

ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРОЙ СЕТИ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СОСТОЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

DOI: 10.36724/2072-8735-2021-15-11-18-31

Сорокин Александр Александрович,
ФГБОУ ВО Астраханский государственный
технический университет, г. Астрахань, Россия,
alsorokin.astu@mail.ru

Квятковская Ирина Юрьевна,
ФГБОУ ВО Астраханский государственный
технический университет, г. Астрахань, Россия,
i.kvyatkovskaya@astu.org

Manuscript received 10 May 2021;
Accepted 30 June 2021

Ключевые слова: Управление сетевой инфраструктурой, планирование, анализ внешней среды, поддержка принятия решений, проект управляющего воздействия, OSS/BSS система

Проведенный анализ выявил тенденции развития рынка телекоммуникаций связанные с усилением вовлеченности информационных услуг в различные технологические процессы, непрерывное изменение нормативной базы, которая регулирует функционирование операторов связи, усложнение организационных процессов при эксплуатации сетевой инфраструктуры, широкое разнообразие оборудования и информационных систем, используемых операторами связи. В результате порождается информационная неопределенность у лиц, принимающих решения в процессе эксплуатации и развития сетевой инфраструктуры оператора связи. Для устранения неопределенности предложена методология по управлению сетевой инфраструктурой оператора связи, в условиях трансформации состояния внешней среды. Управление в рамках методологии основано на представлении каждого управляющего воздействия в виде отдельного проекта, а последовательность оказываемых управляющих воздействий в виде портфеля проектов. На этапе контроля состояния сети проводится оценка показателей экономической эффективности и надежности телекоммуникационной системы и отдельных ее элементов. Так же контролю подвергаются параметры внешней среды, которая окружает сетевую инфраструктуру. В случае отклонения показателей от допустимых значений проводится запуск цикла управления, в ходе которого анализируется состояние элементов сетевой инфраструктуры и участков зоны покрытия. По результатам анализа проводится группировка сетевых элементов по видам, управляющих воздействий, которые необходимо оказать для сохранения эксплуатационных характеристик сетевой инфраструктуры. Затем проводится формирование проектов управляющих воздействий, которые добавляется в портфель оказываемых корректирующих действий. В результате к подобным управляющим воздействиям становятся применимы методы управления портфелем проектов. Применение этих методов позволяет решать задачи планирования работ и ресурсов при оказании управляющих воздействий. Использование методологии открывает возможности развития OSS/BSS систем в области совершенствования решения задач управления ресурсами оператора связи за счет организации планирования мероприятий по оказанию управляющих воздействий на инфраструктуру сети.

Информация об авторах:

Сорокин Александр Александрович, доцент кафедры "Связь", доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Квятковская Ирина Юрьевна, зав. кафедрой "Высшая и прикладная математика", профессор, д.т.н., ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Для цитирования:

Сорокин А.А., Квятковская И.Ю. Проектное управление инфраструктурой сети оператора связи в условиях трансформации состояния внешней среды // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №11. С. 18-31.

For citation:

Sorokin A.A., Kvyatkovskaya I.Yu. (2021) Project management of the telecom operator's network infrastructure in the external environment state transformation context. *T-Comm*, vol. 15, no.11, pp. 18-31. (in Russian)

Введение

В настоящее время наблюдается очередная трансформация в области использования инфокоммуникационных систем. Подобная трансформация связана с вовлечением телекоммуникационных технологий в цепочки различных хозяйственных процессов, например, каршеринг, системы доставки, различные Uber-подобные сервисы, телемедицина и т.д. [1-4]. Очередной всплеск вовлеченности инфокоммуникаций в социально-экономические процессы связан с выходом на рынок систем сотовой связи 5-го поколения. Ожидается, что внедрение сетей 5G откроет возможности полномасштабного применения технологий интернета вещей (IoT, Internet of Things) в различных сферах деятельности экономических агентов. К числу подобных экономических агентов относятся предприятия жилищно-коммунального и промышленного сектора [5,6]. Отдельную позицию занимают технологии, при помощи которых реализуются задачи по автоматизации дорожного движения и использования беспилотных транспортных средств [7,8]. Расширение сферы использования инфокоммуникационных услуг приводит к увеличению объемов передаваемого трафика [9], что является причиной увеличения количества элементов сетевой инфраструктуры (ЭСИ), например базовых станций у операторов мобильной связи [10]. Увеличение количества ЭСИ приводит к увеличению затрат ресурсов для поддержания инфраструктуры в работоспособном состоянии.

