлялся, развивался, реформировался, и это неизбежно приводило к росту роли бюрократии в развитии и структуре отраслевой метрологии.

Стабильность технологического слоя определялась замкнутой системой экономики СССР. Простой иллюстрацией этого тезиса с точки зрения измерительной техники в телекоммуникаций является схема на рис. 1.1.2.

Развитие измерительной техники шло в общих чертах следующим образом. Научно-исследовательский институт связи (НИИС, их было несколько в СССР) разрабатывал будущие инновации (тогда — перспективные разработки), которые, вообще говоря, могли не вписываться в международные стандарты (вспомним централизованную систему тарификации, АОН, сигнализацию 2ВСК, прозванную на Западе R1,5, потому что и не R1 и не R2 и многое другое). Затем по указанию и под руководством НИИС развертывалось производство линейного оборудования на заводах отрасли. Заводов было относительно немного, «зоопарк» технических средств не возникало. Зная специфику производственного процесса и всю подноготную производимого оборудования, НИИС давал указание на производство соответствующей измерительной техники, причем с учетом известной специфики производства линейного оборудования. Например, если известно было низкое качество генераторов, входящих в состав линейного оборудования, то в состав измерительного прибора резонно было включить частотомер для своевременной подстройки генератора и т. д. Затем линейное оборудование и измерительное оборудование по разнарядке в заранее установленных пропорциях передавались

оператору. НИИС при этом создавал инструкции по применению измерительного оборудования. Учитывая высокую однородность линейного оборудования на сетях связи и практически однотипность измерительных приборов, НИИС мог создавать инструкции по эксплуатации и применению измерительных приборов сколь угодно высокой детализации. Условно высокая детализация инструкции по применению прибора может быть проиллюстрирована следующим образом: «подключить шнуром (1) прибор в измерительное гнездо аппаратуры (2), повернуть на приборе ручку (3) на угол в 90 град, считать показания с индикатора (4), результаты занести в специальную таблицу (формуляр прилагается)».

Такая замкнутая система хозяйства работала, и работала успешно. Наилучшая степень оснащённости измерительными приборами, практически на уровне лучших международных практик, у операторов связи общего пользования имела место в аналоговых системах передачи, запущенных в эксплуатацию до 1982–83 гг., т. е. в эпоху расцвета советской экономики. В постперестроечный период уровень оснащения измерительными приборами, по официальной статистике «Связьинвеста» начала 2000-х, составлял 2,5–3% от востребованного количества, что может рассматриваться как техническая катастрофа, породившая целое поколение инженеров с низким уровнем метрологической и инженерной культуры.

Система замкнутого хозяйства имела свои особенности функционирования отраслевой метрологии, которые нужно учитывать:

- Творческий потенциал и потенциал развития метрологии в экономической системе СССР были целиком сосредоточены в структурах отраслевой науки.
- Высокая степень детализации отраслевых методик не развивала творческий потенциал инженеров.

- Существующая параллельно система рацпредложений предлагала участие в творческом процессе скорее как исключение, чем правило.
- Большая часть систем связи была отнесена (и справедливо по тем временам) к секретной или полусекретной деятельности, так что объективно взаимный обмен информацией между специалистами был также отнесен только к уровню работы НИИС, в научную среду.
- Замкнутая система хозяйствования не предполагала использование отраслевой метрологии как автономной силы, обеспечивающей развитие прогресса отрасли. Ей отводилась сугубо прикладная область обеспечения функционирования оборудования.

В результате нельзя сказать, что отраслевая метрология в советский период имела автономное и самостоятельное значение. Ее ценность как научной дисциплины была минимальна, а область функционирования ограничивалась бюрократическими процедурами поверки парка измерительных приборов прикладного значения.

При определенном взгляде на проблему отраслевая метрология в советский период может рассматриваться как зачаточное научное знание. Это определяется самим составом приборов. До первой научно-технической революции, т. е. до цифровизации сетей связи, метрологию систем связи в мировом масштабе нельзя считать до конца автономной научной системой. Как было показано выше, для измерений в этот период использовались измерительные приборы общего назначения. Специальные измерительные приборы, которые могли применяться только в телекоммуникациях, отсутствовали. И по этой причине отраслевая метрология советского периода может с точки зрения истории науки рассматриваться просто как бюрократическая ветвь индустриальной метрологии, не имеющая своей специфики.

