

ВЛИЯНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА НА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Давыдов Г.Б.

(Москва)

Рассматриваются состояние отрасли электросвязи, задачи, которые она должна решать при информатизации общества, основные направления научно-технического развития телекоммуникационной сети страны, пути повышения ее эффективности.

Являясь одним из важнейших компонентов инфраструктуры, телекоммуникационная система (ТС)* страны обеспечивает передачу и распределение информационных потоков, необходимых для нормального функционирования производственных процессов всех звеньев народного хозяйства, развития культуры, образования, здравоохранения, торговли, средств массовой информации и др. Она оказывает существенное влияние на рост благосостояния народа, темпы роста экономики, производительность труда, укрепление обороноспособности. Особое значение эта система приобретает в условиях рынка.

Задача информатизации общества требует, чтобы отрасль связи обеспечила следующее.

1. Возможность для человека из любой точки страны связаться с любым другим человеком, обращаться к хранящимся в электронных банках данным, к ЭВМ коллективного пользования, осуществлять другие процедуры, требующие информационного обслуживания.

2. Обмен информацией между разными территориально разобщенными ЭВМ для коллективной работы и других действий.

3. Дистанционное управление различными технологическими процессами в народном хозяйстве и для нужд населения.

4. Широкую техническую базу средств массовой информации (телевидения и радиовещания) для распространения десятков телевизионных и звуковых программ.

В целях реализации первой задачи надо исходить из того, что не потребитель территориально вынужден приспосабливаться к сети, а она должна быть настолько разветвлена, чтобы в любой точке, где возможно расположение источников и приемников информации, сеть стала бы доступной этим средствам. В настоящее время такой концепции удовлетворяет только телефонная сеть***, включающая свыше 80% всех технических средств электросвязи.

Осуществлению второй и третьей задач могут послужить как телефонная сеть, так и (при недостаточной пропускной способности ее каналов) специальные каналы и сети, основанные на той же технической базе, на которой построена и телефонная. Для создания широких средств массовой информации (четвертая задача) должны

*Телекоммуникационная система включает в себя все сети электросвязи, обеспечивающие передачу с помощью электрических сигналов телефонных разговоров, телеграмм, факсимильных телеграмм, данных ЭВМ, программ телевидения, радиовещания и других видов информации.

**Дополненная радиосетями для связи с подвижными абонентами она в будущем позволит каждому человеку иметь личный телефон.

быть развиты сети телевидения и радиовещания, охватывающие всю территорию страны своими программами, кабельное телевидение и качественно новый вид телевидения (телевидение высокой четкости (ТВЧ)).

Отрасль связи характеризуется тем, что ее функция — "транспортировка информации" — на 95% создает дополнительные доходы отраслям народного хозяйства и населению, пользующимся ее услугами [1]. Только 5% из них составляют непосредственно доходы связи. Но и эта величина весьма значительна. Так, например, в США только в развитие телефонной связи ежегодно вкладывается 20–22 млрд. долл., а получаемый ежегодный доход определяется 50–60 млрд. долл. [2].

По расчетам Международного союза электросвязи (МСЭ) на развитие электросвязи, главным образом в телефонную сеть, в мире в среднем затрачивается от 2 до 3% общих объемов капитальных вложений (или 0,5% национального дохода), что на коммерческих предприятиях дает экономию 4%, а индивидуальным пользователям — 1 амер. долл. на каждый телефонный разговор, плюс не поддающиеся количественному учету различные социальные выгоды [3].

При определении размера инвестиций на развитие ТС нашей страны до сих пор использовался остаточный принцип, характерный, как известно, для всех отраслей инфраструктуры. В то же время во всех цивилизованных странах, несмотря на уже достигнутый высокий уровень развития связи, темп роста ее сетей превышает темп роста валового национального продукта (ВНП) в 1,3–1,4 раза [4].

Сложившаяся в нашей стране систематическая недооценка отрасли связи (вложения в нее менее 0,2% национального дохода) привела к потерям в народном хозяйстве, исчисляемым многими миллиардами рублей ежегодно.