Управление организационными процессами по поддержанию сетевой инфраструктуры в работоспособном состоянии осуществляется при помощи программного обеспечения (ПО) относящегося к классу OSS / BSS (анг. Operation Support System / Business Support System) [11-13]. Подобное ПО реализуется в рамках концепции eTOM (анг. Enhanced Telecom Operations Map). Как показывает анализ [14,15] OSS / BSS позволяют решать задачи планирования и распределения ресурсов оператора связи при организации процессов по эксплуатации сетевой инфраструктуры.

Таким образом, дальнейшее развитие OSS/BSS систем связано с усовершенствованием механизмов идентификации и обработки информации для решения задач управления сетевой инфраструктурой оператора связи.

1. Обзор предметной области и постановка задачи исследования

Как показывает обзор [16] организация управления сетевой инфраструктурой возникла с самого начала функционирования операторов связи. С точки зрения концептуального описания процесс управления сетью связи как сложной организационно-технической системой оформился созданием модели TMN (англ. Telecommunication Management Network) [17-19]. Согласно TMN управление сетью включает различные группы задач по (г 1) управлению ЭСИ; (г 2) управлению сегментами сети и сетью в целом; (г 3) управления оказываемыми услугами; (г 5) управления хозяйственными процессами, которые необходимы для поддержания сети в работоспособном состоянии.

Реализация TMN вызвана трансформацией рынка телекоммуникационных услуг, которая начала происходить с середины 70-х годов XX века. Трансформация привела к

тому, что клиентам операторов связи потребовалось предоставление к большому спектру услуг и возникновением новых сервисов, которые предоставляли владельцы информационных ресурсов. Следствием подобных событий стала необходимость расширения использования методов управления трафиком для разных групп пользователей. В результате усложнились процессы взаимодействия оператора связи с другими экономическими агентами, которые были вовлечены в процесс потребления услуг по передаче данных и в процессы, которые обеспечивали функционирование сети оператора связи. Следствием использования TMN стала реализация комплекса информационных систем, при помощи которых осуществлялось управление сетевой инфраструктурой как организационно-технической системой. В число процессов входили задачи мониторинга состояния управления элементами и крупными сегментами сети в целом, а также контроля процессов взаимодействия с абонентами и контрагентами оператора связи. Дальнейшее вовлечение телекоммуникационных технологий в различные цепочки хозяйственных процессов, создание новых видов информационных сервисов, глобализация экономических отношений привели к еще большему усложнению взаимодействия оператора связи с внешней средой. Подобное привело к развитию eTOM, которая в большей степени детализировала процесс взаимодействия оператора связи с другими участниками рынка [14,15]. eTOM описывает перечень задач, которые решаются в процессе выстраивания отношений между клиентами, поставщиками, акционерами, работниками предприятия и другими заинтересованными лицами. Фактически eTOM приводит перечень процессов, которыми необходимо управлять в процессе функционирования оператором связи и показывает точки взаимодействия этих процессов. Положения eTOM используются при реализации программного обеспечения класса OSS / BSS, которое применяется для управления сетевой инфраструктурой сети оператора связи [11-13]. Основной областью использования OSS / BSS является управления техническими, трудовыми и финансовыми ресурсами оператора связи. Примером отечественной разработки OSS / BSS является семейство программных продуктов «Аргус» [20]. Как показывает анализ [21–23] одним из направлений развития OSS / BSS является аналитика разнородной информации, которая влияет на процессы эксплуатации сетей операторов связи и аккумулирование опыта по эксплуатации телекоммуникационного оборудования.

Отдельной тенденцией развития операторов связи является укрупнение организационных структур за счет объединения крупных операторов связи с небольшими региональными компаниями [24-27]. В результате слияния происходит объединение абонентской базы и сетевой инфраструктуры. Параллельно, операторы проникают на рынки других стран, превращаясь в транснациональные корпорации. Объединение сетевой инфраструктуры вызывает организационные и технические трудности по причинам: (пр 1) разнородности используемого оборудования; (пр 2) разнородности информационных систем которые использовались для мониторинга оборудования и хранения информации о сетевой инфраструктуре; (пр 3) если наблюдается слияние с оператором связи другого государства возникает необходимость учета нормативно-правовых актов, которые регулируют предоставление услуг связи в определенном государстве.

