

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ СОГЛАШЕНИЙ SLA ДЛЯ УСЛУГ НА ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

EVALUATION OF SLA SERVICE AVAILABILITY PARAMETER FOR PRIMARY NETWORKS

**A. Mansurov
P. Ladygin**

Summary. Service Availability (SA) parameter is one of the key parameters of any Service Level Agreements (SLA) that is evaluated by the ITU-T recommendations. In this paper, an approach for evaluation of SA parameter for primary networks of service providers is proposed. This approach considers a network topology, details of network operation and is based on the reliability theory. Test evaluation of the proposed approach shows its sensitivity to presence of back-up links and network topology and duration of a service provided on a primary network.

Keywords: SLA, service availability, reliability theory, service provider.

Мансуров Александр Валерьевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный университет»
mansurov.alex@gmail.com*

Ладыгин Павел Сергеевич

*Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный университет»
pavel-ladygin@yandex.ru*

Аннотация. Показатель доступности услуги является одним из ключевых элементов соглашения об уровне предоставления услуги (SLA). В работе предлагается способ предварительного оценивания показателя доступности услуги, который использует особенности топологии первичной сети оператора связи, особенности эксплуатации сети оператора связи и базируется на оценках теории надежности. Апробация данного способа демонстрирует чувствительность рассчитываемого показателя доступности от наличия резервирования на сети оператора, а также от длительности периода оказываемой услуги на сети оператора связи.

Ключевые слова: SLA, показатель доступности, теория надежности, поставщик услуги.

Введение

Соглашение об уровне предоставления услуги (ServiceLevelAgreement, SLA) является формальным документом, в котором участниками оговариваются цифровые параметры качества оказываемой услуги. Чаще всего, соглашение базируется на рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ, ИТУ-Т) E.860, предложенные в 2002 г. и содержащие общую структуру, а также необходимые для согласования и контроля показатели качества [1]. Поскольку современные телекоммуникационные сети операторов связи являются сложными и многоуровневыми структурами, позволяющими оказывать самый широкий спектр услуг связи, вопрос о наиболее эффективном способе формирования SLA для каждого конкретного случая и его последующего соблюдения продолжает оставаться актуальным и исследуется многими специалистами. Рассматриваются как сам процесс разработки SLA для определенной услуги, так и возможные модификации этого процесса, а также механизмы контроля исполнения SLA и воздействия на инфраструктуру телекоммуникационной сети для исполнения принятого SLA [2–6].

Одним из ключевых параметров соглашения об уровне предоставления услуги является показатель доступ-

ности (SA), который, в соответствии с рекомендациями [1] рассчитывается как процентное соотношение между временем доступности и недоступности:

$$SA (\%) = 100\% - \frac{\sum(T_{out} \times SDF)}{T_{act}} \times 100\% \quad (1)$$

где T_{act} — время активного оказания услуги, T_{out} — время простоя, SDF — коэффициент деградации сервиса ($0 \leq SDF \leq 1$)

Оценка (1) базируется на временных характеристиках, которые должны быть накоплены на полном пути оказания услуги от начальной до конечной точки. Данная оценка не учитывает особенности топологии сетей операторов связи, рабочего ресурса используемого оборудования, особенностей эксплуатации сетей операторов связи и включение новых, вводимых в эксплуатацию участков сетей связи.

Данная работа предлагает подход к определению показателя доступности (SA) для услуг, оказываемых на первичной сети оператора связи от начальной до конечной точки оказания услуг. Способ учитывает проектные оценки, топологию сети и эксплуатационный ресурс телекоммуникационного оборудования. Данный подход может использоваться при планировании мероприятий

