

# СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЯ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ СОГЛАШЕНИЙ SLA

## A METHOD FOR EVALUATION OF SERVICE AVAILABILITY PARAMETER FOR SERVICE LEVEL AGREEMENTS

**A. Mansurov  
D. Fomenko**

*Summary.* Service Availability (SA) parameter is one of the key parameters of any Service Level Agreements (SLA), and there is a way to evaluate this parameter that proposed by ITU-T recommendations. However, due to the complexity of networks of service providers, this problem continues to be relevant. In this paper, an approach for evaluation of SA parameter is proposed. This approach considers the layered structure of telecommunication networks (primary and secondary networks), a network topology, 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 running time of network equipment.

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

**Мансуров Александр Валерьевич**

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

**Фоменко Дмитрий Олегович**

*Студент 2 курса магистратуры, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»  
d.o.fomenko@mail.ru*

*Аннотация.* Показатель доступности услуги является одним из ключевых элементов соглашения об уровне предоставления услуги (SLA). Несмотря на предложенную ITU-T методику работы с соглашением SLA, вопрос наиболее правильного подхода к внедрению и соблюдению данного соглашения по-прежнему является актуальным. В работе предлагается способ предварительного оценивания показателя доступности услуги, который использует особенности топологии сети оператора связи, многослойный принцип построения сети (построение вторичной сети на базе первичной), а также учитывает методику теории надежности. Апробация данного способа демонстрирует его чувствительность к наличию или отсутствию резервных связей и периоду эксплуатации активного оборудования.

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

## Введение

**В** сфере телекоммуникаций и услуг связи соглашение об уровне предоставления услуги (Service Level Agreement, SLA) является формальным документом, содержащим согласованные участниками цифровые параметры качества оказываемой услуги [1]. Отправной точкой для формирования такого соглашения являются рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ, ITU-T) E.860, предложенные в 2002 г. и содержащие общую структуру, а также необходимые для согласования и контроля показатели качества. Учитывая сложность организации современных телекоммуникационных сетей, многоуровневые подходы к предоставлению различных услуг и широкий спектр оказываемых услуг связи, вопрос о наиболее эффективном способе формирования SLA для каждого конкретного случая и его последующего соблюдения продолжает оставаться актуальным и исследуется многими специалистами [2–6]. При этом рассматриваются не только сам процесс разработки SLA для определенной услуги, но и возможные модификации этого процесса, а также механизмы контроля исполнения SLA и воздействия на инфраструктуру телекоммуникационной сети для исполнения принятого SLA.

Одним из ключевых параметров, включаемых в число определяющих качество оказываемой услуги и представляющих наибольший интерес для конечных потребителей, является показатель доступности (SA). Согласно рекомендациям [1], универсальным способом определения данного показателя является 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 ( $0 \leq SDF \leq 1$ ).

Данный подход использует лишь временные характеристики, получаемые в ходе непосредственных измерений на полном пути оказания услуги от начальной до конечной точки. При этом, в (1) не учитываются особенности топологий сетей операторов связи, многоуровневого подхода к построению сетей связи, рабочего ресурса используемого оборудования и необходимости привлечения третьих лиц (других операторов связи). Получаемая при помощи (1) оценка является, по сути, «постфактумом», поскольку ее всякий раз необходимо актуализировать и пересчитывать. Для нового SLA но-