Как показывает практика, в течение последних лет корректируется нормативно-правовая база, которая регулирует правила эксплуатации сетевой инфраструктуры. Результатом корректировок часто является необходимость адаптации сети за счет реализации новых инфраструктурных проектов. Примером подобного регулирования является требования по модернизации систем в области хранения сведений об информации, доступ к которой запрашивали пользователи [28].

Для оказания эффективных управляющих воздействий необходим целостный анализ факторов, которые оказывают воздействия на сетевую инфраструктуру. Однако, как показал обзор [29–31] существующие методы анализа влияющих факторов часто, ориентированы на решение специфичных задач (например, мониторинга показателей эффективности передачи трафика, анализа параметров микроклимата, учета своевременной оплаты полученных абонентом услуг). В результате информация о результатах проведенных измерений состояния внешней среды распределена по различным информационным системам. Подобное распределение затрудняет процесс агрегирования информации на этапе принятия решений по оказанию управляющих воздействий, что создает проблему информационной неопределенности для лиц, принимающих решения (ЛПР) различного уровня ответственности занятых управлением сетевой инфраструктуры.

Проведенный анализ выявил следующие противоречия: (п. 1) усиление вовлеченности информационных услуг в различные технологические процессы; (п. 2) быстрое изменение нормативной базы, регулирующая функционирование операторов связи; (п. 3) усложнение организационных процессов при эксплуатации сетевой инфраструктуры; (п. 4) разнообразие оборудования и информационных систем, обеспечивающих его мониторинг. Подобные противоречия затрудняют реализацию процесса управления сетевой инфраструктурой оператора связи. Устранения подобных противоречий требует разработки новых методологических подходов по управлению сетевой инфраструктурой оператора связи в условиях непрерывных изменений внешней среды.

Таким образом, целью работы является формирование методологии по управлению сетевой инфраструктурой оператора связи, в условиях трансформации состояния внешней среды.

2. Описание методологии и концепции управления инфраструктурой сети оператора связи, в условиях непрерывной трансформации внешней среды

В процессе эксплуатации сетевой инфраструктуры, на ее элементы оказываются воздействия внешней среды, которые приводят к ухудшению параметров телекоммуникационной системы. Подобное заключение основано на принципе, что энтропия в замкнутой системе с течением времени увеличивается [32], следовательно, характеристики самой системы и ее элементов ухудшаются. Компенсация негативных воздействий на ЭСИ проводится оказанием управляющих воздействий (УВ). Формирование УВ проводится решением задач анализа состояния ЭСИ и последующего синтеза определенного решения с учетом ресурсных ограничений оператора-владельца сети. Подобные решения, как правило, направлены на проведение предупредительных мероприятий, восстановление работоспособности, расширение функциональных

возможностей ЭСИ или телекоммуникационной системы в целом.

В рамках работы предлагается каждое из управляющих воздействий представлять в виде проекта. Как описывается в [33]: «Проект – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией». Следовательно, проект p можно представить как некоторую законченную совокупность действий, направленную на достижение цели в установленные рамки времени с учетом ресурсных ограничений. Таким образом, управление инфраструктурой сети можно представить в виде последовательности реализации множества проектов-управляющих воздействий (ПУВ) $P = \{p_q\}$, а для описания самого вида управления целесообразно использование термина «проектное управление». В контексте работы под термином «проектное управление» понимается управление некоторым сложным объектом, осуществляемое последовательностью реализуемых проектов.

Множество ПУВ P можно представить как портфель проектов, реализация которого осуществляется с учетом ограниченного набора ресурсов $R \leq R_{кр}$, при этом показатель эффективности каждого из проектов портфеля должен стремиться к максимуму $K_p \rightarrow \max$. Для отсутствия негативного влияния на другие элементы системы или внешнюю среду, совокупность параметров реализуемого проекта H должна принадлежать совокупности допустимых значений, которые указаны в нормативной документации $H_{норм}$, т.е. $H \subset H_{норм}$. Примерами подобной документации являются ГОСТы, требования законодательства, предписания регулирующих органов и т.д. Таким образом, общую постановку задачи управления каждым из проектов можно представить в виде:

$$\begin{cases} K_p \rightarrow \max \\ R \leq R_{кр} \\ H \subset H_{норм} \end{cases} \quad (1)$$

