

## Предисловие ко второму изданию

Представленная вниманию читателя книга вобрала в себя опыт прошлых лет, в течение которых был подготовлен и выпущен трехтомник «Телекоммуникационные системы и сети», прочитаны на его основе лекции по курсам «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей», «Введение в специальность», «Сети ЭВМ и телекоммуникации», получены отзывы от студентов и специалистов в области электросвязи.

Авторы поставили перед собой задачу изложить основы инфокоммуникационных технологий компактно в одном томе и при этом учесть, по возможности, последние достижения в этой области. Книга состоит из трех частей. Первая часть – «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей». Ее освоение будет по силам даже студентам младших курсов, обучающимся по направлению «Телекоммуникации» (курс «Введение в специальность»). Вторая часть называется «Радиосвязь, радиовещание, телевидение и мобильная связь». Здесь дано компактное изложение вопросов, затронутых во втором томе учебного пособия «Телекоммуникационные системы и сети». Третья часть учебного пособия посвящена вопросам построения сетей связи следующего поколения (мультисервисным сетям связи). Материал, изложенный во второй и третьей частях, будет полезен студентам старших курсов и специалистам в области электросвязи.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить рецензентов издания за ценные замечания, способствовавшие улучшению рукописи, коллег по работе за обсуждение отдельных разделов рукописи, а также, Курносову Е.Н. за помощь в оформлении книги.

Перед вами второе дополненное и переработанное издание книги. В книге обновлен список литературы, устранены замеченные авторами опечатки, переработаны все главы, добавлен материал по технологии OFDM, представлена технология построения программно-конфигурируемых сетей (ПКС).

Мы надеемся, что книга будет полезна широким слоям читателей, интересующихся проблемами инфокоммуникаций. Все замечания по книге просим высылать по адресу: 630102, Новосибирск, Кирова, 86, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, профессору Шувалову В. П.

Профессор В. П. Шувалов

## Введение

В основу пособия положен многолетний опыт преподавания курсов «Основы техники связи», «Сети ЭВМ и телекоммуникации», «Введение в специальность», «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей» в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики.

Авторы тешат себя надеждой, что, прочитав пособие, студент поймет, что он сделал единственно правильный жизненный выбор, посвятив себя одной из лучших областей науки и техники – технике связи.

«Прямым опытом доказано, – писал академик Аксель Иванович Берг, внесший большой вклад в развитие отечественной радиотехники и кибернетики, – что человек может нормально мыслить длительное время только при условии непрекращающегося информационного общения с внешним миром. Полная информационная изоляция от внешнего мира – начало безумия. Информационная стимулирующая мышление связь с внешним миром так же необходима, как пища и тепло, мало того, – как наличие энергетических полей, в которых происходит вся жизнедеятельность людей на планете».

Авторы полагают, что пособие будет также полезно студентам, специализирующимся по направлениям экономики и менеджмента в области связи.

Дело в том, что отрасли связи, основной функцией которой является передача различного рода информации, в современных условиях принадлежит особая роль в подъеме экономики государства.

Под влиянием изменений в структуре и масштабах производства, научно-технического прогресса, повышения деловой активности членов общества, роста их образовательного и культурного уровня, расширения связей во всех сферах жизнедеятельности, как в национальном, так и в интернациональном масштабах существенно возрастает роль и значимость информации. Ее справедливо рассматривают как важнейший национальный ресурс и составную часть национального богатства любой страны.

Своевременность и качество доставки информации во многом обусловлены способностью технических средств ее передачи, обработки и распределения, которые в современной литературе получили название инфокоммуникационного комплекса. Материально-техническая база последнего, прогрессивность техники и технологии, оптимальность организационно-экономических методов хозяйствования и управления во многом определяют эффективность внедрения и развития основ рыночных отношений в экономике страны и в обществе в целом. Поэтому в современном мире связь рассматривается в качестве одного из главных компонентов повышения эффективности производства и благосостояния общества.

Предоставляя всем отраслям и сферам общественного производства и населения услуги по сбору, обработке, передаче и доставке информации, связь обладает всеми чертами, присущими отраслям материального производства. Как и в других отраслях материального производства, в отрасли связи создается потребительная стоимость и стоимость. Потребительная стоимость представляет собой конечный полезный эффект процесса передачи сообщений, который потребляется в производственной и непроизводственной сферах, общественной и личной жизни людей.

Создаваемая в отрасли стоимость, равная денежному выражению всех произведенных за определенный промежуток времени услуг, включается в валовой внутренний продукт, а также в ту часть этого продукта, стоимость которого создается необходимым и прибавочным трудом и образует национальный доход.

