

Скопа А.А., Билык Н.М.

*Одесский международный гуманитарный университет, Одесса*

## ФАКТОРИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ОТКАЗА В МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ НА УРОВНЕ УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ

Рассматривается принципиальная задача факторизации модели отказа предоставления услуги в мультисервисной телекоммуникационной сети (МСТС). Для уровня управления услугами определены факторы, приводящие к отказам в обслуживании, их граничные значения и структурирована факторная модель зависимости показателей качества от влияющих факторов.

**Ключевые слова:** модель, система, сеть.

**Постановка проблемы.** Эффективное использование информации, поступающей от систем контроля в системах телекоммуникаций, требует создания информационной системы, которая должна обеспечивать сбор, обработку, хранение и распределение информации. Информационная система является составной частью системы управления процессами производства и эксплуатации. Уже из этого следует, что сети МСТС совместно с надсистемами контроля и обеспечения эксплуатации образуют иерархические системы. Один из наиболее эффективных подходов для решения задач в этой области, изложен в работах Г. Альтшуллера и его соавторов [1, 2]. Для решения общих задач прогнозирования ими предложен системный оператор, который в общем виде выглядит так, как это показано на рис. 1. Используем его в качестве базовой структуры при решении задачи, вынесенной в заголовок статьи.

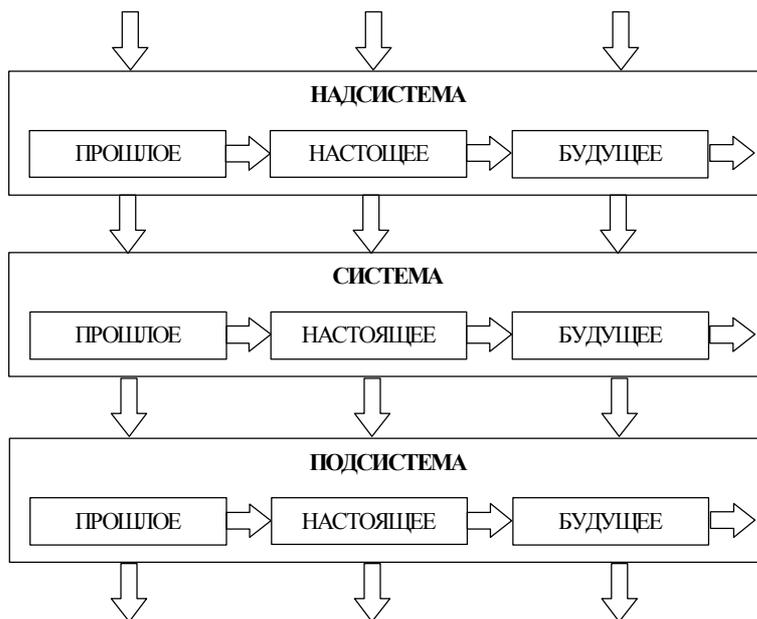


Рис. 1. Системный оператор по Г. Альтшуллеру

В рамках используемого оператора, постановкой проблемы является вопрос построения модели отказоустойчивости с учетом синтезированной модели МСТС (рис. 2). В связи с отмеченным, ранее нерешенной частью общей проблемы есть задача анализа моделей от-

казов на самом верхнем ее уровне – уровне управления услугами. Это вызвано тем, что на этом уровне отказом является непредоставление услуги (сервиса) какого-то определенного вида или нескольких услуг одновременно.