Телефонная сеть, являясь важнейшим компонентом телекоммуникационной системы, передает основную массу (свыше 80%) информационных потоков. Учитывая это, а также большой удельный вес капитальных вложений в ее развитие в их общей сумме на все виды связи, в настоящее время для любой страны основным показателем состояния телекоммуникационной сети является телефонная плотность (ТП) — количество основных телефонов* на 100 жителей. По этому показателю мы далеко отстали не только от развитых, но и от многих развивающихся стран: из [2, 5] следует, что мы находимся на 27-м месте среди государств, имеющих более 0,5 млн. телефонов.

Наглядная картина нашего отставания показана на рис. 1, где к динамике роста ТП США, ФРГ (Германии) и Франции за 100 лет [6] добавлена характеристика для нашей страны. Кроме того, на этом рисунке показана теоретически рассчитанная логистическая кривая, типичная для процессов внедрения новой техники.

Еще в 1962 г. акад. А.А. Харкевич выдвинул гипотезу, что при уровне развития связи, соответствующему экономическому потенциалу страны, возрастание информационных потоков должно быть пропорционально квадрату роста этого потенциала [7]. Изучение динамики роста информационных потоков ряда стран показывает, что примерно половина их прироста вызвана увеличением числа источников информации (в случае телефонной сети — ростом ТП), а другая — повышением количества приемников информации, доступных каждому источнику.

Эта закономерность в определенной мере подтверждается исследованиями, например [8], в результате которых установлена зависимость ТП как функции душевого ВНП (ДВНП), определяемая выражением

$$\lg (ТП) = a \lg (ДВНП) + b, \quad (1)$$

где a , b — коэффициенты линейной регрессии, используемые при интерполяции дискретных значений исходных данных. Поскольку душевой ВНП зависит от времени, то, зная его динамику, можно построить временную характеристику изменения ТП. В статистическом анализе фирмы Сименс [5] такой показатель был получен, но в другой

*Принятое в мире понятие "основные телефоны" характеризует в отличие от общего количества телефонов только те, которые имеют *собственный* номер на общенациональной сети телефонной связи.

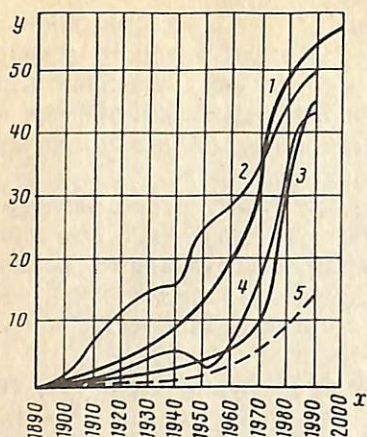


Рис. 1

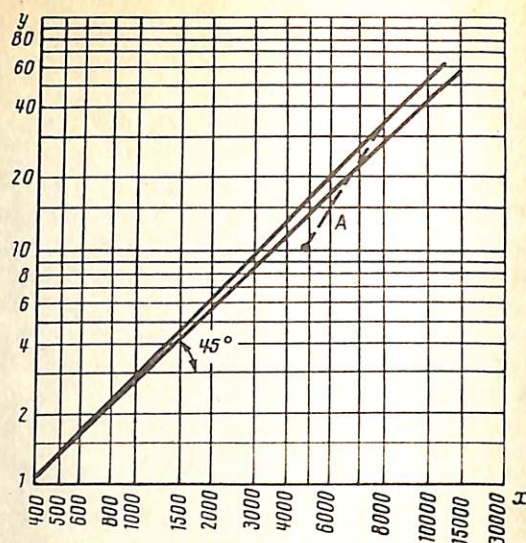


Рис. 2

Рис. 1. Развитие телефонной связи за 100 лет: 1 — теоретическая кривая; 2 — США; 3 — Франция; 4 — Германия; 5 — СССР; x — годы; y — телефонная плотность

Рис. 2. Зависимость телефонной плотности от душевого ВВП: x — душевой ВВП, амер. долл.; y — телефонная плотность; А — СССР (пересчет рублей в доллары — см. [9])

системе координат вместо "время — телефонная плотность" выбрано "ДВВП разных стран — телефонная плотность этих стран". Усредненная характеристика рассчитана из данных о ТП 42 стран по основным телефонам в 1986 г. (рис. 2). Ее можно использовать и для определения ТП, соответствующей экономическому потенциалу нашей страны. Задавая значение прогнозируемого душевого ВВП на конкретный год и считая, что к этому времени надо вывести связь на уровень имеющихся потребностей, из рис. 2 можно установить необходимый темп роста ТП. Для такого случая на рисунке пунктиром показана траектория роста ТП для ДВВП СССР, удвоенного по сравнению с базовым (1986) годом.