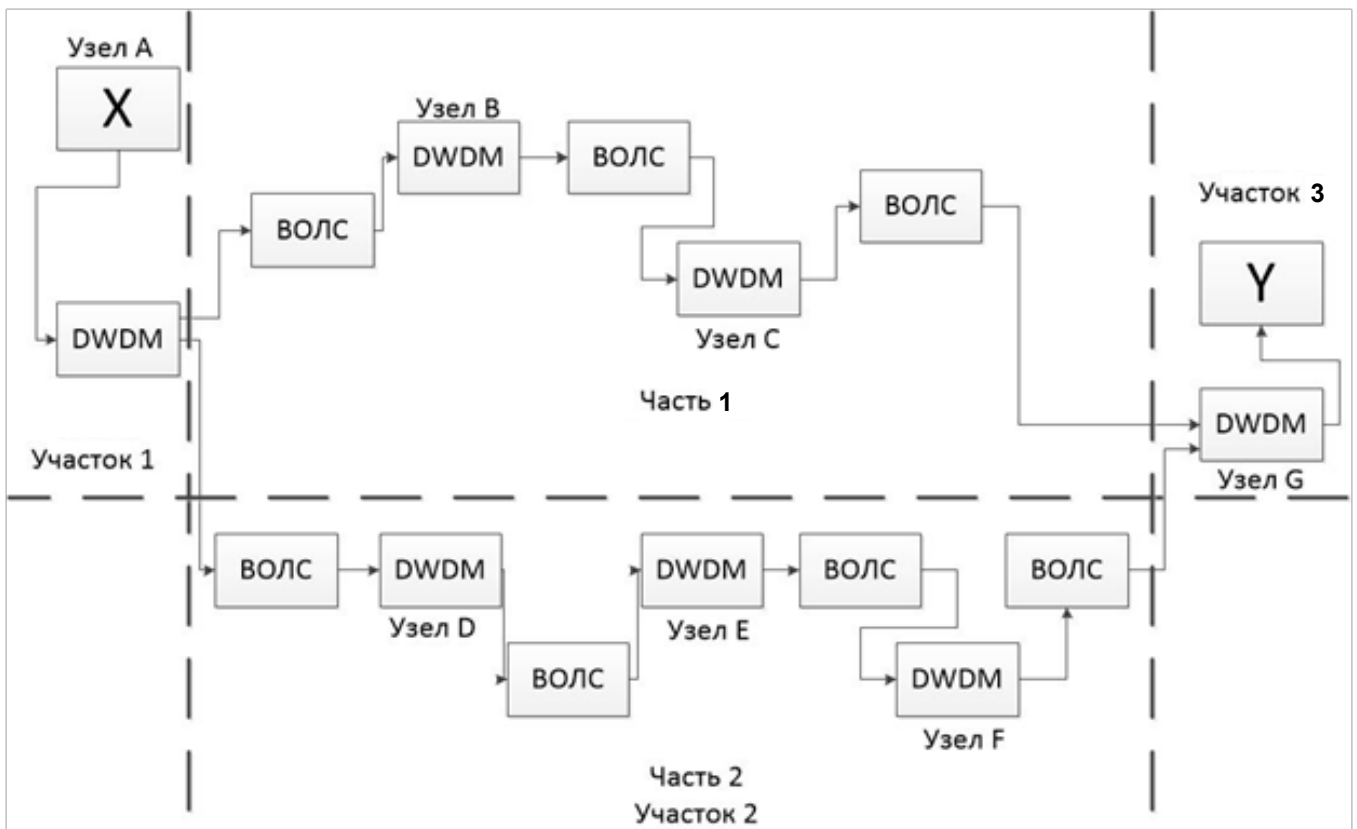


Рис. 1. Примерный сегмент первичной сети для услуги «аренда «лямбды»»

вой услуги она может использоваться как «аналог», когда показатель доступности требуется включить в соглашение на начальном этапе задолго до начала оказания самой услуги.

В данной работе предлагается способ предварительной оценки показателя доступности для услуг «аренда частотного ресурса» и «виртуальная локальная сеть» на сети оператора связи на участке от начальной до конечной точки (или точек) оказания услуги. Способ учитывает топологию сети, эксплуатационный ресурс телекоммуникационного оборудования и возможности привлечения сторонних операторов связи при оказании услуги. Данный подход может использоваться при планировании мероприятий по модернизации и развитию сети оператора связи с целью повышения надежности ее работы.

#### Сеть оператора связи и услуги

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.