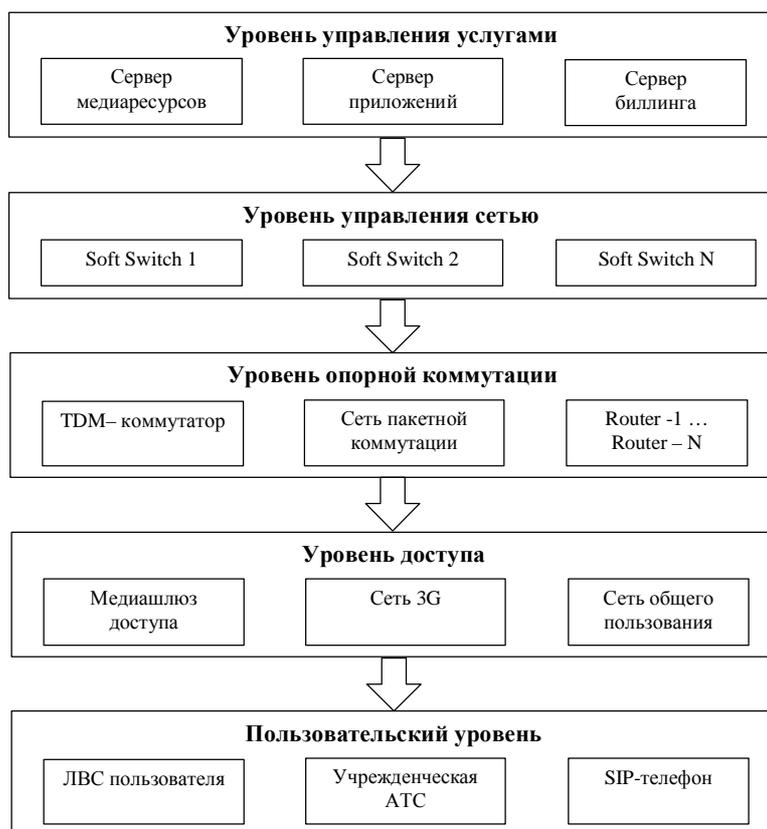


Рис. 2. Пятиуровневая модель МСТС

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решения проблемы.** В последние годы в фундаментальной научно-технической [3...8] и периодической [9...12] литературе значительное внимание уделяется оптимизации построения мультисервисных телекоммуникационных сетей с точки зрения их отказоустойчивости.

В то же время, моделирование отказов в обслуживании в модели рис. 2 [16] и, соответственно, в модели многоуровневого оператора (рис. 1), не нашло должного отражения в научных работах.

Связь проблемы с важными научными и практическими заданиями: для конструктивного моделирования формальных параметров качества (1) необходимо установить их зависимость от возможных факторов, влияющих на качество предоставления услуг.

Исходя из сказанного, целью статьи является анализ и решение принципиальной задачи факторизации модели отказа предоставления услуги в МСТС. Следуя поставленной цели, для уровня управления услугами необходимо определить факторы, приводящие к отказам в обслуживании, уточнить их граничные значения и структурировать факторную модель зависимости показателей качества от влияющих факторов.

#### Перейдем к изложению основного материала

В общем виде зависимость  $i$ -го показателя качества от ряда факторов можно представить в виде функции векторного аргумента:

$$z_i(t) = \Phi_i [j_1(t), j_2(t), \dots, j_K(t)] , \quad (1)$$

где  $j_k(t)$  – процесс изменения k-го фактора, K – общее количество факторов, существенно влияющих на показатель  $z_i(t)$ ,  $\Phi$  – нелинейная функция.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на качество предоставления услуг на верхнем уровне модели МСТС.

В качестве полезных сведений для дальнейшего анализа можно привести числовые и экспертные оценки влияния различных факторов на отказоустойчивость МСТС, как категорию качества обслуживания.

Качество обслуживания – Quality of Service (QoS) является предметом активных исследований и стандартизации на протяжении всей истории развития телекоммуникаций [13]. Существенный вклад в развитие различных аспектов концепции QoS внес Международный союз электросвязи (МСЭ), включая, в том числе, разработку норм и требований к показателям качества обслуживания.

Концепции моделей надежности, основанные лишь на факте доставки-недоставки информации, были достаточно эффективными в сетях, использующих Internet Protocol (IP) для приложений, где можно передавать данные не в реальном времени (электронная почта, передача файлов). Однако для приложений реального времени имеется необходимость уточнения этих показателей. Прежде всего, это объясняется основным принципом функционирования IP-сетей – передачей данных без установления соединений и без управления. С появлением новых приложений, особенно, приложений реального времени (интерактивная передача речи, видеотелефония и видеоконференции), вопрос о гарантированном качестве обслуживания в сетях IP становится одним из наиболее сложных [10, 11].