### **1.1.5. Развитие отраслевой метрологии в постперестроечный период**

Постперестроечный период представляет собой очень противоречивый этап в истории отраслевой метрологии. В этот период первая научно-техническая революция в системах связи наложилась в нашей стране на социальную революцию. Две параллельные революции в один исторический период не могли не привести в отраслевую метрологию элементы хаоса и дестабилизации.

Первая НТР в системах связи была обусловлена цифровизацией. В мировой практике процесс цифровизации породил рынок измерительных приборов для телекоммуникаций — специализированных приборов, которые могли применяться только в отрасли телекоммуникаций и за ее пределами не имели смысла. К середине 90-х годов в мире насчитывалось более 100 (!) различных производителей измерительных приборов для телекоммуникаций, и с тех пор рынок измерительных приборов развивается с неизменной динамикой.

Отраслевая метрология телекоммуникаций во всем мире стала автономной дисциплиной, поскольку в ней появились метрологические знания специальной направленности. Значимость отраслевой метрологии существенно повысилась, что определяется самим характером цифровых телекоммуникаций и принципами их эксплуатации. Цифровая система любого применения качественно отличается от аналоговой системы. Ключевым отличием является сам принцип функционирования, связанный с бинарной логикой, передачей и обработкой информации в виде единиц и нулей. Цифровая система пронизана бинарной логикой и в своем поведении проявляет свойства дискретности. Как следствие, процессы деградации в цифровых системах носят дискретный и пороговый характер. Аналоговая система деградирует постепенно. Цифровые системы деградируют пороговым образом, вплоть до

смены бинарного состояния работает/не работает. В результате эксплуатация цифровых систем оказывается более сложным процессом и требует специальных инструментов эксплуатации. Так возникает рынок специализированных приборов.

**Пример 1.1.** Хорошим примером может служить разница в деградации работы автомобилей. Аналоговый автомобиль «Москвич» деградирует постепенно. Его мотор начинает шуметь, стучать, выхлопная труба выплевывает клубы черного дыма пополам с сажой, но он продолжает ехать, пусть и не столь быстро. По мере деградации автомобиль постепенно ухудшает свои показатели, «останавливается». Цифровая иномарка деградирует пороговым образом. Еще вчера она нормально ехала, не стучала. А сегодня при повороте ключа выясняется, что она «умерла». Случился пороговый эффект деградации. Цифровая система автомобиля до последнего вытягивает показатели качества. Но когда она не может вытянуть показатели качества, происходит пороговый эффект – система останавливает работу.

21

Соответственно для эксплуатации «Москвича» вполне можно обойтись обычным инструментом, тогда как обслуживание цифровой иномарки требует регулярного проведения технического обслуживания. Необходимо контролировать ряд параметров внутри системы автомобиля, чтобы указанный выше пороговый эффект не произошел. Это и есть фактор превентивных регламентных работ. В телекоммуникационных системах ситуация совершенно аналогична. Появление цифровых автомобилей привело к появлению специализированных инструментов диагностики двигателей на станциях технического обслуживания, а сами станции технического обслуживания (сервисные центры) существенно повысили свою значимость. Аналогично в телекоммуникациях на волне цифровизации поя-

вился рынок измерительной техники специального применения, а отраслевая метрология стала очень важной отраслью знания.

Во всем мире процесс изменения и роста отраслевой метрологии шел эволюционным путем, в России он произошел скачком, революционно. Причин здесь несколько:

1. После падения «железного занавеса» и ликвидации государственной монополии внешней торговли на российский рынок хлынула импортная техника цифровых систем связи, готовая к применению. Можно сказать, что цифровизация в России случилась в течение нескольких лет, причем на основе сугубо заимствованных решений.

2. Закрытая система хозяйства отрасли телекоммуникаций была фактически разрушена. Новая концепция регулирования и научного развития не родилась до сих пор (об этом ниже).

3. Ориентированная на замкнутую советскую систему хозяйства, отраслевая метрология оказалась не готовой к коренной перестройке.