Подобная постановка задачи показывает необходимость максимизации целевых показателей при не превышении затрат на реализацию проекта выше критических значений и соответствии нормативным значениям, выполнение которых обеспечивает отсутствие коллизий реализуемого проекта с существующей инфраструктурой сети заданного оператора, сетями операторов-партнеров и другими объектами внешней среды. Примером выполнения подобного условия является установка нового радиоэлектронного средства, которое сопровождается получением пакета разрешительных документов от контролирующих органов и проведением ряда экспертиз по анализу электромагнитной обстановки и определению санитарно-защитных зон.

Структуру методологии управления инфраструктурой сети оператора связи, включающую основные этапы обработки информации и формирования УВ с учетом [34–36] предлагается обобщить в виде таблицы 1, а концепцию управления инфраструктурой сети представить в виде схемы на рисунке 1.

**Методология управления инфраструктурой сети оператора связи,
в условиях трансформации состояния внешней среды**

Наименование этапа методологии	Основные действия этапа методологии	Структуризация действий этапа методологии
1. Контроль элементов сети	1.1 Контроль общего состояния сетевой инфраструктуры	1.1.1 Оценка коэффициента готовности систем; 1.1.2 Оценка показателя эффективности.
2. Анализ состояния элементов и внешней среды сетевой инфраструктуры	2.1 Анализ параметров действующих элементов сетевой инфраструктуры	2.1.1 Измерение значений технических параметров; 2.1.2 Получение интегральной оценки состояния элементов сетевой инфраструктуры; 2.1.3 Получение классов состояний элементов сетевой инфраструктуры; 2.1.4 Получение групп элементов сетевой инфраструктуры с идентичными параметрами.
	2.2 Анализ проектов-управляющих воздействий и их корректировок	2.2.1 Измерение значений экономических параметров; 2.2.2 Агрегирование значений экономических параметров; 2.2.3 Получение классов состояний управляющих воздействий; 2.2.4 Получение групп управляющих воздействий с идентичными параметрами.
	2.3 Анализ параметров участков зоны покрытия сети	2.3.1 Измерение значений социальных параметров; 2.3.2 Агрегирование значений социальных параметров; 2.3.3 Получение классов состояний зоны покрытия сети; 2.3.4 Получение групп зоны покрытия сети с идентичными параметрами.
	2.4 Анализ процессов выполнения проектов управляющих воздействий	2.4.1 Измерение значений параметров выполняемых проектов-управляющих воздействий; 2.4.2 Получение интегральной оценки состояния выполняемых проектов-управляющих воздействий; 2.4.3 Отнесение выполняемых проектов-управляющих воздействий к определенному классу состояний
3. Поддержка принятия решений (ППР) по формированию проектов-управляющих воздействий (ПУВ)	3.1 Формирование портфелей проектов-управляющих воздействий по каждому из видов проектов	3.1.1 Формирование общих проектов-управляющих воздействий для выявленных классов состояний, контролируемых ЭСИ; 3.1.2 Анализ и выбор технических средств для реализации проектов-управляющих воздействий; 3.1.3 Проведение технических расчетов по соответствию выбранного оборудования для формирования проектов-управляющих воздействий; 3.1.4 Разработка методик по установке и пуско-наладочным работам, необходимым для реализации проектов-управляющих воздействий; 3.1.4 Прогнозирование показателей экономической эффективности реализации проектов-управляющих воздействий на инфраструктуру сети оператора.
4. Контроль проектов-управляющих воздействий	4.1 Контроль проектов-управляющих воздействий	4.1.1 Оценка показателей прогнозируемой экономической эффективности; 4.1.2 Оценка прогнозируемых значений технических показателей 4.1.3 Обор проектов-управляющих воздействий для добавления их в портфель проектов, который принимается к исполнению
5. ППР по корректировке ПУВ	5.1 Корректировка проектов-управляющих воздействий	5.1.1 Уточнение причин вызывавших отклонения; 5.1.2 Предложение методов устранения отклонений; 5.1.3 Доработка проектов-управляющих воздействий с учетом выявленных отклонений; 5.1.4 Уточнение задания на подготовку нового проектов-управляющих воздействий в случае отклонения анализируемого.
6. Пополнение портфелей ПУВ	6.1 Динамическое формирование портфелей проектов-управляющих воздействий по группам	6.1.1 Фиксация понесенных затрат на момент принятия решения о добавлении нового проектов-управляющих воздействий; 6.1.2 Определение оставшихся затрат на завершение выполняемых ПУВ; 6.1.3 Включение в портфель нового проектов-управляющих воздействий; 6.1.4 Проверка достаточности оставшихся ресурсов для выполнения расширенного проектов-управляющих воздействий; 6.1.5 Выделение дополнительных ресурсов на завершение расширенного портфеля проектов-управляющих воздействий в случае необходимости.
7. Оказание управляющих воздействий	7.1 Управление портфелями проектов-управляющих воздействий по группам	7.1.1 Определение технологически связанных проектов-управляющих воздействий; 7.1.2 Составление расписания очередности выполнения проектов-управляющих воздействий в зависимости от технологической очередности и приоритетности по значимости их исполнения; 7.1.4 Сопровождение выполнения проектов-управляющих воздействий; 7.1.3 Формирование промежуточной отчетности о ходе выполнения ПУВ.
8. Контроль реализации ПУВ	8.1 Контроль выполнения ПУВ	8.1.1 Оценка технических показателей реализуемых проектов; 8.1.2 Оценка показателя эффективности использования ресурсов.
9. ППР по корректировке выполняемых ПУВ	9.1 Корректировка проектов-управляющих воздействий	9.1.1 Уточнение причин вызывавших отклонения; 9.1.2 Предложение методов устранения отклонений; 9.1.3 Доработка процессов выполнения проектов-управляющих воздействий; 9.1.4 При необходимости корректировка задания на подготовку новых проектов-управляющих воздействий.