Для того, чтобы полностью реализовать преимущества МСТС в будущих IP-ориентированных сетях, необходимо разработать новые принципы распределения ресурсов сетей и управления трафиком, которые будут гарантировать различные уровни показателей качества обслуживания для большого и разнообразного числа приложений, реализуемых конечными пользователями.

При этом разделение ресурсов и процессы управления трафиком должны быть скоординированы в условиях наличия большого числа разнообразных приложений с существенно отличающимися требованиями к рабочим характеристикам сети (табл. 1).

Таблица 1

Чувствительность сервисов NGN к характеристикам сети

Тип трафика	Уровень чувствительности к сетевым характеристикам			
	Полоса пропускания	Потери пакетов	Задержка	Джиттер
VoIP	высокий	средний	высокий	высокий
Электронная коммерция	низкий	высокий	высокий	низкий
Транзакции	низкий	высокий	высокий	низкий
Электронная почта	низкий	высокий	низкий	низкий
Telnet	низкий	высокий	средний	низкий
Поиск в сети	средний	средний	средний	низкий
Пересылка файлов	высокий	средний	низкий	низкий
Видео конференция	высокий	средний	высокий	высокий
Мультикастинг	высокий	высокий	высокий	высокий

Для дальнейшей работы примем условные числовые обозначения для уровней чувствительности: низкий – 0; средний – 1; высокий – 2.

Анализ табл. 1 показывает, что для большинства услуг предоставляемых современ-

ными IP-сетями, как прообразами сетей Next Generation Networks (NGN), отдельные сервисы в большей или меньшей степени чувствительны к ширине полосы пропускания, потерям пакетов, задержкам передачи пакетов и нестабильности этой задержки (джиттеру). Кроме того, из элементарных физических соображений ясно, что отказ конкретного сервера, обеспечивающего предоставление конкретной услуги или группы услуг, означает отказ в обслуживании. Отказ в обслуживании может быть как аппаратный так и программный.

Для удобства построения моделей названные факторы нормируем так, чтобы их значения, не вызывающие отказа в обслуживании по наименее критичному сервису, находились в интервале от 0 до 1.

Тогда в качестве аналога «полосы пропускания» выберем долю занятости совокупной полосы пропускания внешних каналов интернет-провайдера или оператора телекоммуникаций. Очевидно, если занятость полосы составляет 1, то практически все сервисы будут предоставляться некачественно или не будут предоставляться вовсе. В то же время, провайдер несет затраты на обеспечение достаточно широкой полосы пропускания. Постоянно выдерживать занятость полосы пропускания на уровне меньше 0,5 нерентабельно и технически бессмысленно. Электронная почта уверенно доставляется при занятости полосы пропускания в час наибольшей нагрузки (ЧНН) на уровне до 0,95, тогда как сервисы, связанные с решением задач в реальном времени, например, передача голоса (VoIP, Skype и др.) требуют, чтобы занятость каналов не превышала в среднем в ЧНН уровня 0,7...0,8. Это необходимо для обеспечения дисциплины приоритизации пакетов и формирования образов сообщений в промежуточных стеках транспортной сети. Т.о., фактор  $j_1(t)$  – доля занятости полосы пропускания определяется следующей формулой:

$$j_1(t) = \frac{P(t)}{P_{\max}}$$

где  $P(t)$  – занятая в текущий момент полоса (Мбит/с),  $P_{\max}$  – совокупная полоса пропускания внешних каналов провайдера на данный период.