Указанные закономерности могут применяться при прогнозировании общих темпов развития у нас электросвязи. Для этого, опираясь на такие исходные данные, как ожидаемый темп роста ВВП и предполагаемый срок, к которому мы хотели бы выйти на уровень развития связи страны, соответствующий нашему экономическому потенциалу, можно рассчитать потребные капитальные вложения. Естественно, что должны быть оценены и источники, за счет которых эти вложения могут быть получены. В условиях рыночных отношений это в первую очередь доходы самой отрасли, возможное удешевление техники связи и др.

Анализ всех таких факторов, которые во многом отражают характер и темпы развития НТП, требует ряда системных исследований, призванных помочь выбрать оптимальные пути развития связи с тем, чтобы в возможно короткие сроки и при минимальных затратах преодолеть сложившееся отставание.

Учитывая, что в настоящее время единой комплексной работы в этом направлении не ведется, целесообразно оценить некоторые тенденции, которые должны быть в ней изучены. Не вдаваясь в детали, отметим лишь отдельные особенности развития ТС. Начнем с того, что ТС весьма капиталоемка. Ее развитие до уровня, удовлетворяющего потребности народного хозяйства и населения в передаче и распределении различных информационных сообщений, потребует больших капитальных вложений. Мировые прогнозы развития рынка электросвязи [10] (рис. 3) показывают, что к 2000 г. он может достигнуть значений, лежащих на уровне, близком 1 трлн. долл. По расчетам прогнозной фирмы Артур де Литтл [11], средняя стоимость основного теле-

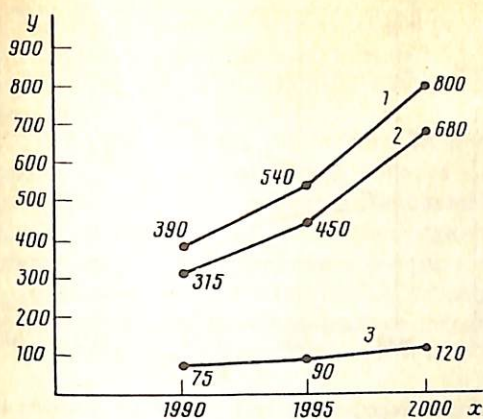


Рис. 3

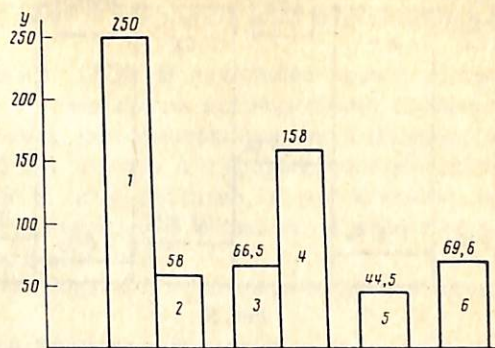


Рис. 4

Рис. 3. Прогноз роста мирового рынка оборудования и услуг связи (без стран бывшего социалистического лагеря): x — годы; y — млрд. амер. долл.; 1 — всего; 2 — услуги связи; 3 — оборудование связи

Рис. 4. Мировой рынок оборудования и услуг связи, средств вычислительной техники, микроэлектронных компонентов и бытовой электроники (1986 г.): 1–2 — связь (1 — услуги, 2 — оборудование); 3–4 — средства вычислительной техники (3 — услуги, 4 — оборудование); 5 — микроэлектронные компоненты; 6 — бытовая электроника, y — млрд. амер. долл.

фонного аппарата (ОТА) в мире составляет примерно 2,5 тыс. амер. долл. (сюда входит все оборудование от аппарата до аппарата, включая дальнюю связь, коммутацию и другие устройства). В нашей стране (по ценам 1990 г.) эта сумма составляла 800–1000 руб. Рассмотренный пример роста ТП при удвоении ДВНП потребует создания в стране дополнительно еще 40 млн. основных телефонов. Для этого, учитывая, что на телефонную сеть необходимо примерно 80% капитальных вложений, предназначенных для всей ТС и, кроме того, на развитие промышленности, создающей технические средства, ориентировочно понадобится еще 20–25% ее стоимости, общие затраты на решение задачи увеличения ТП составят примерно 48–52 млрд. руб. (в ценах 1990 г.).