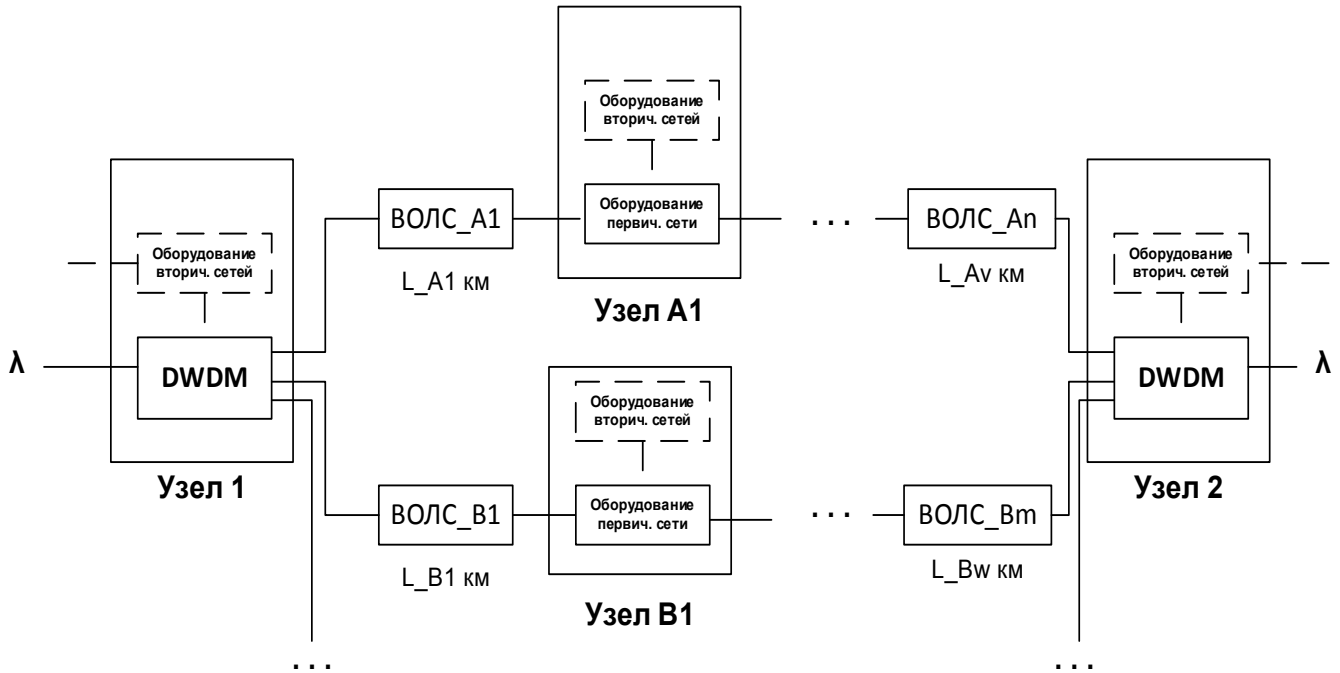


Рис. 1. Примерный сегмент первичной сети для услуги «аренда частотного ресурса».

по модернизации и развитию сети оператора связи с целью повышения надежности ее работы.

Первичная сеть оператора связи

Один из популярных подходов к организации сети связи современных операторов связи основан на принципе разделения инфраструктуры на первичную и вторичную сети [7]. Первичные сети оптимизируют и организуют каналный ресурс, и на основе первичной сети развертываются вторичные, которые уже осуществляют оказание различных телекоммуникационных услуг. Таким образом, операторы связи могут предлагать своим потребителям как непосредственно свою каналную емкость, так и более совершенные услуги, например, по передаче данных, организации телефонной связи и т.п.

Первичная сеть в настоящее время чаще всего организуется базе волоконно-оптической кабельной сети с установленным оборудованием плотного спектрального мультиплексирования передаваемого сигнала (DWDM) [8]. При этом транспортируемым является сигнал на физическом уровне без вмешательства в логические структуры передаваемых данных клиента. Услугу по аренде частотного ресурса первичной сети можно назвать «аренда частотного ресурса» или «аренда «лямбды»». Эта услуга может как использоваться самим оператором связи для развертывания вторичных сетей, так и предоставляться сторонним потребителям.

Оценка показателя доступности для услуг первичных сетей

Традиционно кабельная сеть оператора связи представляет собой участки волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), проложенного между различными точками. ВОЛС оконечивается оборудованием первичной сети — DWDM-мультиплексорами, усилителями/регенераторами сигнала, преобразователями среды (медиа-конвертерами) и пр. Наиболее частым вариантом повышения надежности является использование кольцевой топологии для выполнения резервирования [7]. Типичная конфигурация сегмента первичной сети оператора связи в случае предоставления услуги по аренде частотного ресурса от точки «1» (Узел 1) до точки «2» (Узел 2) в общем случае может выглядеть следующим образом (рис. 1) — как взаимосвязь участков ВОЛС (оптического кабеля) и оборудования мультиплексирования DWDM или иного оборудования первичной сети.