22

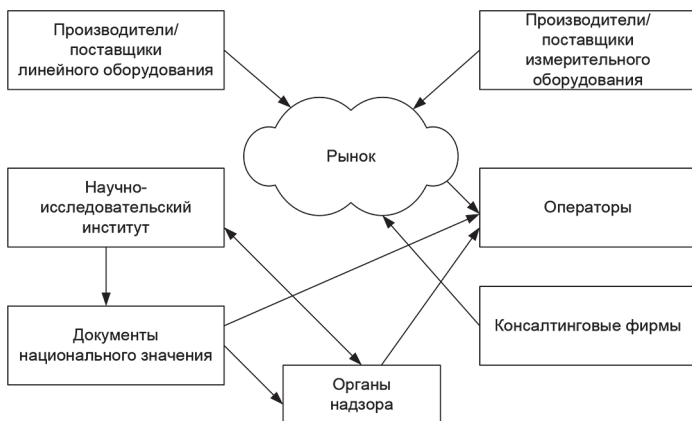


Рис. 1.1.3. Модель отраслевой метрологии в условиях рыночной экономики

4. Все это совпало с периодом упадка отраслевой науки, когда НИИС и другие институты не имели бюджетов даже на закупку периодической литературы. Этим обусловлен факт отсутствия на начальном этапе первой НТР каких-либо знаний о работе цифровых систем связи. Как следствие, отраслевая метрология не могла в короткие сроки сформировать себя как науку.

Историческая и социальная революция в постперестроечный период была связана с принятием либеральных ценностей и со слепой верой в саморегулируемый рынок в условиях капитализма.

Модель отраслевой метрологии (рис. 1.1.2) была заменена теоретически на модель (рис. 1.1.3), которая соответствует идеальной модели отраслевой метрологии в условиях либерально-капиталистического рынка. Забегая вперед, следует указать, что представленная схема представляет собой именно модель построения метрологии. Опыт исторического развития показал, что указанная модель в России не состоялась и, скорее всего, имеет ряд принципиальных противоречий, делающих ее невозможной.

23

Модель открытого рыночного хозяйства, представленная на рис. 1.1.3, представляет собой более сложную структуру, чем схема на рис. 1.1.2. В центре этой модели должен стоять сам рынок технологий как место, где одни продают технические решения, услуги и пр., а другие покупают. В системе либерально-демократических ценностей априори предполагается, что рынок имеет свойство саморегулирования за счет факторов конкуренции и естественного отбора технологий. Это свойство считается изначально присущим рынку.

Модель на рис. 1.1.3 предлагает следующие принципы построения метрологии.

Предполагается, что в системе отсутствует государственный заказ, поскольку вся система связи приватизирована и является совокупностью частных опе-



раторов связи (поставщики услуг) и коммерческих потребителей услуг. Государственного заказа нет ни для производителей линейной техники телекоммуникаций, ни для производителей измерительной техники. Более того, предполагаются условия открытого рынка, т. е. оборудование может быть не только отечественного, но и импортного производства. В указанных выше исторических обстоятельствах импортное оборудование будет доминировать на открытом рынке. Для современного состояния нашей страны это означает до 60% и более импортных технологий в части линейных средств и более 70–90% — в части измерительной техники. Продавцы (кем бы они себя ни называли — производителями, спекулянтами, системными интеграторами, дистрибьюторами и пр.) выходят на рынок технических решений, представляя их определенным рыночным способом (реклама, маркетинг, пиар, выставки и пр.). Операторы, выступающие в данном случае покупателями, приобретают эти технические решения в меру сил, возможностей, задач и эрудиции. Когда оператор не знает, что и как ему использовать, он обращается в консалтинговую фирму, которая аккумулирует в себе весь опыт отрасли по каким-либо направлениям и имеет **моральное право советовать оператору** то или иное решение. Советы консалтинговых фирм помогают оператору быть «на плаву», т. е. чувствовать все новые тенденции в области связи, знать все новости, оценивать уровень проблемности тех или иных решений и пр. Это дает значительную экономию, но самое главное — позволяет не тратить лишних усилий на то, чтобы самим отслеживать развитие рынка телекоммуникаций, его тенденций и пр. Консалтинговые фирмы, как правило, — это специалисты с именем, которые на всем рынке известны как профессионалы, доказавшие свое звание делом. Консалтинговые решения также представлены на рынке и могут быть доступны.