Следующее, на чем хотелось бы акцентировать внимание, — отрасль связи является весьма прибыльной. Ее собственные доходы в мире оцениваются довольно высоко, даже без учета народнохозяйственной и социальной эффективности. На рис. 4 показаны сравнительные мировые данные по рынку средств и услуг связи, средств вычислительной (СВТ) и другой электронной техники по состоянию на 1986 г. [12]. Из рис. 4 следует, что инвестиции в электросвязь, составляя чуть больше трети вложений в СВТ, дают доход от услуг связи почти в 4 раза больший, чем доходы от услуг СВТ.

Рассмотрим теперь более детально некоторые тенденции, которые нужно использовать для уменьшения расходов на развитие сети электросвязи и увеличения доходов от нее. Основная возможность реализации этих тенденций лежит в интенсификации развития НТП и перевооружения сети по мере ее роста на базе новейшей техники. И здесь факторы правильного выбора путей внедрения ее на сети, учитывающие как существующую сеть, так и перспективу ее будущего состояния, имеют решающее значение. Важнейшие направления НТП в ТС характеризуются следующими глобальными тенденциями.

1. **Ц и ф р о в и з а ц и я** сети, в результате которой любые информационные сигналы транспортируются через ТС, передаются и распределяются по адресам назначения, только в форме кодовых комбинаций стандартных импульсов (битов). Эти сигналы звуков, изображений (неподвижных и движущихся), данные, обрабатываемые ЭВМ, и т.п. преобразуются в биты и возвращаются к исходному виду в терминалах, находящихся в пользовании потребителя.

2. **Э л е к т р о н и з а ц и я** сети, в результате которой все технические средства ТС

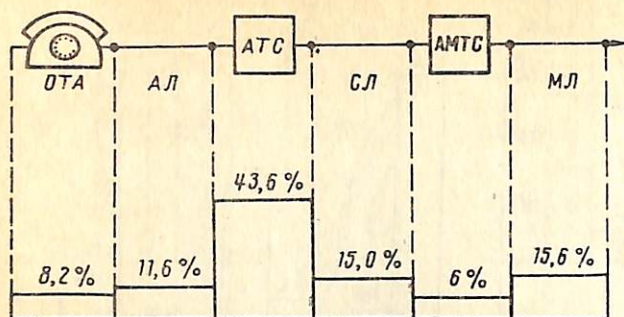


Рис. 5

Рис. 5. Распределение капитальных вложений по участкам телефонной сети связи (в среднем на соединение абонентов): ОТА — основной телефонный аппарат; АЛ — абонентская линия; АТС — автоматическая телефонная станция; СЛ — соединительная линия между АТС и от АТС к АМТС (автоматической междугородной телефонной станции); МЛ — междугородная линия связи

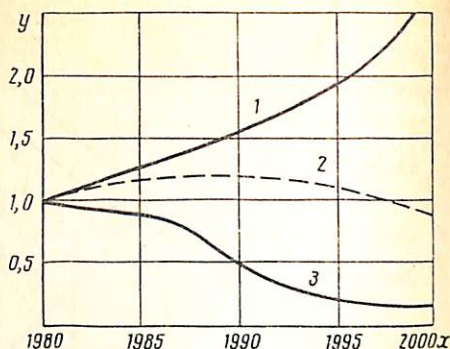


Рис. 6

Рис. 6. Прогноз изменения стоимости коммутационного оборудования: 1 — электромеханические АТС; 2 — аналоговые КЭ АТС; 3 — цифровые ЭАТС; х — годы; у — относительные затраты на одну абонентскую линию

строятся на основе микроэлектронных компонентов (больших и сверхбольших интегральных схем — БИС и СБИС), аналогичных используемым в СВТ при создании ЭВМ.

3. У п р а в л е н и е технологическими процессами на сети с помощью ЭВМ, обеспечивающими соединения абонентов, управление сетями, широкий ассортимент новых услуг (сокращенный номер, перевод вызова на другой номер, запрет на вызовы и др.). Управляемые ЭВМ коммутационные станции (ЭАТС) в перспективе должны быть полностью цифровыми. На промежуточных этапах с помощью квазиэлектронных станций (КЭАТС) будут коммутироваться не цифровизованные сигналы.