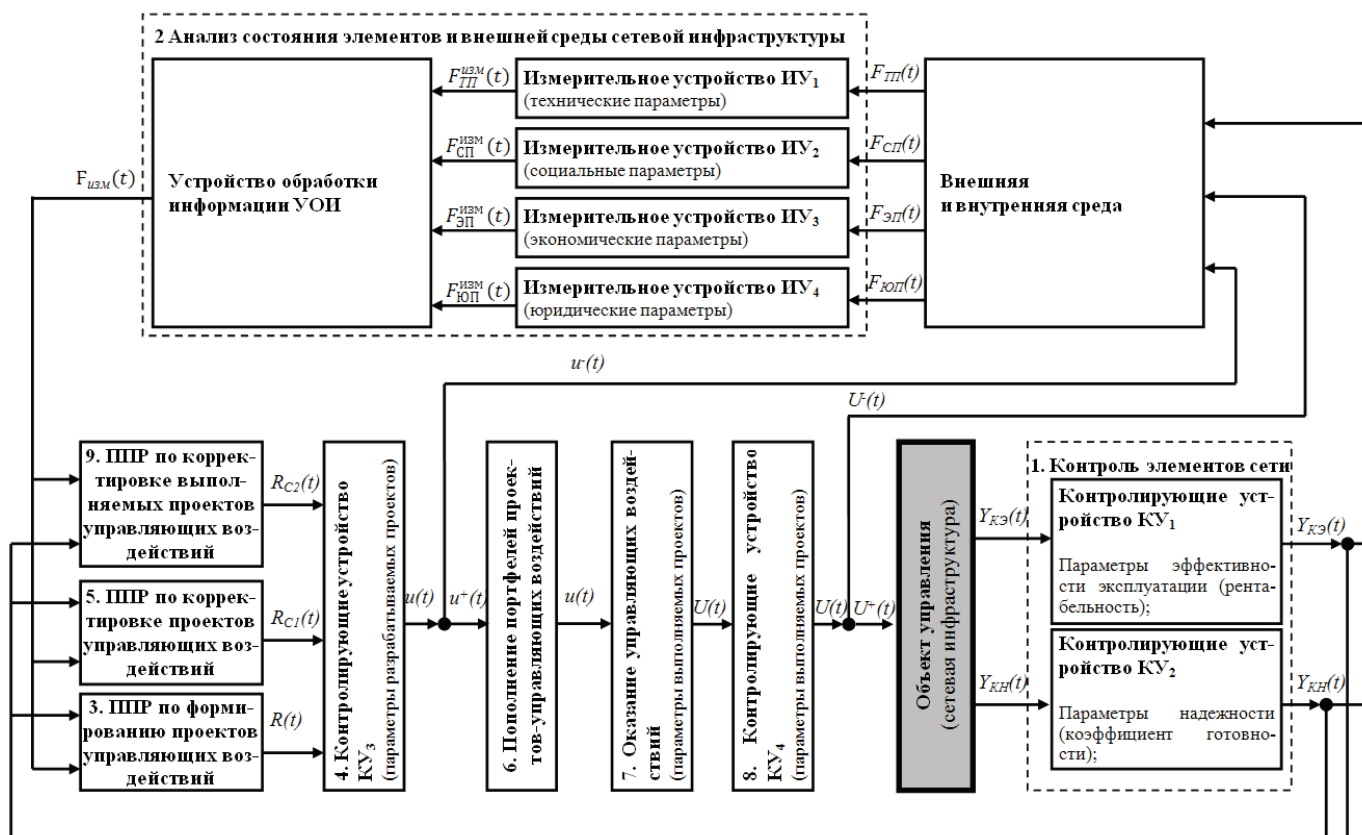


Рис. 1. Концепция управления инфраструктурой сети связи

Расшифровка обозначений на рис. 1 следующая: $Y_{КЭ}(t)$ – параметры эффективности эксплуатации, $Y_{КН}(t)$ – параметры надежности, $F_{ТП}(t)$ – совокупность технических параметров, $F_{СП}(t)$ – совокупность социальных параметров, $F_{ЭП}(t)$ – совокупность экономических параметров, $F_{ЮП}(t)$ – совокупность юридических параметров, $F_{ТП}^{ИЗМ}(t)$ – измеренное значение технических параметров, $F_{СП}^{ИЗМ}(t)$ – измеренное значение оценки влияния социальных параметров, $F_{ЭП}^{ИЗМ}(t)$ – измеренное значение экономических параметров, $F_{ЮП}^{ИЗМ}(t)$ – измеренное значение оценки влияния юридических параметров, $F_{ИЗМ}(t)$ – общий информационный поток агрегированных измеренных параметров, $R_{C2}(t)$ – рекомендации по корректировке организационных процессов проектов управляющих воздействий, $R_{C1}(t)$ – корректировки проектов управляющих воздействий, $R(t)$ – проекты управляющих воздействий, $u(t)$ – объединенный поток управляющих воздействий, $u^-(t)$ – поток управляющих воздействий, отправляемых на корректировку, $u^+(t)$ – поток принятых к исполнению управляющих воздействий, $U(t)$ – поток исполняемых управляющих воздействий, $U^-(t)$ – поток исполняемых управляющих воздействий, отправляемых на корректировку, $U^+(t)$ – поток управляющих воздействий, которые корректируют функционирование сетевой инфраструктуры.

Контролируемыми параметрами сетевой инфраструктуры на приведенной схеме является показатели экономической эффективности и характеристики надежности.

С учетом [36] схема управления, показанная на рисунке 1 предусматривает два вида управления: (u 1) управление по отклонению: управляющее воздействие ($УВ$) формируется

как ответная реакция на отклонение показателей системы от допустимых значений, в этом случае отклонение фиксируется контрольными устройствами КУ₁÷КУ₄ (КУ₁÷КУ₂ определяют отклонение действующих ЭСИ, КУ₃ – отклонения подготавливаемых проектов УВ, КУ₄ – выполняемых проектов УВ); (u 2) управление по возмущению: УВ формируется по результатам обработки информации о состоянии внешней среды. Управление (u 1) является реактивным, т.е. система управления реагирует на произошедшие изменения в объекте. Управление (u 2) является проактивным, то есть возмущающие воздействие фиксируется еще до того момента, когда он вызвало существенные изменения показателей эффективности контролируемого объекта.