Все перечисленное представляет собой **рыночную компоненту**. Есть еще и **государственная компонента**. В обстановке перехода к глобальному информационному обществу (эта стратегия определяет современную НТР), телекоммуникации и информация становятся стратегическим ресурсом, который подлежит обязательному контролю государства. Контроль обусловлен особенностью отрасли: связь — это специфичная отрасль человеческой деятельности, которая требует координации усилий всех компаний на рынке. Чтобы связывать людей, нужно по крайней мере самим договориться между собой о стандартах. Для этой цели в качестве третьей стороны лучше всего подходит государство. Государственная компонента в приведенной модели — это те же самые НИИС, но только в новой роли. Теперь они должны генерировать документы характера национальных стандартов, которые позволят в условиях рыночной экономики создать национальные сети без каких-либо проблем взаимодействия разных частей и участников рынка. Стандарт — это набор минимальных правил, обеспечивающих непротиворечивое функционирование элементов сетей. Операторы **должны** в своей деятельности руководствоваться стандартами и **полностью им соответствовать**. Иначе погибнет основная идея телекоммуникаций — связывать людей. Государство должно следить за выполнением стандартов (и только за этим!). Для этой цели используются надзорные государственные организации (например, Роскомнадзор, ГКРЧ и т. п.).

25

Очень важно понимать различия между обязательными и рекомендательными стандартами и нормами. Стандарты, разрабатываемые НИИС, носят **обязательный** характер. Они должны касаться только самых общих норм, которые чаще всего могут быть отнесены к тем или иным нормам качества. В то же время все прочие параметры сетей, а также сама активность оператора, направленная на то, чтобы его

сеть соответствовала нормам качества, являются дополнительными и относятся к сфере деятельности консалтинговых фирм. Сами нормативы этого типа носят рекомендательный характер. Говоря кратко, НИИС должен разрабатывать нормативы качества на различные подсистемы связи, которые гарантировали бы сопрягаемость сетей и защищали потребителя. Оператор обязан соответствовать этим нормам. То, каким образом он поддерживает это соответствие на своей сети, — это его внутреннее дело, в случае необходимости оператор может обратиться за советом в консалтинговую компанию. Структуры надзора также должны заниматься только вопросами, связанными с контролем качества и соответствия стандартам, и ни в коем случае не вмешиваться во внутренние дела оператора.

Стабильность работы рыночной системы требует очень важного разделения — государственная и рыночная компоненты не должны быть тесно связаны. НИИС не может быть участником рынка, как и консалтинговые компании не имеют права разрабатывать стандарты. При нарушении этого правила неизбежна коррупция или лоббирование частных интересов во вред интересам государства.

Второе важное отличие двух компонентов модели — это их различие в плане динамики. Рынок всегда «дышит», динамично меняется, оборудование и технические решения обновляются ежегодно и даже более оперативно. За счет этого достигается высокая устойчивость самой системы к внешней динамике научно-технической революции. В то же время стандарты национального уровня должны быть стабильны, неизменны и основательны. Принятые один раз, они не должны меняться в течение десятилетий и более. Это — гарант стабильности работы системы связи в целом.

Возвращаясь к системе метрологии, можно указать, что в ней будут присутствовать два уровня практических знаний:

- законодательная метрология (уровень стандартов), связанная с регулированием и стандартизацией, в условиях рыночной экономики должна быть ограничена сферой нормирования показателей качества;
- практическая метрология (уровень технологических решений), представляет собой совокупность инженерных решений, присутствующих на рынке. Эту совокупность решений можно обозначить как измерительную технологию. Измерительная технология включает в себя технические решения по измерению показателей качества, используемые в законодательной метрологии. Но в целом объем измерительных технологий существенно шире, чем простое нормирование показателей качества.

В российской технической истории имелся ряд перегибов, связанных с непониманием указанного дуализма отраслевой метрологии. В практике России методики законодательной метрологии носили характер стандартов или приказов по отрасли (например, Приказ №92 определял нормы на показатели качества каналов и трактов первичной сети связи). Измерительные технологии находили свое отражение в форме руководящих технических материалов (РТМ), руководящих документов (РД), инструкций по настройке/подключению или монографий, где описывались новые методы диагностики [2–5, 7, 8]. В то же время иногда имели место случаи включения измерительных технологий в национальные стандарты (например, включение обязательных измерений показателя алгоритмического джиттера в Приказ №92 нанесло существенный вред развитию практической метрологии SDH). Имели место легализация корпоративных РТМ в качестве национального стандарта или «стандарта де факто» (например, инструкция по измерениям в системах SDH компании «Ростелеком» считалась стандартом де факто). Такие перегибы наносят вред

принципам построения отраслевой метрологии и часто имеют негативные коммерческие и политические последствия.