4. И н т е г р а ц и я сети — слияние существующих отдельных сетей (телефонной, телеграфной, передачи данных и пр.) в единую с общими системами передачи и коммутации, системой управления, терминалами, объединенными в комплексы, и др.

5. Ш и р о к о е использование новых несущих информационных сигналов передающих сред — волоконно-оптических кабелей связи (ВОЛС), связей через искусственные спутники земли (ИСЗ).

6. И н т е л л е к т у а л и з а ц и я сети, для осуществления которой создаются так называемые интеллектуальные центры управления — комплексы ЭВМ, обеспечивающие через специальные управляющие сети связи новые услуги по передаче, обработке, накоплению, переадресовке, поиску адресатов и т.п., новые удобства и возможности пользователям сети. В конечном счете произойдет слияние ТС с различными СВТ в единую информационную систему.

Анализ путей, этапов и возможных сроков реализации указанных задач развития ТС выходит за рамки настоящей статьи. Однако накопленный опыт позволяет выявить некоторые тенденции изменения экономических факторов, определяющих затраты, необходимые для решения этой задачи.

Рассмотрим для этого характер распределения капитальных вложений на примере связи на существующей телефонной сети.

Телефонная сеть (как, впрочем, и другие, обеспечивающие двустороннюю связь между множеством абонентов) образуется как совокупность следующих компонентов.

1. Телефонный аппарат или другой терминал.
2. Абонентская линия, связывающая телефонный аппарат с ближайшей АТС.
3. Соединительная линия местной сети, связывающая АТС (если их несколько) между собой, а также с автоматической междугородной станцией (АМТС).
4. Междугородная линия, связывающая АМТС разных городов между собой.

На рис. 5 показана диаграмма распределения капитальных вложений по участкам сети в расчете на одно соединение по состоянию на 1990 г. Возможная динамика изменения величины вложений на каждый компонент в результате НТП определяется следующим.

1. Терминальное оборудование (ТО). В настоящее время основной терминал — это телефонный аппарат. Однако возможность использования телефонной сети для передачи неречевых сообщений: данных, факсимильной связи, а также организация всевозможных телематических служб для выхода к информационным центрам (видеотекс и др.) приведут к усложнению и, следовательно, к удорожанию этого компонента. Как правило, ТО является собственностью абонента, и его стоимость не всегда учитывается при расчете затрат на создание сети.

2. Абонентская линия (АЛ). Когда АЛ — это пара медных проводов,

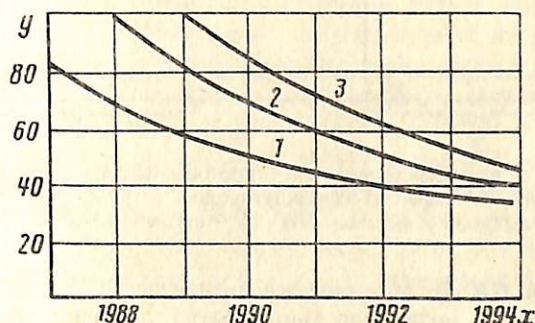


Рис. 7. Прогноз динамики цен на оптическое волокно: 1 — минимальная; 2 — средняя; 3 — максимальная; x — годы; y — %

стоимость которых зависит от удаленности абонента от АТС, ее оптимизация может быть осуществлена за счет рационального построения сети на заданной территории. Чем больше на ней АТС, тем они ближе к абонентам и, следовательно, короче АЛ. Но за счет увеличения количества АТС растет их стоимость. С помощью экономико-математических методов можно рассчитать рациональную сеть и добиться минимума суммарной стоимости АЛ + АТС.

3. АТС и АМТС. Стоимость коммутационных станций составляет большую часть стоимости телефонной сети. Поэтому задача их удешевления в расчете на каждый абонентский номер очень важна. К сожалению, в нашей стране по мере развития НТП и перехода от электромеханических к квазиэлектронным и цифровым электронным АТС эта стоимость непрерывно увеличивается.

В то же время в результате развития и удешевления интегральных схем*, удельный вес которых в общем объеме оборудования коммутационных станций достигает 85%, идет процесс удешевления этих станций. Прогнозы 1980 г. [14] (рис. 6) отражают указанные тенденции.

В настоящее время ведется разработка новой цифровой коммутационной системы (АТС—ЦА), в которой часть технологических функций переносится в цифровой телефонный аппарат и которая, кроме того, позволяет использовать абонентскую линию одновременно несколькими абонентами. Ожидается, что при этом будет достигнута существенная экономия в стоимости каждого номера [15].