Экономическим признаком, характеризующим принадлежность связи к сфере материального производства, является также то, что в создании услуг связи аналогично промышленности и другим отраслям данной сферы участвуют три фактора материального производства, а именно: средства труда, предметы труда и труд работников связи.

К средствам труда, с помощью которых осуществляется процесс передачи информации, относятся производственные здания, станционные и линейные сооружения, коммутационное оборудование и каналообразующая аппаратура, измерительные приборы и т. п. В качестве предмета труда в производственном процессе связи выступает сообщение, информация, которая при ее передаче подвергается пространственному перемещению. Воздействие на предмет труда с помощью средств труда осуществляется работниками связи, труд которых в конечном итоге и создает потребительную стоимость.

Процесс потребления услуг связи аналогичен потреблению продукции (товаров) других отраслей материального производства. Если услуга связи потребляется в производственной сфере, то ее стоимость переносится на стоимость вновь создаваемого продукта. Если же услуги связи служат личному потреблению, то вместе с потреблением исчезает и их стоимость.

Все вышеотмеченные признаки характеризуют принадлежность связи к сфере материального производства. Вместе с тем, экономической природе связи присущи специфические черты, вытекающие из ее отраслевых особенностей.

**Первая особенность** определяется спецификой создаваемого продукта, который в отличие от продукции промышленности не имеет вещественной формы, а представляет собой конечный полезный эффект (результат производственной деятельности) процесса передачи информации и сообщений от отправителя до получателя: письменных, телефонных, программ телевидения и радиовещания и т. п.

Невещественный характер конечного продукта обуславливает отсутствие в производственном процессе связи сырья и основных материалов, являющихся вещественным носителем продукции.

**Вторая особенность** связи тесно связана с первой и характеризуется неотделимостью во времени процесса потребления услуг связи от процесса их производства. Особенно ярко эта особенность проявляется в телефонной связи, где сам процесс передачи телефонного сообщения – процесс производства – происходит с участием абонентов, т. е. совпадает с процессом потребления.

Сняв трубку телефона, абонент слышит зуммер ответа АТС, что является сигналом готовности станции к передаче информации, т.е. началу производственного процесса. При наборе номера вызываемого абонента происходит автоматическое соединение посредством образования прямого электрического канала с помощью коммутационного оборудования различных систем. Этот электрический канал сохраняется во время всего разговора между абонентами, т. е. во время потребления услуги. Положив трубку по окончании разговора, абонент тем самым разрывает электрическую цепь и прекращает процесс производства данной услуги.

С учетом этой особенности конечный результат производственной деятельности отрасли – услуга – не может находиться в запасе, на складе, изыматься из сферы производства и поступать в сферу обращения для реализации.

Из этой особенности вытекает также требование максимального приближения средств связи к потребителям за счет развития и повышения плотности предприятий и пунктов связи коллективного (отделений связи, переговорных пунктов и т. д.) и индивидуального (абонентских пунктов и терминалов) пользования.

Неотделимость процессов производства и потребления услуг связи приводит также к существенной неравномерности поступающей во времени нагрузки, обусловленной ритмом деловой и личной жизни людей. При этом неравномерность нагрузки наблюдается по часам суток, дням недели и месяцам года. В то же время, предприятия связи должны быть готовы к обслуживанию потребителей в периоды максимальной нагрузки без нарушения установленных (нормативных) параметров качества, для чего создаются дополнительные производственные мощности и рабочие места, которые в часы спада нагрузки используются с низкой отдачей либо вообще простаивают. Кроме того, в отрасли связи создаются резервы производственных мощностей для перспективного развития по мере роста потребностей в услугах связи.

**Третья особенность** отрасли связи состоит в том, что, в отличие от промышленности, где предмет труда подвергается вещественному изменению (механическому, химическому и т. д.), поступает в сферу

обращения, становится товаром и только затем потребляется, в производственном процессе связи информация как предмет труда должна подвергаться только пространственному перемещению, т. е. изменению ее местоположения. Всякое другое изменение означает ее искажение, потерю потребительских свойств и потребительной ценности и наносит ущерб пользователю.

**Четвертая особенность** связи заключается в том, что процесс передачи информации всегда является двусторонним, т. е. происходит между отправителем и получателем информации. Поскольку потребность в передаче информации может возникнуть между абонентами, находящимися в любых населенных пунктах страны, это требует создания надежной и разветвленной сети связи.

Участие в производственном процессе нескольких предприятий предъявляет единые требования к организации и правилам технической эксплуатации средств связи на территории всей страны. В экономическом аспекте эта особенность обуславливает необходимость введения системы взаиморасчетов между хозяйствующими субъектами за взаимно предоставляемые сетевые ресурсы и услуги по пропуску трафика (нагрузки). Взаиморасчеты являются объективно необходимым экономическим механизмом, обеспечивающим коммерческие интересы предприятий в условиях рыночной экономики.