Предельно допустимый процент потерь пакетов зависит от конкретного сервиса и от применяемых алгоритмов восстановления сообщений. Примем, что  $Y_{\max}$  – максимально допустимый процент потерь пакетов при используемом алгоритме восстановления для самого некритичного к потерям пакетов сервиса в данной МСТС. Ниже мы будем условно принимать  $Y_{\max} = 10^{-1}$ . По крайней мере, для различных приложений, исполняемых под SIP-протоколом, даже 10% потерь пакетов еще не приводят к полному прекращению связи. Тогда «фактор потерь пакетов» можно моделировать функцией:

$$j_2(t) = \frac{Y(t)}{Y_{\max}}$$

где  $Y(t)$  – процент потерь пакетов в текущий момент времени.

Аналогично, выберем для всех возможных сервисов максимальное значение задержки пакетов  $z_{\max}$  и нормируем к нему конкретное время задержек по измерениям в сети  $z(t)$ . Это может быть максимальная из наблюдавшихся задержек, усредненная за небольшой интервал времени задержка и т.п. – в зависимости от решаемой задачи. Нормированный показатель задержки, таким образом, определяется по формуле:

$$j_3(t) = \frac{z(t)}{z_{\max}} \tag{2}$$

Заметим, что в принципе, задержка пакетов для таких сервисов, как электронная почта, может быть весьма значительной (до десятков минут) и при этом пользователь даже не почувствует дискомфорта. Вместе с тем, задержанные на значительное время пакеты в сетях с большим количеством источников и приемников информации уничтожаются по признаку «максимального времени жизни» [5, 7]. Поэтому условно примем  $z_{\max} = 1$  с, т.е. характерное время доставки запросных пакетов при WWW-серфинге.

При наличии небольших задержек их вариациями (джиттером) для большинства сервисов можно пренебречь: далее это явление учитывать не будем. При необходимости джиттер моделируется по аналогии с задержкой (2).

Также сделаем несущественное для данной работы допущение, что отказы в предоставлении сервисов, вызванные неполадками оборудования и сбоями программного обеспечения объединены в общий фактор программно-аппаратных сбоев. Данное упрощение можно сделать по двум причинам:

Во-первых, известна и на больших сетях многократно подтверждена линейная зависимость между частотой этих отказов: программные сбои в среднем случаются примерно вдвое чаще, чем отказы оборудования.

Во-вторых, для технического персонала оператора или провайдера, как правило, не составляет большой сложности идентифицировать причину отказа при установлении факта программно-аппаратного сбоя. В качестве характеристики отказоустойчивости по данному фактору в сетях общего пользования используется т.н. «коэффициент готовности» [13]. Этот коэффициент вычисляется как отношение времени безаварийной работы объекта к суммарному времени наблюдения. В идеальном случае коэффициент готовности должен быть равен 1, что означает 100%-ную готовность сети. На практике коэффициент готовности оценивается числом «девяток». Например «три девятки» означают, что коэффициент готовности составляет 0,999, что соответствует 9 часам времени недоступности (простоя) сети в год. Готовность оборудования и программного обеспечения на сети общего пользования оценивается величиной «пять девяток», что означает 5,5 минут простоя в год. В табл. 2 приведены данные по времени простоя для различного количества «девяток».

Таблица 2

Коэффициенты готовности и соответствующие значения времени простоя оборудования из-за программно-аппаратных сбоев

Коэффициент готовности $K_r$	Время простоя
0,99	3,7 дней в год
0,999	9 часов в год
0,9999	53 минуты в год
0,99999	5,5 минут в год
0,9999999	30 секунд в год

Отметим, что обеспечение коэффициента готовности «пять девяток» в IP-сетях, построенных на традиционном оборудовании (серверы, маршрутизаторы), является достаточно серьезной проблемой. Причина этого состоит в том, что обработка информационных потоков в IP-сетях в значительной части базируется на программном обеспечении. Другая причина заключается в наличии непредсказуемых узких точек для пропуска трафика из-за особенностей сетей с пакетной коммутацией.

Для приведения моделей факторов к единой шкале, несколько модернизируем известный коэффициент готовности  $K_r$ : под фактором технической «неготовности» будем понимать функцию:

$$j_4(t) = 1 - \frac{\log_{10}(1 - K_r(t))}{\log_{10}(1 - K_{r \max})}$$

где  $K_r(t)$  – текущее значение коэффициента готовности для данной сети,  $K_{r \max}$  – максимальное значение показателя готовности для конкретной решаемой задачи.