Функционально КУ₁÷КУ₄ выполняются в виде программных модулей, которые агрегируют информацию о состоянии объекта управления на основе анализа данных, получаемых информационно-измерительными и учетно-финансовыми системами. Как правило, это: финансовые системы, агрегирующие сведения о статьях доходов и расходов, которые возникают в процессе функционирования инфраструктуры сети (примерами подобных систем являются продукты аналогичные программному пакету 1С Предприятие); системы контроля технического состояния ЭСИ, подобные системы контролируют состояние параметров, отображающих способность ЭСИ обслуживать заданную трафиковую нагрузку, с учетом установленных требований качества и состояние параметров, отвечающих за техническую исправность телекоммуникационного оборудования ЭСИ (примерами подобных систем, являются программные пакеты Ар-

гус [20], Comarch [22] и другие аналоги); системы управления проектами, позволяющими проводить мониторинг затраченных на проект ресурсов и оценивать выполнение графика его реализации.

3. Реализация методологии управления инфраструктурой сети оператора связи, в условиях непрерывной трансформации внешней среды

3.1 Контроль отклонений в функционировании сетевой инфраструктуры

Для общего контроля состояния сетевой инфраструктуры используются КУ₁ и КУ₂, они позволяют определять текущую экономическую эффективность и оценивать состояние надежности как объекта управления в целом, так и отдельных его элементов. Показатели текущей эффективности сетевой инфраструктуры можно с учетом [37] представить в виде:

$$E = F_E(P, RC, CE, I) \quad (2)$$

где P – входящие финансовые потоки, RC – исходящие финансовые потоки, CE – капитальные затраты, I – показатели инфляции, F_E – оператор агрегирования информации. Как показал обзор [38] реализация оператора F_E может проводиться в виде соотношений для определения чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса рентабельности (ИР), внутренней нормы доходности (ВНД), дисконтированного срока окупаемости (ДСО) и т.д. Анализ применения ЧДД, ИР, ВНД, ДСО показал, что к их ограничениям можно отнести статичность, т.е. они определяются на момент начала проекта и имеют прогнозный характер. Поэтому при участии автора настоящей работы предложен метод определения текущей экономической эффективности, при помощи соотношения вида [39]:

$$E_{cur} = F_E^{cur}(K_{приб}, K_{рент}) \quad (3)$$

где $K_{приб}$ – индекс достижения плана по прибыли, $K_{рент}$ – индекс достижения плана по рентабельности, реализация оператора F_E^{cur} выполняется при помощи системы нечеткого вывода. Значения $K_{приб}$ и $K_{рент}$ определяются на основании агрегирования информации о значениях текущих и плановых показателей, которые определяют экономическую эффективность. Отклонение от контрольных значений показателей экономической эффективности вызывает изменение $K_{приб}$ и $K_{рент}$ и формирует сигнал на проведение детального анализа объекта управления.

Определение характеристик надежности с учетом [40] проводится на основании агрегирования информации об интенсивности отказов λ_w и интенсивности восстановления μ_w определенных групп оборудования w . Подобная величина получила название – коэффициента готовности (КГ) определенной группы оборудования:

$$K_w^{гот} = \lim_{t \rightarrow \infty} (1 - P_w^{отказ}(t)) \quad (4)$$

где t – время работы оборудования, $P_w^{отказ}(t)$ вероятность отказа в контролируемой группе оборудования. Общий $K_{сети}^{гот}$ определяется при помощи соотношения вида:

$$K_{сети}^{гот} = \prod_{w=1}^W K_w^{гот} \quad (5)$$

где W – количество групп оборудования. В зависимости от вида сети $K_{сети}^{гот}$ имеет разные значения [41]. Если телекоммуникационная система включает различные виды сетей связи, то вместо отдельных целесообразно создание пула пар КУ₁÷КУ₂ для каждого вида контролируемой сети. Особенностью использования положений по расчету $K_{сети}^{гот}$ является неопределенность при определении параметров λ_w и μ_w . Неопределенность при вычислении значения λ_w вызвана сложностью определения времени наработки на реальный отказ, поскольку использование параметра t_{MTBF} (англ. Mean time between failures) достаточно спорно, т.к. его значения могут достигать 200 тыс. часов (более 20 лет непрерывной работы) [42].

На практике отказы могут происходить по различным причинам, например нарушений режимов эксплуатации, условий питания и т.д. Поэтому в [40,43,44] за время наработки на отказ принимаются различные величины от времени гарантии производителя оборудования до предположения, что на одном узле связи происходит в среднем по одному отказу в течение года. Неопределенность при вычислении μ_w вызвана также сложностью реального времени определения восстановления $t_{вост.w}$.