Учитывая, что показатель доступности напрямую связан с надежностью и отражает, по сути, безотказную работу, то для определения показателя доступности представляется логичным использование аппарата теории надежности [9]. Для дальнейшего рассмотрения будем руководствоваться следующими допущениями:

1. Сегмент первичной сети рассматривается как последовательное и параллельное соединение составляющих его элементов.

2. Все происшествия, связанные с активным оборудованием узлов, приводят либо к неработоспособности оборудования, либо не мешают его работе, являются некоторой случайностью, имеющей внезапный характер и не зависящей от вспомогательного оборудования или деградации (старения).

3. Участки первичной сети могут быть, как только что построенными и введенными в эксплуатацию, так и уже эксплуатирующимися в течение некоторого времени.

а) Построенный и введенный в эксплуатацию участок первичной сети

Построенный и введенный в эксплуатацию участок первичной сети является «новым» для оператора связи. Исключая непродолжительный период тестового периода работы, он не имеет достаточной накопленной статистики о своей эксплуатации. В этом случае применение предложенной в [1] методики определения показателя доступности затруднительно. Однако, проектная документация построенного участка первичной сети должна содержать расчеты его надежности в соответствии с методикой из руководящего документа Минсвязи России [10]. Эти расчеты можно использовать для вычисления показателя доступности для такого участка первичной сети.

В соответствии с расчетами по методике [10], интенсивность отказов оптического кабеля за 1 час на 1 км равен $3,88 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1}$. В этом случае, среднее расчетное время наработки на отказ (MTBF) T_0 для ВОЛС (оптического кабеля) будет равно:

$$T_0 = T_0(L) = \frac{1}{\lambda_{ок}} \frac{L_M}{L} \quad (2)$$

где L — длина ВОЛС, L_M — табличное значение максимальной длины из руководящего документа [10] (для магистрали $L_M = 12500 \text{ км}$).

Среднее время восстановления (MTTR) T_B определяется как суммарное время, необходимое для обнаружения повреждения (отказа) $t_{обн}$, определения места $t_{опр}$, прибытия ремонтной бригады на место повреждения $t_{проб}$ и выполнения ремонтно-восстановительных работ $t_{рем}$:

$$T_B = t_{обн} + t_{опр} + t_{проб} + t_{рем} \quad (3)$$

Возможности мониторинга современного оборудования позволяют пренебречь временем $t_{обн}$. Время $t_{проб}$ зависит от удаленности поврежденного участка от места нахождения специалистов по эксплуатации кабельной сети, а остальные два временных показателя определя-

ются серьезностью повреждения. Предельные значения времени восстановления определены в [10].

Проектный коэффициент готовности ВОЛС $K_{\Gamma}^{ПР}$ определяется следующим образом:

$$K_{\Gamma}^{ПР} = 1 - \frac{T_B}{T_0} \quad (4)$$

Для установленного оборудования первичной сети проектный коэффициент готовности $O_{\Gamma}^{ПР}$ определяется при помощи паспортного значения времени МТТВ и времени МТТР, смысл которого аналогичен времени T_B . Время МТТР вычисляется по формуле, аналогичной (3). В этом случае:

$$O_{\Gamma}^{ПР} = 1 - \frac{MTTR}{MTBF} \quad (5)$$

б) Эксплуатируемый участок первичной сети

Для эксплуатируемого в течение продолжительного времени участка сети оператором связи уже накоплена определенная статистика времени безотказной работы и времени простоя, в течение которого проводилось обнаружение и устранение причины неработоспособности. Это справедливо как для ВОЛС, так и для эксплуатируемого на узлах связи активного оборудования первичной сети. В этом случае, коэффициенты готовности для ВОЛС K_{Γ} и оборудования связи O_{Γ} могут быть рассчитаны следующим образом:

$$K_{\Gamma} = 1 - \frac{T_{\Pi}}{T_{Наб}} \quad (6)$$

$$O_{\Gamma} = 1 - \frac{T_{\Pi}^0}{T_{Наб}^0} \quad (7)$$

где $T_{Наб}$ — время «наблюдения» за эксплуатируемым участком ВОЛС, T_{Π} — суммарное время простоя участка ВОЛС с момента порыва до момента восстановления участка аварийной бригадой оператора, $T_{Наб}^0$ — время «наблюдения» за активным оборудованием узла связи на участке, T_{Π}^0 — суммарное время простоя активного оборудования узла связи.