С учетом достаточно высоких требований к сетям общего пользования, можно воспользоваться правилом «пяти девяток» и положить далее  $K_{r \max} = 0,99999$ . Тогда можно по аналогии с табл. 2. показать типичные значения  $j_4(t)$  – фактора «неготовности» (табл. 3) как показателя интенсивности программно-аппаратных сбоев.

Таблица 3

Типичные значения фактора «неготовности»

Коэффициент готовности, $K_r$	Время простоя	Фактор «неготовности» $j_4(t)$ (при $K_{r \max} = 0,99999$ )
0,99999	5,5 минут в год	0
0,9999	53 минуты в год	0,2
0,999	9 часов в год	0,4
0,99	3,7 дней в год	0,6
0,9	36,5 дней в год	0,8

Анализ литературных источников и данных об отказах в обслуживании на реальных МСТС позволяет определить приблизительные максимально допустимые значения факторов, определяемых формулами (2...5), для различных сервисов (табл. 4).

Таблица 4

Максимально допустимые значения основных факторов, влияющих на отказоустойчивость сетей на уровне управления услугами NGN

Тип трафика	Максимально допустимые значения факторов			
	$j_1(t)$	$j_2(t)$	$j_3(t)$	$j_4(t)$
VoIP	0,7	1	0,1	0,2
Электронная коммерция	0,8	0	0,1	0,2
Транзакции	0,9	0,001	1	0,4
Электронная почта	0,9	0	1	0,4
Telnet	0,9	0	0,1	0,4
Поиск в сети	0,8	0,1	1	0,4
Пересылка файлов	0,7	0,1	1	0,4
Видео конференция	0,7	0,1	0,1	0,4
Мультикастинг	0,7	0,001	0,1	0,2

Факторы (2...5) можно понимать как непрерывные функции времени: по крайней мере, они допускают измерения с весьма малой периодичностью. Это дает возможность уточнить структуру нелинейных функций:

$$\Phi_i [j_1(t), j_2(t), \dots, j_k(t)].$$

В соответствии со сделанными предположениями для уровня управления услугами  $K = 4$  (табл. 4). Понятно, тем не менее, что всех факторов, приводящих отказу в обслуживании априорно учесть нельзя. Поэтому в модели (1) мы будем полагать  $K = 5$ , причем  $j_5(t)$  будет пониматься как неучтенная «случайная» функция. В соответствии с теоремой Вейрштрасса [14] любую непрерывную на конечном интервале функцию можно со сколь угодно высокой точностью представить в виде полинома определенной степени. В качестве такого

полинома для дальнейших исследований можно использовать полином Колмогорова-Габова [15]:

$$\Phi_i = a_0 + \sum_{k=1}^K a_k j_k + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K a_{kj} j_k j_j + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K \sum_{l=1}^K a_{kjl} j_k j_j j_l + \dots \quad (3)$$

Выводы. Рассмотрена принципиальная задача факторизации модели отказа предоставления услуги в мультисервисной телекоммуникационной сети. Для уровня управления услугами определены факторы, приводящие к отказам в обслуживании, их граничные значения и структурирована факторная модель зависимости (3) показателей качества от влияющих факторов. Предметом дальнейших исследований может быть факторизация модели отказа на уровне управления сетью.