В данной публикации рассматриваются две услуги, одна из которых оказывается оператором на первичной сети, а другая — на вторичной. Услугу по аренде частотного ресурса волоконно-оптической кабельной сети можно назвать «аренда частотного ресурса» или «аренда «лямбды»». Данная услуга заключается в предоставлении частотного ресурса первичной сети оператора, эксплуатирующего волоконно-оптическую кабельную сеть с установленным оборудованием грубого или плотного спектрального мультиплексирования передаваемого сигнала (CWDM/DWDM) [8]. При этом транспортируемым является сигнал на физическом уровне без вмешательства в логические структуры передаваемых данных клиента.

Услуга «виртуальная локальная сеть» (VLAN) подразумевает предоставление каналов передачи данных по технологии Ethernet между разнесенными точками

присутствия оборудования вторичной сети передачи данных оператора. Вторичная сеть оператора может строиться на коммутирующем оборудовании технологии Ethernet. Кроме этого, для оказания услуги могут использоваться аналогичные каналы, предоставляемые сторонними операторами связи — т.н. «последние мили» (LastMile).

#### Оценка показателя доступности для услуги «аренда «лямбды»

Традиционно кабельная сеть оператора связи представляет собой участки волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), проложенного между различными точками. ВОЛС оконечивается оборудованием первичной сети — мультиплексорами, усилителями/регенераторами сигнала, преобразователями среды (медиаконвертерами) и пр. Наиболее частым вариантом повышения надежности является использование кольцевой топологии для выполнения резервирования [7]. Принимая во внимание вышесказанное, примерный сегмент сети, на котором оказывается услуга «аренда «лямбды» можно понимать как взаимосвязь участков ВОЛС и оборудования мультиплексирования CWDM/DWDM (рис. 1). Часть 1 состоит из исходного узла и DWDM оборудования в данном узле связи. Часть 2 состоит из 2 участков, что таким образом симулирует резервирование с использованием кольцевой топологии. Часть 3 состоит из конечного узла и крайнего DWDM оборудования. Изображенный примерный участок сети в совокупности состоит из 7 узлов связи, один начальный (узел А) и конечный (узел Г).

Для дальнейшей оценки показателя доступности необходимо сделать следующие допущения:

1. Все узлы укомплектованы стандартным оборудованием, тип подключения оборудования и прочие сторонние условия идентичны.
2. Сегмент сети рассматривается как последовательное и параллельное соединение составляющих его элементов.
3. Участки ВОЛС считаются не стареющими и не деградирующими от времени в течение периода эксплуатации. Единственной причиной неработоспособности ВОЛС будет являться только порыв, а значит, система не имеет никакого иного статуса кроме как «работает» и «не работает».
4. Все происшествия, связанные с активным оборудованием узлов (т.е. DWDM-мультиплексоры) 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).

Учитывая, что показатель доступности напрямую связан с надежностью и отражает, по сути, безотказную работу, то в соответствии с рекомендациями [1] и знаниями теории надежности [9], показатель доступности для ВОЛС  $P_{волс}$  можно определить как:

$$P_{волс} = \frac{T_p - T_{п}}{T_p} = 1 - \frac{T_{п}}{T_p} \quad (2)$$

где  $T_p$  — время активной работы участка ВОЛС,  $T_{п}$  — время простоя с момента порыва до момента восстановления участка аварийной бригадой оператора.

Для активного DWDM-оборудования важным показателем, характеризующим его надежность, является среднее время наработки на отказ — параметр MTBF (Mean Time Before Failure). Параметр MTBF определяется статистически путем испытания множества аналогичных устройств или вычисляется при помощи аппарата теории надежности. Для оборудования данный параметр приводится в технической спецификации. В соответствии со сделанными выше допущениями, для оценки показателя доступности DWDM-оборудования  $P_{dwdm}$  можно использовать экспоненциальное распределение:

$$P_{dwdm}(T_{экспл}; T_{длит}) = e^{-\frac{1}{MTBF} * (T_{экспл} + T_{длит})} \quad (3)$$

где  $T_{экспл}$  — время эксплуатации оборудования с момента его ввода до начала оказания услуги,  $T_{длит}$  — период оказания услуги,  $MTBF$  — параметр, определяющий среднее время наработки на отказ.