При определении показателя доступности наиболее близким по смыслу в соответствии с теорией надежности можно считать коэффициент оперативной готовности, который показывает вероятность безотказной работы объекта с некоторого произвольного момента времени в течение заданного интервала времени Δt . В таком случае, коэффициенты оперативной готовности для ВОЛС $P_{ВОЛС}(\Delta t)$ и активного оборудования $P_{НИ}(\Delta t)$ для рассмотренных случаев а) и б) вычисляются следующим образом (здесь Δt — длительность эксплуатации, равная длительности оказания услуги):

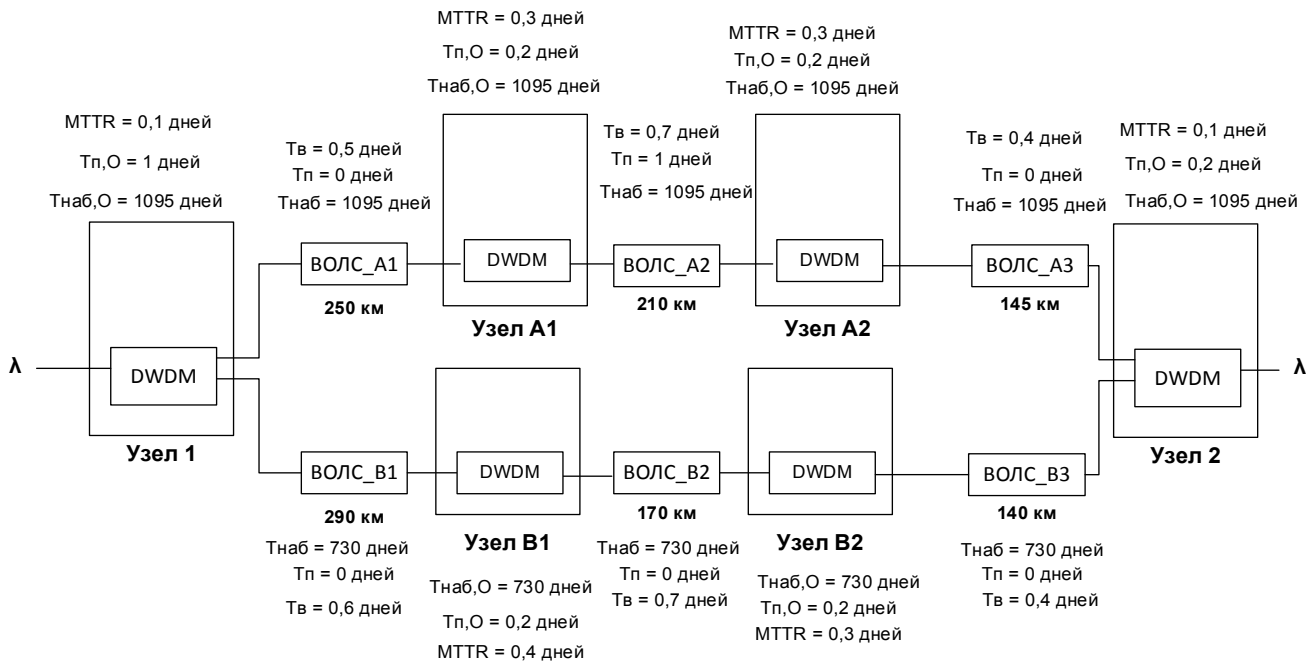


Рис. 2. Тестовый сегмент первичной сети для апробации предлагаемого подхода

Таблица 1. Рассчитанные предварительные оценки показателей доступности SA

Условие	SA по методике [1]	SA по предлагаемому подходу
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 1 год	0,9989	0,9639
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 2 года	0,9989	0,9280
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 3 года	0,9989	0,8918
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 1 год	0,9995	0,9644
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 2 года	0,9995	0,9286
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 3 года	0,9995	0,8924