4. Соединительные линии между АТС и от АТС к АМТС. В качестве соединительных линий в настоящее время используются как кабели с медными жилами, так и ВОЛС. Сигналы по ним идут с помощью многоканальных цифро-

*По исследованиям и прогнозам Международного союза электросвязи за 10 лет цены на БИС и СБИС снижаются на 1,5–2 порядка [13].

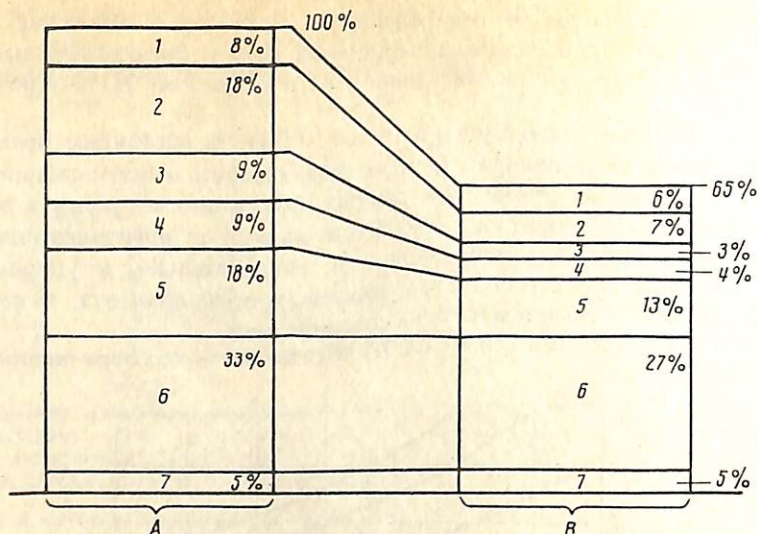


Рис. 8. Экономия затрат на создание сети при ее цифровизации: А — аналоговая сеть; В — цифровая сеть; 1 — участки, здания; 2 — передача на междугородной сети; 3 — междугородные АТС; 4 — передача между местными АТС; 5 — местные АТС; 6 — сеть абонентских кабелей; 7 — терминалы

вых систем передачи (ЦСП). Исторически внедрение ЦСП началось именно с данного участка сети связи и это позволило многократно увеличить пропускную способность соединительных линий и тем самым уменьшить стоимость передачи каждого сигнала связи. Процесс удешевления будет продолжаться по мере все большего внедрения ВОЛС. Ожидается настолько значительное развитие ВОЛС, что они будут использоваться не только на соединительных линиях между АТС, но и на абонентских. Последнее потребует при осуществлении задач интеграции и повышении пропускной способности сети электросвязи, когда каждый абонент по единой абонентской линии будет иметь доступ ко всем видам информационных сообщений: речевым, данным от ЭВМ, факсимильным, большому количеству вещательных, звуковых и телевизионных программ.

5. Линии дальней связи. Сеть дальней связи построена на многоканальных аналоговых и цифровых кабельных, радиорелейных, а также спутниковых системах передачи информации. Стоимость километра каждого телефонного канала, который вследствие того, что по нему кроме речи передаются и другие виды информации, называется теперь каналом тональной частоты (ТЧ), уменьшается обратно пропорционально корню квадратному полной пропускной способности линии* [16]. Можно рассчитать количество каналов дальней связи, необходимых для организации междугородных переговоров [16, 17] на основе закономерностей, описываемых теорией телетрафика. В ней учитываются такие факторы, как количество разговоров, распределение их во времени, средняя продолжительность и пр. Не вдаваясь в детали этой теории, отметим только то, что по мере развития сети количество разговоров** будет расти в результате возрастания числа абонентских терминалов и количества вызовов с каждого аппарата. Для пропуска этого трафика с определенными качественными показателями (допустимый процент отказов из-за занятости каналов и др.) необходимо увеличить количество каналов дальней связи. Это будет сопровождаться возрастанием средних пропускных способностей линий связи и, следовательно, удешевлением каждого километра канала, т.е. уменьшением доли капитальных вложений в расчете на каждую связь.

*Максимальному количеству каналов ТЧ, которое может быть на ней организовано.

**Под "разговором" понимается не только речь, но и передача других видов информационных сообщений (данных, факсимиле и др.).