Рыночная модель (рис. 1.1.3) является значительным упрощением, но в целом отражает тот идеал, к которому стремились архитекторы отрасли в постперестроечный период.

Переход от замкнутой системы хозяйства с моделью на рис. 1.1.2 к открытой либерально-демократической модели (рис. 1.1.3) не мог по определению быть гладким. Построение либерально-демократической модели (рис. 1.1.3) возможно в ходе долгого, в несколько поколений профессионалов, развития демократического общества. В России была предпринята попытка скачкообразного перехода — и она не могла закончиться удачно. В результате в построении отраслевой метрологии были допущены следующие ошибки.

28

- В отсутствие научной информации в начале постперестроечного периода НИИС и научные центры, отвечающие за развитие отраслевой метрологии, не смогли сформировать вовремя принципы построения науки в рыночной экономике.
- Как следствие, единственным носителем знаний по отраслевой метрологии в течение 5–10 лет перестройки являлись сотрудники иностранных компаний — производителей телекоммуникационных приборов. Это внесло определенную направленность метрологических знаний: они были взяты либо из практических инструкций к приборам, либо из маркетинговых и учебных материалов. Научного и системного осмысления знаний в отраслевой метрологии не возникло до 2005–2007 гг.
- Несмотря на высокую значимость отраслевой метрологии и сравнительно большой объем бюджетов на измерительные приборы, Рос-

сия не смогла создать собственную школу отраслевой метрологии, адаптированную к требованиям НТР.

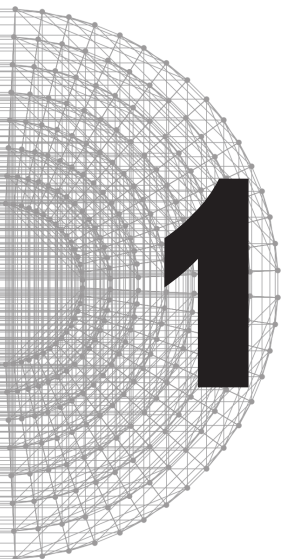
- Скванные бюрократическими традициями, НИИС и институты метрологии заняли консервативную позицию поддержания традиционных для советского периода процедур метрологического обеспечения и соблюдения метрологической вертикали. Фактически в концентрической модели (рис. 1.1.1) эти структуры занимались реформированием административного слоя и сохранением научного ядра. Даже уровень стандартов развивался не самостоятельно, а путем заимствования (упомянутый выше Приказ №92 был по сути переводом стандартов IТУ-T G.826/G.821/M.2100).
- В отсутствие научно-практической школы отраслевой метрологии развитие разработки и производства российской измерительной техники было приостановлено и в настоящее время поддерживается несколькими компаниями на принципах энтузиазма.

29

Подводя итог вышесказанному, можно сказать, что к моменту третьей НТР (начиная с 2006—2007 гг.) отраслевая метрология пришла в состояние перехода от старой модели построения (рис. 1.1.2) к новой модели (рис. 1.1.3). В настоящее время в ней присутствуют элементы советской системы метрологии и рыночной модели. Главным фактором, сдерживающим современное развитие отраслевой метрологии, оказалась высокая степень бюрократизации, как наследия советской административно-командной системы. Именно бюрократизация метрологии не позволила развивать научную школу. В результате возникло главное противоречие современной отраслевой метрологии: измерительные процедуры оказались оторваны от метрологии, а сама метрология начала самоустраняться от наиболее развивающихся сегментов телекоммуни-

каций. В результате область традиционной метрологии стремительно сузилась, что и стало отражением системного кризиса отраслевой метрологии в настоящее время. В то же время рынок измерительной техники развивался автономно и формировал различные решения технологического слоя: вначале полностью заимствованные из мировой практики, а в последнее время — собственные, производимые промышленностью нашей страны.

Ниже мы поставим задачу поиска вариантов преодоления системного кризиса отраслевой метрологии и пути возрождения ее в качестве научного знания.