$$P_{\text{ВОЛС}}(\Delta t) = \begin{cases} K_{\Gamma}^{\text{Пр}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{T_0}} & \text{для случая а)} \\ K_{\Gamma} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{T_0}} & \text{для случая б)} \end{cases} \quad (8)$$

$$P_{\text{НВ}}(\Delta t) = \begin{cases} O_{\Gamma}^{\text{Пр}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\text{MTBF}}} & \text{для случая а)} \\ O_{\Gamma} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\text{MTBF}}} & \text{для случая б)} \end{cases} \quad (9)$$

Учитывая последовательные и параллельные соединения элементов представленного на рис. 1 сегмента первичной сети для оказания услуги «аренда частотного ресурса», итоговый показатель доступности для оказываемой на этом сегменте услуги может быть оценен следующим образом:

$$SA(\Delta t) = P_{\text{НВ},1}(\Delta t) \cdot (1 - \prod_z (1 - \prod_{z,k} P_{\text{ВОЛС},z,k}(\Delta t) \cdot \prod_{z,m} P_{\text{НВ},z,m}(\Delta t))) \cdot P_{\text{НВ},2}(\Delta t) \quad (10)$$

где индексы 1 и 2 обозначают «узел 1» и «узел 2» соответственно, индекс z — число параллельных участков в сегменте сети связи, индекс k — конкретный участок ВОЛС в соответствующем параллельном участке сегмента сети, индекс m — конкретное активное оборудование «узла m » в соответствующем параллельном участке сегмента сети.

Для каждого участка k и оборудования «узла m » при вычислении используются соответствующие значения $T_0, T_{\text{В}}, T_{\text{Наб}}, T_{\text{П}}, \text{MTBF}, \text{MTTR}, T_{\text{Наб}}^0$ и $T_{\text{П}}^0$.

Формула (10) корректируется с учетом особенности конкретного сегмента сети связи, на котором оказывается услуга. При этом она может быть дополнена для услуг вторичной сети связи, развернутой на базе первичной

сети оператора связи, а также учитывать возможность использования каналов связи сторонних операторов связи (т.н. «последняя миля»).

Апробация предлагаемого подхода

Для апробации изложенного подхода рассмотрим сегмент первичной сети, на которой оказывается услуга «аренда частотного ресурса» (рис. 2). Согласно предложенной конфигурации сегмента первичной сети, услуга оказывается между узлами сети «Узел 1» и «Узел 2», которые соединены двумя параллельными участками. Каждый из участков состоит из трех включений ВОЛС и двух узлов связи. Все узлы связи укомплектованы идентичным оборудованием DWDM. Первая трасса «ВОЛС_А1»-»Узел А1»-»ВОЛС_А2»-»Узел А2»-»ВОЛС_А3» и узлы «Узел 1» и «Узел 2» были введены в эксплуатацию на год раньше второй трассы, параллельной первой, — «ВОЛС_В1»-»Узел В1»-»ВОЛС_В2»-»Узел В2»-»ВОЛС_В3». Суммарно на момент начала предполагаемого оказания услуги сегмент сети эксплуатируется 3 года. За время эксплуатации на сети происходили остановки и повреждения, которые устранялись, время простоя в каждом случае для каждого участка и узла сети фиксировалось в системе мониторинга. Расчетные время восстановления и реальные время простоя приведены на рис. 2 для каждого изображенного элемента сети связи.

На сети связи используется активное оборудование — интеллектуальная оптическая платформа OptiX OSN8800 [11]. Для оборудования OptiX OSN8800 параметр $MTBF = 58 \text{ лет} = 21170 \text{ дней}$.

Период оказания услуги «аренда частотного ресурса» $\Delta t = 365 \text{ дней}$ (услуга оказывается в течение одного года).

Рассчитанные предварительные оценки показателя доступности (SA) приведены в Таблице 1. При расчете показателя SA по методике [1] подразумевалось, что простои узла «Узел 1» и «Узел 2» были в разные моменты времени, а повреждение ВОЛС на участке «ВОЛС_А2» произошло после ввода в эксплуатацию второй трассы, параллельной первой и не привело перерыву в оказании услуги связи. Прогнозируемые расчеты выполнялись из предположения, что через требуемый период

времени на элементах сегмента сети не произойдет никаких аварий и остановок.