### Литература

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. – Новосибирск: Наука, 1986 // [Электронный ресурс]: <http://www.trizmink.org/r/4117.htm#09>.
2. Смирнов Ф. Клиент всегда прав, провайдер всегда в убытке? // [Электронный ресурс]: [http://telnews.ru/Fedor\\_Smirnov/c36737](http://telnews.ru/Fedor_Smirnov/c36737).
3. Ломовицкий В.В., Михайлов А.И., Шестак К.В., Щекотихин В.М. Основы построения систем и сетей передачи информации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 382 с.
4. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
5. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные системы и сети: Том 1 – Современные технологии. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 647 с.
6. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные системы и сети: Том 2 – Радиосвязь, радиовещание, телевидение. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 672 с.
7. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные системы и сети: Том 3 – Мультисервисные сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
8. Гольдштейн Б.С. Системы коммутации. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 314 с.
10. Виноградов А. Ю. Оценка качества передачи речи по низкоскоростным каналам связи // Сети и системы связи, 2001, №4. – С. 24-30.
12. Гечис А.К., Соколова О.Д., Соколов Н.А. Входящий поток заявок для трафика речи в сети NGN // Информационные технологии.
13. Яновский Г.Г. Современные проблемы науки в области телекоммуникаций (Эволюция и конвергенция) // СПб: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2008. – 162 с.
14. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – К.: Техніка, 1975.
15. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. – К.: Наукова думка, 1985.
16. Гундерич Г.А., Одегов Н.А., Раевский В.Н. Уточнение понятий о факторах отказов в современных телекоммуникационных сетях и сетях NGN // Наукові записки УНДІЗ. – №3(11). – Київ: УНДІЗ, 2009. – С.89-95.

*Надійшла до редколегії 7.07.2010*

**Рецензент:** д.т.н., проф. Положаєнко С. А., зав. кафедрою "КСУ", ОНПУ.

Скопа О.О., Білик Н.М.

#### **ФАКТОРИЗАЦІЯ МОДЕЛІ ВІДМОВИ У МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖІ НА РІВНІ УПРАВЛІННЯ ПОСЛУГАМИ**

Розглядається принципове завдання факторизації моделі відмови надання послуги в мультисервісній телекомунікаційній мережі. Для рівня управління послугами визначені чинники, що приводять до відмов в обслуговуванні, їх граничні значення і структурирована факторна модель залежності показників якості від впливаючих чинників.

Skopa A.A., Bilyk N.M.

## FACTORIZATION MODELS REFUSED MULTISERVICE TELECOMMUNICATION NETWORKS AT THE MANAGEMENT LEVEL SERVICES

The of principle task of factorization the model of refuse grant the favour is examined in a multiservice telecommunication network. For the level of management services factors, resulting in refuses in service, are certain, their scope values and the factor model of dependence indexes of quality is structured from influences.

УДК 621.394.6; 621.391:658.62.018.012

Сергеев В.В., Мухин А.М.

*Одесский международный гуманитарный университет*

### ПРОЦЕДУРА ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Приведена процедура получения функций изменения факторов, влияющих на качество предоставления услуг в мультисервисных сетях (МСТС), а также завершена формализация и синтез моделей процессов, влияющих на отказы в указанных сетях, с учетом корреляции между занятостью полос пропускания на разных уровнях, и оператора прогнозирования Альтшуллера.

**Ключевые слова:** сеть, модель, сервис.

**Постановка проблемы и анализ исследований и публикаций.** 19 июня 1979 года Г.Альтшуллер в статье [1] впервые сделал обобщение о том, что «технические системы едины по своей материальной сущности. Их развитие в одинаковой степени подчинено законам диалектики. Дом – деревянный или бетонный – все равно дом. В машиностроении главный материал – железо, в химии – молекулы, в радиотехнике – электроны, ионы, поля, но все это в принципе одна и та же материя. Постепенно будут накапливаться данные об "областных" отличительных особенностях». Здесь же было отмечено, что все изложенное говорит об укреплении представлений о единстве явлений материального мира и систематизации методологической основы их представлений. Касательно проблем информационных технологий, одной из задач этого процесса, как отмечено в [2], является процесс конвергенции существующих телекоммуникационных сетей в сети следующих поколений – Next Generation Networks (NGN) [3]. Отчасти этот процесс связан с переходом от сетей с коммутацией каналов к сетям с пакетной коммутацией. В то же время представляется, что достаточно полной методологической основы построения и эксплуатации таких сетей в настоящее время не существует [2].



Рис. 1. Перспективная пятиуровневая модель управления МСТС