Получаемая оценка при этом будет являться наиболее низкой, поскольку, фактически, будет относиться к концу заявленного периода оказания услуги.

Показатель доступности  $SA_{\lambda}$  для услуги «аренда «лямбды» будет определяться следующим образом:

$$SA_{\lambda} = \prod_i P_{участок\ i} \quad (4)$$

где  $P_{участок\ i}$  — показатель доступности каждого составного участка на сегменте сети между начальной и конечной точками оказания услуги.

Участок 2 имеет параллельное соединение, показатель доступности  $P_{участок\ 2}$  для которого рассчитывается как:

$$P_{участок\ 2} = 1 - (1 - P_{участок\ 2, часть\ 1}) * (1 - P_{участок\ 2, часть\ 2}) \quad (5)$$

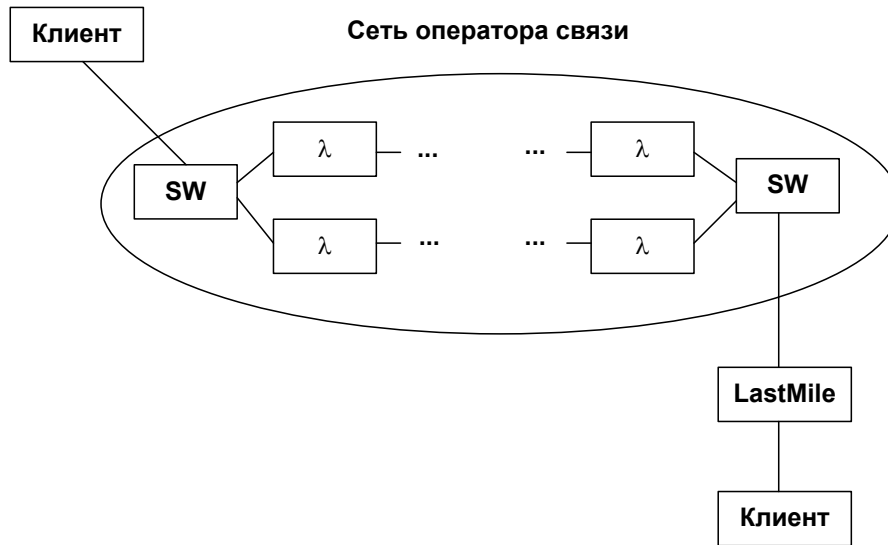


Рис. 2. Примерный сегмент вторичной сети оператора связи для услуги «виртуальная локальная сеть»

$$P_{\text{участок 2, часть 1}} = \prod_k P_{\text{волс},k} * \prod_m P_{\text{dwdm},m} (T_{\text{экспл},m}; T_{\text{длит}}) \quad (6)$$

где  $P_{\text{участок 2, часть 1}}$  — показатель доступности для части 1 участка 2 (на рис. 1),  $k$  — число элементов ВОЛС на части 1 участка 2,  $m$  — число элементов активного оборудования DWDM на части 1 участка 2.

Для части 2 участка 2 расчет показателя доступности аналогичен (6). При наличии большего количества запараллеленных частей необходимо скорректировать формулу (5).

#### Оценка показателя доступности для услуги «виртуальная локальная сеть»

Поскольку вторичная сеть оператора базируется на его первичной с использованием собственного активного оборудования, она также может иметь свою собственную топологию и собственное количество участвующих в оказании услуги узлов связи. Принцип и подход к определению показателя доступности остаются аналогичными тем, что использованы для услуги «аренда «лямбды» при тех же самых сделанных допущениях. Пример сегмента сети для оказания услуги «виртуальная локальная сеть» приведен на рис. 2.