## 2. Особенности технологического слоя современной метрологии

### 1.2.1. Технология. Современное технологическое развитие

Ключевыми недостатками отраслевой метрологии, приведшими ее к системному кризису, являются статичность и высокий уровень бюрократизации, возникшей в результате исторического развития в XX в. Как было показано в предыдущем разделе, при всей логичности концентрической модели метрологии (рис. 1.1), в метрологии советского периода наблюдался существенный дисбаланс между слоями. Ключевыми источниками диспропорции являются слабая развитость технологического слоя и перенасыщенность законодательной метрологии и административного слоя. В результате отраслевая метрология оказалась избыточно статичной при условии внешней НТР, требовавшей высокой динамики. Все это и обусловило глубокий научно-технический кризис.



Технологический слой отраслевой метрологии играет роль динамичной компоненты, которая подстраивается под требования конкретного исторического момента. Ключевым понятием для исследования технологического слоя является понятие технологии.

Политехнические словари дают различные определения самому понятию технологии. В общем случае **технологией** можно обозначить совокупность технических средств, методов (навыков) их использования или, иными словами, набор технических решений. В таком определении, в зависимости от того, насколько одни технические решения будут лучше других, можно говорить о сравнительной эффективности разных технологий, уровень знаний о технических решениях будет отражать уровень знаний о технологии и т. д.

Следует отметить, что специфика современной НТР состоит в том, что это — **технологическая революция**. Понятие технологии выходит на первый план и требует нового подхода к анализу и описанию явлений, связанных с развитием современных средств связи и, соответственно, измерений. Применительно к описанию методов измерений в современных сетях

32

**Измерительная технология, или технология измерений, в дальнейшем будет означать совокупность методов, подходов к организации измерений и интерпретации результатов, конкретных методик, а также измерительных средств (приборов и средств контроля), необходимую для качественного обслуживания соответствующего направления развития технологии средств связи.**

связи этот подход означает введение нового ключевого определения — **измерительной технологии** — для описания и классификации методов измерений.

Как видно из определения, измерительная технология тесно связана с соответствующей технологией телекоммуникаций, например, развитие технологии ADSL связано с измерительной технологией ADSL и т. д.

До периода начала XXI в. измерительная технология являлась новым понятием в отраслевой метрологии, и даже в наше время это понятие не принято многими специалистами. Введение этого понятия имеет несколько причин, но главной выступает сам технологический характер современной НТР, характерной чертой которого является скорость смены технологий, настолько высокая, что она не позволяет большей части связанного сообщества своевременно осознать все новые нюансы технологии в полной мере. Действительно, понимание специалистами в области связи современных технологий телекоммуникаций значительно отстает от развития самих технологий. Отставание проявляется в отсутствии учебно-справочных материалов, малом количестве профессионалов в технологии, пока невысоком уровне статей в научно-технической прессе. Необходимо отметить, что такое отставание не является сугубо характерным для нашей страны, оно отмечается даже в самых развитых в области телекоммуникаций странах. Временные рамки существования и смены технологий на рынке уменьшаются, в результате становится невозможным рассматривать методологию измерений как стационарный процесс, необходимо **включить фактор времени** в рассмотрение и сделать шаг к динамичному описанию тех процессов, которые идут в отраслевой метрологии. Таким образом, появляется необходимость исследовать не просто технологию измерений, но также динамику ее развития на рынке.

Вторая причина в том, что современное развитие измерительной техники идет по пути высокой специализации. Развитие современной измерительной техники для телекоммуникаций привело к появлению на волне первой НТР рынка специализированной техники, предназначенной для обслуживания и эксплуатации систем связи. В результате смены технологий рынок специальной измерительной техники изменялся очень динамично, возникает задача ее классификации, решить которую без технологического подхода невозможно.

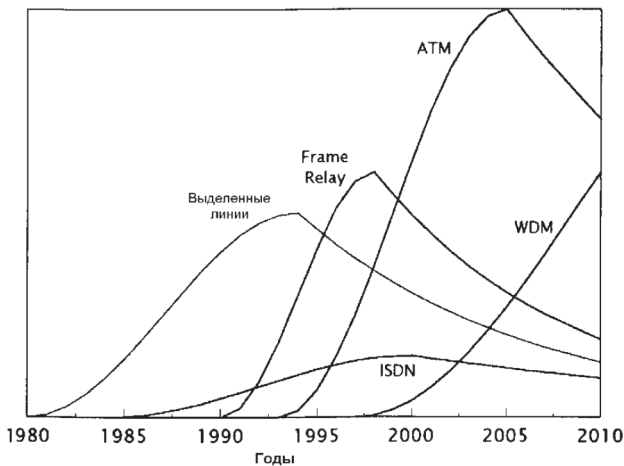
На основании всего перечисленного выше, технологический подход к описанию эксплуатационных измерений на сетях связи является оправданным и по праву занимает свое место в современной модели отраслевой метрологии.