Развитие сети каналов дальней связи на основе металлических кабелей по мере роста числа абонентов потребует как создания новых линий дальней связи, так и реконструкции существующих. Это относится и к радиорелейным линиям и связям через ИСЗ.

ВОЛС в отличие от металлических кабелей и радиорелейных линий обладают настолько большой пропускной способностью, что их внедрение не потребует реконструкции в течение длительного времени.

В настоящее время в мире ВОЛС дешевле металлических кабелей и стоимость их уменьшается. Прогнозы [18], отражающие эту тенденцию, показаны на рис. 7. Снизить стоимость сетей каналов дальней связи можно и путем выбора оптимальных структур этих сетей, что является предметом исследования многих авторов.

Совокупность всех рассмотренных факторов позволяет утверждать, что генеральное направление развития ТС ведет к удешевлению ее удельных параметров. Это, в частности, было показано при обсуждении проблем цифровизации сети СССР на симпозиуме фирмы SEL ALCATEL Gruppe в Москве 6–7 апреля 1988 г. Одним из результатов, доложенных фирмой [19], явился график, представленный на рис. 8 рассчитанный применительно к сети связи, по масштабам сопоставимой с сетью бывшего СССР.

Анализ подобного типа в нашей стране не производился. Причины этого — недостаточная доля системных исследований в общем объеме НИОКР в ТС, да и сам объем этих НИОКР. По экспертным оценкам, сумма затрат на НИОКР в области связи составляет не более 1,3% всей продукции связи. В то же время по данным [20] в развитых странах сумма затрат на НИОКР в промышленности связи, отнесенная к объему продукции связи, составляет (за вычетом затрат расходов на НИОКР для ВПК) 4–6%. В США в 1986 г. такие расходы были равны 10–12% всех затрат на науку против 4–8% в других странах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик М.А. Экономические проблемы повышения эффективности связи. М.: Радио и связь, 1985.
2. Yearbook of Common Carrier Telecommunication Statistics. Geneva, 1989.
3. Girmaw I., Norman F. Investing in Telecommunications. Geneva, ITU, 1986.
4. Зарубежная техника связи. Экспресс-информация "Информсвязь". М., 1990. Вып. 5.
5. Siemens Internationale Telephone Statistics. München, 1989.
6. Becker J. Aus der Geschichte lernen? Die Zukunft des Telephons // Nachrichtentechnische zeitschrift. 1990. Н. 5.
7. Харкевич А.А. Информация и техника // Коммунист. 1962. № 17.
8. Terranova D., Ulian G. A Model to Forecast Telecommunications Trends in Scarcely Defined Contexts // Teletra Rev. 1989. № 44.
9. Илларионов А. Парадоксы статистики // Аргументы и факты. 1990. № 3.
10. France Telecom // Rev. Française des Télécommunications. 1991. № 78.
11. Grabhorn E.A. A Look on the Worlds Télécommunications 1980–1990 // Telephone Engineer and Management. 1980. № 1.
12. France Telecom // Rev. Française des Télécommunications. 1988. № 65.
13. Study of Management Information System (MIS) for Telecommunications Authorities (TA) and Appropriate Application of the Information Technology. ССИТТ. Geneva, 1983.
14. Итоги науки и техники. "Электросвязь". Т. 14. М.: ВИНТИ, 1984.
15. Кудрявцев Г.Г., Варакин Л.Е., Поляк М.У. Новая концепция построения интегральной цифровой сети: техника, экономика, стандартизация // Электросвязь, 1991, № 1.
16. Давыдов Г.Б., Рогинский В.Н., Толчан А.Я. Сети электросвязи. М.: Радио и связь, 1977.
17. Шнепс М.А. Система распределения информации — методы расчета. М.: Радио и связь, 1979.
18. Харборт Х. Оптические волокна и кабели для систем связи // Цифровая сеть связи. Симпозиум SEL Alcatel groupe, Москва, 6–7 апр. 1988.
19. Шмидт П. Внедрение цифровой техники и расширение структуры сети связи СССР // Цифровая сеть связи. Симпозиум SEL Alcatel groupe, Москва, 6–7 апр. 1988.
20. Шульцева В.К. Связь, как фактор интенсификации экономики // Электросвязь, 1989, № 7.

Поступила в редакцию
20 XI 1991