Вторичная сеть аналогичным образом может быть разделена на свои участки с последовательным и параллельным соединением элементов, которыми являются активное оборудование вторичной сети (например,  $SW$  — коммутаторы Ethernet), каналы связи первичной сети, а также каналы, организуемые сторонними операторами связи (*LastMile*). Оценка показателя доступности

сти  $SA_{\text{vlan}}$  в этом случае аналогична оценкам (4) — (6) и может быть представлена следующим образом:

$$SA_{\text{VLAN}} = \prod_x P_{\text{участок},x} * \prod_y SA_y^{\text{LastMile}} \quad (7)$$

где  $P_{\text{участок},x}$  — условно выделенный участок номер  $x$  сегмента вторичной сети оператора связи,  $SA_y^{\text{LastMile}}$  — показатель доступности для «последней мили» номер  $y$ , организованной сторонним оператором связи.

Выражения (5) и (6) корректируются с учетом элементов, образующих вторичную сеть оператора. Для части, представляющей собой последовательно соединенное активное оборудование вторичной сети, показатель доступности  $P_{\text{посл. часть}}$  определяется как:

$$P_{\text{посл. часть}} = \prod_z SA_{\lambda,z} * \prod_q P_{SW,q} (T_{\text{экспл},q}; T_{\text{длит}}) \quad (8)$$

где  $SA_{\lambda}$  — показатель доступности для используемого канала первичной сети,  $z$  — число задействованных каналов первичной сети на данной части вторичной,  $q$  — число элементов активного оборудования вторичной сети на данной части,  $P_{SW}$  — показатель доступности для элемента активного оборудования вторичной сети.

Показатель  $P_{SW}$  вычисляется аналогично показателю  $P_{\text{dwdm}}$  с использованием выражения (3).

Согласно (7) следует, что в случае организации «последней мили» сторонними операторами связи, коэффициент доступности услуг сторонних операторов оказывает влияние на итоговый показатель доступности.