Технологический подход был впервые внедрен автором в работе [5] и с тех пор неизменно развивался [2, 5]. Ниже приведем основные выводы, которые были сделаны в указанных работах.

### **1.2.2. Волновая теория развития технологий**

Эволюцию технологий, в том числе и технологии телекоммуникаций, можно представить в виде волн. «Волновая» теория развития технологии наиболее полно отображает процессы смены технологиями друг друга и подтверждена на практике развитием технологий последних десятилетий. Суть концепции «волновой» теории проста: любая технология постепенно приходит на рынок, достигает своего максимального распространения и затем уходит с рынка. Такое понимание технологии является органичным, поскольку учитывает присутствие в технологии социальной компоненты. Наличие социальной составляющей обычно приводит к подобным «волнам» разного уровня. Примером теорий, которые широко используют органическую волновую картину динамики, может служить историческая теория этногенеза, где социальная си-

стема присутствует в виде целого народа. Применительно к эволюции развития систем связи ряд зарубежных источников предлагает различные прогнозы развития на ближайшее будущее. В качестве примера на рис. 1.4 показана эволюция концепций построения сетей передачи данных применительно к рынку США. При желании аналогичные «срезы» эволюции технологий могут быть сформулированы для концепций создания первичной сети, построения сети телефонии, концепций систем сигнализации и т. д.



*Рис. 1.4. «Волны» развития технологии передачи данных (обзор 1999 г.)*

Согласно «волновой» теории развития, различные технологии могут успешно сосуществовать в течение достаточно большого интервала времени. Смена одной технологии другой определяется новыми задачами, встающими перед связным сообществом. Скорость появления и внедрения новой технологии определяется актуальностью новых задач. Например, основными движущими силами внедрения технологии пакетной коммутации являются развитие персональных компьютеров и необходимость создания сетей

передачи данных. Развитие технологии ATM стимулировалось постепенным переходом от узкополосной ISDN к широкополосной ISDN и необходимостью решения задач интеграции широкополосных услуг (например, интерактивного телевидения), цифровой телефонной сети и т. д. Унификация требований к широкополосным услугам и необходимость создания универсального транспорта привели к появлению технологии Ethernet/IP, которая в течение нескольких лет вытеснила технологию ATM и т. д.

Причиной смены технологий обычно является лучшая экономическая конкурентоспособность новых технических решений по сравнению с устаревшими. В условиях рыночных отношений экономический фактор в конечном итоге является решающим. «Волновая» теория развития технологий дает первое приближение к пониманию динамики технологического развития. Чтобы понять процессы смены одной волны другой, необходимо проанализировать социально-технические изменения, которые несет с собой волна на различных этапах развития технологии, и тем самым перейти к более детальному исследованию динамики.

В качестве иллюстрации динамики сопутствующих процессов на рис. 1.5 представлена динамика развития во времени технологии на рынке и соответствующее поведение ряда важных параметров, сопровождающих этот процесс. Эти параметры определяют возможность использования технологии в рыночных условиях и ее конкурентоспособность на разных этапах. К ключевым показателям относятся параметры стоимости технических решений, средний уровень знаний связанного сообщества о технологии, а также надежность технических решений.

Как видно из графиков, представленных на рис. 1.5, в начале развития технологии **стоимость технических решений** чрезвычайно высока. Здесь участвует не только стоимость нового высокотехнологичного оборудования, но и затраты, необходимые для проведения необходи-

мых доработок (по закону Мерфи, устройство скорее всего сразу не заработает), проведения «полевых» испытаний нового технического решения, разработки сопряжения с существующей сетью и пр. Поэтому на ранних стадиях стоимость внедрения технологии крайне высока. Затем, по мере накопления опыта внедрения технологии и решения вопросов внутренней и внешней интеграции устройств, стоимость начинает падать и доходит до оптимального стабилизированного уровня. После того как технология становится устаревшей и постепенно начинает уходить с рынка, стоимость технических решений увеличивается. Само оборудование дорожает до уровня антиквариата. С рынка исчезают запасные части и компоненты устройств, что значительно увеличивает стоимость эксплуатации технических решений.