В условиях ускорения темпов научно-технического прогресса, увеличения объемов производства, усложнения межпроизводственных связей, расширения сфер взаимодействия между товаропроизводителями, повышения масштабов и значимости, решаемых обществом социальных проблем все более возрастает роль связи в различных областях жизнедеятельности. Это объясняется тем, что объем информации, возникающей при решении производственных, экономических, социальных и иных задач, растет более высокими темпами, чем объем производства, выраженный материально-вещественными носителями. При этом информация становится важнейшим национальным ресурсом, отличительной чертой которого является то, что он не только не истощается, а, напротив, увеличивается, качественно совершенствуется и, вместе с тем, способствует наиболее рациональному использованию всех остальных видов ресурсов, их сбережению, а в ряде случаев – расширению и созданию новых.

В промышленно развитых странах с середины 80-х годов начался переход на качественно новый уровень технологического развития, который принято называть веком информатизации. Он характеризуется созданием и развитием информационной индустрии на базе функционирующих и вновь создаваемых сетей различного назначения (вычислительных, управленческих, интеллектуальных и т. д.) и объединением их в формирующийся информационно-индустриальный комплекс (ИИК) с помощью средств и сетей связи.

Создание ИИК предопределяет необходимость ускоренного развития средств сбора, обработки, хранения и передачи информации. При этом, чем выше уровень развития производительных сил государства, тем более высокие требования предъявляются к техническим средствам информатизации, поскольку объем информации, возникающей в процессе макроэкономического кругооборота, пропорционален валовому внутреннему продукту (ВВП), создаваемому в стране. Вот почему в странах, чьи сети телекоммуникаций по уровню развития занимают ведущие места в мировом сообществе, капитальные вложения в связь по прежнему занимают значительную долю (до 4...6%) в общей сумме инвестиций в развитие экономики. При этом считается, что вклад связи в формирование ВВП значительно перекрывает затраты на ее развитие, а каждый доллар, вложенный в телекоммуникации, приносит три-четыре доллара дохода. По данным международной Организации экономического сотрудничества и развития двадцать пять операторов общественных сетей электросвязи стран, входящих в эту организацию, обеспечивают большую прибыль, чем 100 крупнейших банков мира.

Связь оказывает непосредственное положительное влияние на совершенствование управления на всех уровнях и во всех сферах общественного производства. Своевременная и высококачественная передача информации способствует сохранению ее ценности для системы управления, обеспечивает ее гибкость и маневренность, способствует оперативной подготовке к своевременному принятию оптимальных решений.

Средства телекоммуникаций не только обслуживают производство, но и непосредственно проникают в него, являясь необходимым элементом встроенных систем регулирования автоматизированных технологических процессов. Средства связи обеспечивают определение наиболее эффективной структуры построения технологии производства и организационно-производственной деятельности, способствуют сбережению всех видов ресурсов, улучшению условий труда, снижению физических и психологических нагрузок.

Качественная перестройка производства на базе манипуляторов, роботов, микропроцессорной техники невозможна без участия современных средств связи. Исследования по оценке эффективности средств электросвязи в различных сферах применения свидетельствуют о значительном выигрыше, получаемом потребителями услуг этой важнейшей части инфраструктуры. Но существуют и вполне конкретные количественные оценки эффекта, обеспечиваемого применением телекоммуникационных средств и услуг в различных сферах деятельности. Так, использование связи на предприятиях промышленности на 20...25% сокращает количество командировок, обеспечивая при этом большую экономию командировочных расходов. Связь

на транспорте в 1,5...2 раза увеличивает его пропускную способность. В сельском хозяйстве оснащение средствами связи машинного парка и полевых бригад повышает эффективность использования машин на 25% и снижает потери рабочего времени на 20...40%. Хорошо организованная связь в системе управления строительством позволяет повысить производительность труда и сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию не менее чем на 15%.

По расчетным данным средства электросвязи обеспечивают экономию времени во всех сферах применения в размере не менее 1 млрд. ч, в том числе примерно 860 млн. ч рабочего времени, что эквивалентно ежегодной условной экономии работников, занятых в общественном производстве, в количестве около 500 тыс. чел.

В то же время, из-за недостаточного развития связи общество несет огромные материальные потери, выражающиеся, в первую очередь, в замедлении темпов экономического развития. Расчеты показали, что размеры потерь всех сфер экономики и населения от недостаточного уровня потребления услуг, обусловленного как неудовлетворительным уровнем развития телекоммуникаций, так и низкой платежеспособностью потребителей, ежегодно достигают 14 млрд. ч рабочего и вне рабочего времени, в том числе около 11 млрд. ч в отраслях материального производства. В пересчете на условную экономию штата это составляет примерно 5,5 млн. человек дополнительного штата или 8,4% всех занятых в общественном производстве.