Апробация предложенного способа предварительной оценки показателя доступности

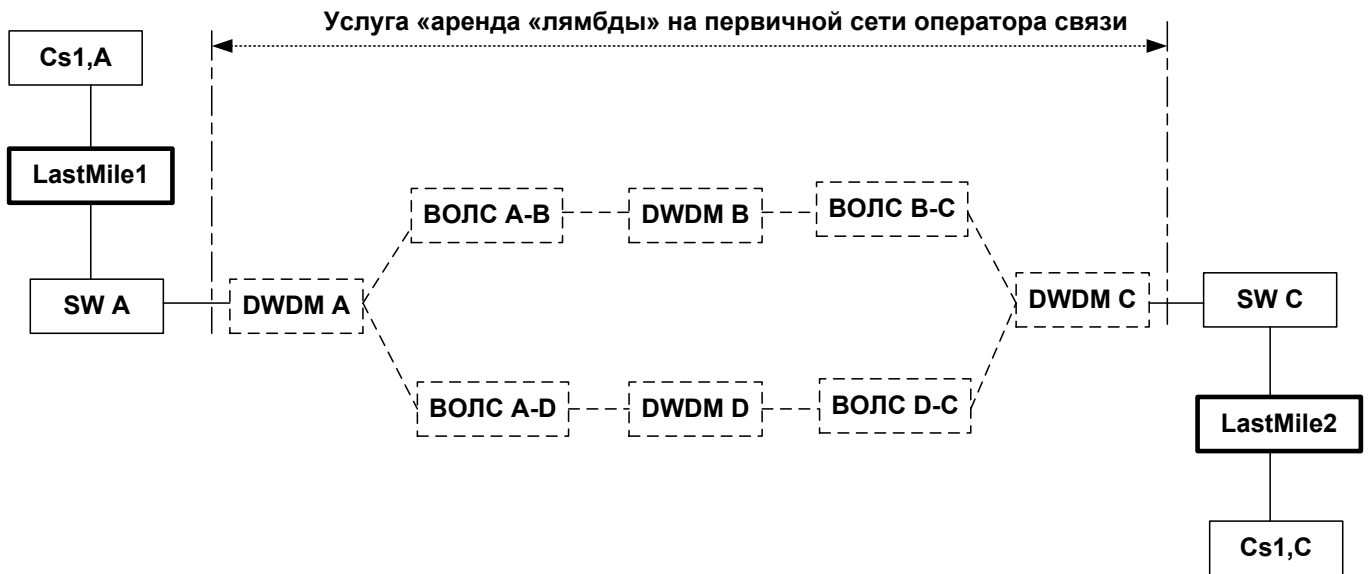


Рис. 3. Вариант сети связи для оказания услуги оператором

Для апробации предложенного способа рассмотрим примерный вариант организации сети для оказания услуги «виртуальная локальная сеть» оператором связи в интересах клиента Cs1 между двумя пунктами А и С (рис. 3). Услуга организуется на вторичной сети оператора связи, которая строится с использованием канального ресурса его первичной сети, т.е. оператор сам для себя эксплуатирует услугу «аренда «лямбды»». В пунктах А и С до клиентских точек Cs1, А и Cs1, С используется «последняя миля» сторонних операторов связи LastMile1 и LastMile2. Сам оператор связи использует на первичной сети интеллектуальную оптическую платформу передачи OptiX OSN8800 [10], а на своей вторичной сети — Ethernet-коммутаторы Alcatel Lucent SAS-M 7210 [11]. Выбор оборудования обусловлен тем фактом, что данная конфигурация повторяет реальную конфигурацию сети оператора связи, оказывающего свои услуги на территории Сибирского федерального округа Российской Федерации, вместе с эксплуатируемым оборудованием.

Предварительная оценка показателя доступности может базироваться на опыте эксплуатации сети за предыдущие периоды. Например, если за прошлый по отношению к моменту начала оказания услуги год был зафиксирован один простой в течение 6 часов, то, используя выражение (1), расчетное предварительное значение показателя доступности для услуги «виртуальная локальная сеть»  $SA_{VLAN}^* = 0.9993$  или 99.93%. Если же простоев и перерывов в оказании услуг связи зафиксировано не было, либо были минимальные согласованные профилактические остановки, то в этом случае показатель доступности SA фактически можно считать равным единице. При этом, и для первичной и для вто-

ричных сетей показатель доступности SA оказывается одинаковым.

В соответствии с предлагаемым способом, необходимо определить нужные параметры для выполнения расчетной оценки.

$$T_{\text{длит}} = 365 \text{ дней (услуга оказывается в течение одного года)}.$$

Для оборудования OptiX OSN8800 параметр  $MTBF = 58 \text{ лет} = 21170 \text{ дней}$  [10].

Для оборудования Alcatel Lucent SAS-M 7210 параметр  $MTBF = 165000 \text{ часов} = 6875 \text{ дней}$  [11].

Ethernet-коммутатор и DWDM-оборудование на участке А-В-С было введено в эксплуатацию в первую очередь, и  $T_{\text{экспл}}^{A-B-C} = 24 \text{ месяца} = 730 \text{ дней}$ . Участок А-Д-С был введен в эксплуатацию на 12 месяцев позже.  $T_{\text{экспл}}^{A-D-C} = 12 \text{ месяцев} = 365 \text{ дней}$ . Это касается линии ВОЛС А-Д и Д-С, а также DWDM-оборудования на узле D.

Показатели доступности, переданные сторонними операторами:  $SA_{\text{LastMile1}} = 0.9870$ ;  $SA_{\text{LastMile2}} = 0.9910$ .