**Средний уровень знаний** связанного сообщества включает в себя как знания пользователей (заказчиков) оборудования, так и знания поставщиков. Поставщики получают новые знания о технологии первыми, но и это требует определенного времени. В начале развития технологии на рынке знаний о ней практически нет. Существенно, что начало графика стоимости опережает начало графика уровня знаний: сперва технология приходит на рынок, а уже потом появляются реальные практические знания о ней. По мере накопления опыта, появления литературы, написанной профессионалами, уровень знаний о технологии увеличивается, достигая

37

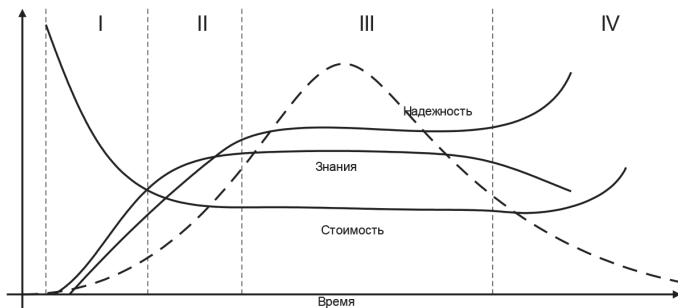


Рис. 1.5. Динамика развития технологии на рынке

необходимого максимума. Затем происходит снижение уровня знаний о технологии, когда она становится устаревшей. Это связано с тем, что часть специалистов по технологии переквалифицируются, а другие уходят на пенсию. В конце концов технология становится достоянием политехнических музеев, где практические знания о ней хранят только историки.

Интересна закономерность развития **надежности технических решений** с использованием новой технологии. График надежности технических решений отстает от графиков стоимости и уровня знаний. Новая технология в руках неквалифицированных пользователей не может быть основой надежной работы системы связи. По мере развития самой технологии и стабилизации опыта ее использования надежность технических решений повышается, достигая стабилизации. Дальнейшее повышение надежности в период старения технологии связано с известным статистическим процессом «приработки»: что сломалось, то уже сломалось, а что работает, то и будет продолжать работать даже при отсутствии запасных частей.

38

Помимо объективных тенденций, связанных с развитием технологии на рынке, на него оказывают существенное влияние социально-психологические процессы, идущие в связанном сообществе. Новая технология представляет собой сумму новых знаний, которые должны быть восприняты и внедрены связным сообществом, специалистами, операторами, поставщиками и заказчиками. Процесс принятия новых знаний является социально-психологическим процессом и требует отдельного рассмотрения. Зная процессы, сопровождающие развитие технологии, можно условно разделить ее «жизненный цикл» на четыре периода развития технологии:

1. Инновационное (лабораторное) развитие технологии.

2. Период опытных внедрений.

3. Штатное внедрение.

4. Моральное устаревание и уход с рынка.

В соответствии с указанными этапами можно выделить механику движения «волны» во времени. В особенности необходимо обратить внимание на средства массовой информации (СМИ): на этапе развития молодых технологий именно СМИ являются носителями технических знаний и дискуссионной площадкой обсуждения технологии.

### **Этап I. Инновационное и лабораторное развитие**

Этот этап характеризуется процессом становления технологии на рынке. Новые решения только появились на рынке. Они очень дороги. Ни потенциальные заказчики, ни поставщики оборудования в полной мере не представляют всех нюансов и обучаются в процессе работы над пилотными внедрениями. Первые решения работают нестабильно и требуют доработки в «полевых» условиях. Единственный актив состоит в том, что они обещают в будущем существенные преимущества. Основывать свои технические решения на новой технологии этого этапа развития — значит ставить на заведомо неконкурентоспособное решение, дорогое, непонятное и ненадежное. Позволить такое себе могут только крупные операторы в опытных зонах внедрения. Небольшие операторы, поставив на новую технологию, рискуют обанкротиться. Внедрение технологии на этом этапе ее развития представляет собой благотворительный взнос ради будущего технологии связи. Есть существенный риск, что закупленное оборудование, будучи новым и опытным, не даст возможности в будущем пользоваться всеми преимуществами новой технологии.

Рассмотрим теперь социально-психологические факторы понимания технологии связным сообществом. Этап характеризуется становлением техноло-