Согласно приведенным в Таблице 1 оценкам, накопление статистики бесперебойной работы с увеличением срока эксплуатации способствует росту значения показателя SA, вычисленному как по методике [1], так и при помощи предлагаемого подхода. Тем не менее, изменение периода оказания услуги на более длинный справедливее учитывается в предлагаемом подходе, поскольку в данном случае необходимо прогнозировать на более длительный период, что закономерно «ухудшает» расчетный показатель SA. Очевидно, что разумнее использовать более короткие сроки, на которые заключается договор об оказании услуги связи.

Для элементов сети связи важным является время восстановления, что в первую очередь зависит от быстроты реагирования специалистов по эксплуатации и оперативности ликвидации простоя. Это в свою очередь минимизирует время простоя в накапливаемой системой мониторинга статистике. Для активного оборудования также важен показатель MTBF, который играет значимую роль в предлагаемой методике определения показателя доступности — чем больше величина MTBF, тем более высокий показатель доступности при прогнозируемой оценке на длительный период оказания услуги. Сохранять высокое значение показателя доступности также помогает резервирование с использованием кольцевой топологии, что позволяет не допускать полного прекращения оказания услуги связи на сети оператора.

Заключение

В работе предлагается подход к предварительной оценке показателя доступности, являющегося важным составляющим элементом соглашения об уровне предоставления услуги (SLA), которое заключается между оператором связи и клиентом. Предлагаемый подход учитывает топологию и особенности эксплуатации первичной сети оператора связи, а также зависимость от длительности оказания услуги связи с учетом возможным проблем и отказов за требуемый период. Дальнейшая работа предполагает дополнительный учет влияния сопутствующих процессу эксплуатации факторов, а также процесса износа и старения оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T Recommendation E.860. Framework of a service level agreement. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.860-200206-1/en> (дата обращения 25.04.2018)
2. D'Arienzo M., Pescapè A., Romano S.P., Ventre G. SLAM (Service Level Agreement Manager) services: control and management of phone channel bandwidth on Premium IP Network. 2002. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/228741970_SLAM_Service_Level_Agreement_Manager_services_control_and_management_of_phone_channel_bandwidth_on_Premium_IP_Network (дата обращения 25.04.2018)

3. Comuzzi M., Kotsokalis C., Rathfelder C., Theilmann W., Winkler U., Zacco G. A Framework for Multi-level SLA Management. In: Dan A., Gittler F., Toumani F. (eds) Service-Oriented Computing. ICSOC/ServiceWave 2009 Workshops. Lecture Notes in Computer Science, vol 6275. Springer, Berlin, Heidelberg. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-16132-2_18 (дата обращения 25.04.2018)
4. Fawaz W., Daheb B., Audouin O., Du-Pond M., Pujolle G. Service level agreement and provisioning in optical networks. IEEE Communications Magazine. 2004. V. 42, N. 1. pp. 36–43. doi: 10.1109/MCOM.2004.1262160
5. Yan J., Kowalczyk R., Lin J., Chhetri M., Goh S. K., Zhang J. Autonomous service level agreement negotiation for service composition provision. Future Generation Computer Systems. 2007. V. 23, I. 6, pp. 748–759.
6. Haq, I. U., Huqqaani, A. A., Schikuta, E. Hierarchical aggregation of service level agreements. Data & Knowledge Engineering. 2011. V.70(5). Pp.435–447.
7. Гольдштейн Б.С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 400 с.
8. Листвин В., Трещиков В. DWDM-системы. М.: Техносфера, 2015. — 296 с.
9. Половко А.М., Гуров С. В. Основы теории надёжности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 702 с.
10. РД 45.047–99. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновых первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация. -М., Минсвязи России, 1999.
11. Интеллектуальная оптическая платформа передачи OptiX OSN8800. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://e.huawei.com/ru/products/fixed-network/transport/wdm/osn-8800> (дата обращения 25.04.2018)

© Мансуров Александр Валерьевич (mansurov.alex@gmail.com), Ладугин Павел Сергеевич (pavel-ladygin@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