Очевидно, что в условиях рынка с его динамизмом и конкуренцией роль связи, а особенно электросвязи, будет возрастать, ибо в деловой сфере надежный партнер – это быстро реагирующий партнер, владеющий всей необходимой информацией, хорошо ориентирующийся в спросе и предложении, производстве и сбыте товаров и услуг, положении на товарных и фондовых биржах. Созданные электронные банковские системы и биржи, соединенные в глобальные сети с помощью трансконтинентальных линий связи, позволяют осуществлять финансовые операции, сделки с ценными бумагами, материальными ценностями, недвижимостью и т. д. без непосредственного присутствия субъектов этих сделок в местах нахождения указанных рыночных институтов. Находясь в разных городах и странах, бизнесмены имеют возможность получать оперативную информацию о состоянии и тенденции интересующих их рынков, котировке ценных бумаг, принимать определенные решения и, передав его по каналам связи, осуществлять желаемые операции и сделки.

Общественное разделение труда предусматривает обособление различных видов деятельности в рамках всего народно-хозяйственного комплекса в зависимости от экономического назначения создаваемой продукции, технико-технологической основы производства, профессионального состава кадров. С учетом этих признаков все обще-

ственное производство делится на отдельные отрасли: промышленность, строительство, сельское хозяйство, транспорт, связь и др.

В структуре связи страны следует, прежде всего, выделять две главные составляющие: электросвязь, включая радиовещание и телевидение, и почтовую связь. С помощью средств электросвязи осуществляется прием и передача речевых сигналов, данных, видео по проводным, радио, оптическим и другим электромагнитным системам. Основной функцией почтовой связи является прием и доставка почтовых отправок, материальных ценностей и денежных средств.

Электросвязь, являясь наиболее мощным компонентом телекоммуникационного сектора страны, объединяет в себе комплекс сетей (технологических систем), используемых для передачи различных видов информации. Совокупность технологически сопряженных сетей электросвязи на территории Российской Федерации, объединенных общим централизованным управлением, составляет Единую сеть связи (ЕСС) России.

Строя техническую и экономическую политику в области развития телекоммуникаций России, следует учитывать, что новые структуры: акционерные общества, концерны, ассоциации, биржи, банки и др., являющиеся важнейшими институтами рыночной экономики, предъявляют повышенные требования к количеству и качеству передаваемой информации. Отечественные телекоммуникационные системы должны обеспечивать потребности в быстрой и точной передаче информации не только на внутреннем, но и на зарубежном рынке. Важнейшие задачи развития электросвязи представлены на рис. В.1.

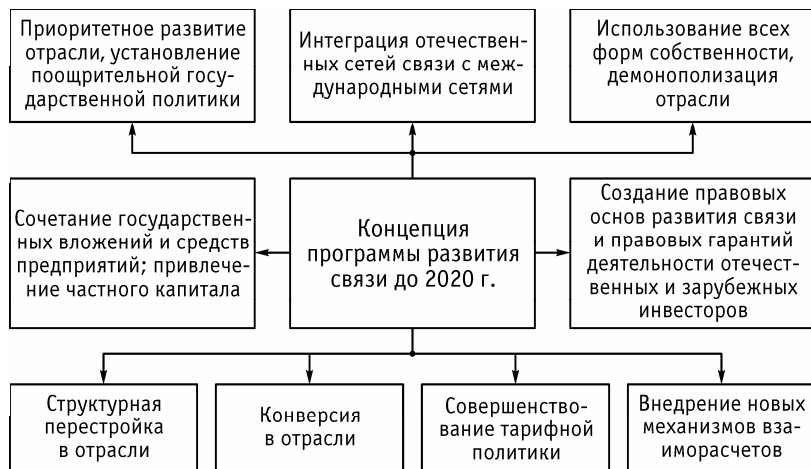


Рис.В.1. Важнейшие задачи развития электросвязи



В заключение заметим, что проекты в области развития ИКТ являются общественно и национально значимыми для каждого государства. Их реализация, помимо прямого экономического эффекта от внедрения новых технологий, способна повлиять на место, занимаемое страной в рейтингах по уровню развития ИКТ. Активная поддержка государством и Министерством связи и массовых коммуникаций призвана создавать благоприятные условия для совместной работы правительственных органов, операторов-поставщиков новых телекоммуникационных услуг и частных инвесторов и стимулировать развитие телекоммуникационной инфраструктуры, что, в конечном счете, способно обеспечить ежегодный рост ВВП России и предоставить пользователям услуги международного уровня.