Для предварительной оценки показателя доступности для ВОЛС  $P_{\text{волс}}$  можно использовать накопленную статистику аварий и времени неработоспособности сегментов ВОЛС, участвующих в схеме рис. 3. Предполагается, что для всех сегментов ВОЛС в случае их повреждения, аварийной бригаде требуется 6 часов на восстановление участка, за год возможно одно повреждение.

Таблица 1. Рассчитанные предварительные оценки показателей доступности

$SA_{VLAN}^*$	$P_{волс}$	$P_{dwdm}$ узлы A, B, C	$P_{dwdm}$ узел D	$P_{sw}$	$SA_{\lambda}$	$SA_{vlan}$
0.9993	0.9993	0.9496	0.9661	0.8528	0.9949	0.7077

Рассчитанные предварительные оценки показателей доступности по формулам (2) — (8) приведены в Таблице 1.

Согласно оценкам, приведенным в Таблице 1, расчетный показатель доступности для услуги «аренда «лямбды», которую использует оператор для соединения двух Ethernet-коммутаторов между собой, уже является гораздо ниже рассчитанного при помощи (1) показателя доступности, который, в общем, может быть применим к любой услуге. Рассчитанный по предлагаемой методике показатель доступности более справедлив, поскольку система (сеть) состоит из нескольких элементов, каждый из которых влияет на общую производительность и доступность. Сохранять высокое значение показателя доступности помогает резервирование с использованием кольцевой топологии.

Аналогично, рассчитанный показатель доступности  $SA_{vlan}$  также оказывается меньше показателя  $SA_{VLAN}^*$ . Достаточно небольшую оценку доступности (надежности) при этом получают сами Ethernet-коммутаторы. Во многом это зависит от величины MTBF, на которую следует обратить внимание при выборе оборудования. Правда, этот аспект может компенсироваться скоростью морального устаревания телекоммуникационного оборудования и необходимостью его модернизации и замены гораздо раньше определяемого MTBF срока.

Еще одним моментом является способность предлагаемого подхода учитывать особенности топологии сети связи оператора и способы соединения оборудования на сетях оператора. Отсутствие резервных каналов автоматически приводит к существенному снижению пока-

зателя доступности. Например, для услуги «виртуальная локальная сеть» отсутствие резервных связей на вторичной сети оператора приводит к низкому оценочному значению показателя доступности  $SA_{vlan}$ . В то же время, если допустить наличие аналогичного изображенному на рис. 3 второго резервного соединения между коммутаторами SW A и SW C, то показатель доступности возрастет до значения  $SA_{vlan}' = 0.9556$ .

### Заключение

В данной работе предложен подход к предварительной оценке показателя доступности, являющегося важным составляющим элементом соглашения об уровне предоставления услуги (SLA), которое заключается между оператором связи и клиентом. Данный подход позволяет производить оценку с учетом топологии первичной и вторичной сетей оператора связи, времени эксплуатации оборудования на сети оператора, а также учитывать привлечение сторонних операторов в процесс оказания услуги.

Предлагаемый подход может быть использован при оценке показателей доступности проектируемых участков сети на определенном периоде будущей работы, а также для формирования более точной оценки доступности, значение которой должно включаться в соглашение об уровне предоставлении услуги. Дальнейшая работа над предлагаемым подходом необходима для уточнения оценки путем учета влияния сопутствующих процессу эксплуатации факторов, влияния процесса износа и старения оборудования, а также более детальной проработки процесса сопряжения между первичной и вторичными сетями оператора.

### 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 25.06.2017)
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](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 25.06.2017)
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](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16132-2_18)
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., Huqqani, 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., Трешиков 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. 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 25.06.2017)
11. Коммутатор Alcatel-Lucent 7210 Service Access Switch. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://alcatel-lucent-rt.ru/product/ipmpls-networks/carrier-ipmpls-switches/7210-sas/> (дата обращения 25.06.2017)

© Мансуров Александр Валерьевич (mansurov.alex@gmail.com), Фоменко Дмитрий Олегович (d.o.fomenko@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