Как указывается в ГОСТ Р 53111-2008 [45] время восстановления $t_{вост.}$ связи для спецпотребителей должно укладываться в интервал $t_{вост}^{KP} \leq 6 \div 12$ часов, а обычных пользователей не должно превышать $t_{вост}^{KP} \leq 48$ часов. Само значение $t_{вост.}$ можно представить в виде:

$$t_{вост.} = \sum_{i_{вост}=1}^{n_{вост}} t_{опер.i_{вост}} \quad (6)$$

где $t_{опер.i_{вост}}$ – время на операции, которые необходимы для восстановления. В перечень $t_{опер.i_{вост}}$ могут входить $t_{опр.}$ время определения неисправности, $t_{реш.}$ – время принятия решения о ее устранении, $t_{уст.w}$ – время устранения, $t_{выезд.}$ – время выезда бригады к месту аварии. Параметр $t_{выезд.}$ спрогнозировать достаточно трудно т.к. на его значение влияет дорожная ситуация в городе или регионе в целом. Длительность $t_{выезд.}$ может достигать нескольких часов. При условии, что $\mu_w = 1/t_{вост.}$ увеличение $t_{выезд.}$ приводит к уменьшению интенсивности восстановления и снижению общей надежности системы. Поэтому в рамках проводимых исследований предлагается при определении $K_{сети.РЕАЛ}^{гот}$ использовать показатели λ_w и μ_w полученные на основе анализа статистической информации определенного оператора. Отклонение $K_{сети.РЕАЛ}^{гот}$, полученного при помощи (5) для контролируемой сетевой инфраструктуры определяется в результате сравнения с регламентированным значением $K_{сети.РЕГ}^{гот}$, определяемого согласно нормативам [41,45]. Например в случае использования предлагаемой методологии для сети передачи данных $K_{сети}^{гот} \leq K_{сети.РЕГ}^{гот} = 0,99$.

Обобщение результатов исследований приведенных в [46] позволяет прийти к выводу, что проведение своевременных профилактических работ позволяет повысить общую надежность системы, имеющей распределенную инфраструктуру и поддерживать ее на определенном уровне в течение длительного срока эксплуатации за счет сокращения λ_w . Таким образом, система сбора и обработки информации о состоянии внешней среды сетевой инфраструктуры должна решать две группы задач: (г3 1) определение причин отклонения контролируемых параметров; (г3 2) планирование профилакти-

тических и ремонтных мероприятий, для уменьшения величины λ_w и увеличения значения μ_w .

3.2 Описание работы системы анализа внешней среды сетевой инфраструктуры

В рамках проводимых исследований предлагается разделить внешнюю среду на два вида: (вс 1) среда, которая оказывает непосредственные воздействия на оборудование сетевой инфраструктуры; (вс 2) среда, которая оказывает косвенные воздействия на оборудование сетевой инфраструктуры. К параметрам (вс 1) «ближняя зона» предлагается отнести технические параметры, которые описывают состояние объекта связи (например это уровень загрузки буферов, потери пакетов трафика, параметры микроклимата помещения, где находится оборудование, параметры сети питания, уровень сигнала на входе в приемник, средняя скорость доступа абонентского устройства и т.д.), все описываемые параметры непосредственно связаны с оборудованием и характеризуют его техническую пригодность и способность предоставления телекоммуникационных услуг с заданными требованиями качества. Изменение значений этих величин может привести к выходу оборудования из строя или неспособности обеспечить техническое предоставление услуг. К параметрам (вс 2) «дальняя зона» предлагается отнести характеристики, изменения величин которых может повлечь изменение конструктивных особенностей узла инфраструктуры сети для сохранения возможности оказания определенных услуг или расширения номенклатуры услуг с учетом изменения экономической ситуации и тенденций развития рынка телекоммуникационных технологий. К числу параметров учитываемых в (вс 2) можно отнести изменения в области законодательства, регулирующего функционирование сетевых узлов, изменения на рынке мобильных устройств, влияние различных деструктивных факторов на сохранность сетевого оборудования и успешность реализации новых сетевых устройств и т.д.

Определение значений параметров (вс 1) и (вс 2) производится при помощи групп измерительных приборов $IY_1 \div IY_4$. В зависимости от вида информации, в качестве $IY_1 \div IY_4$ могут использоваться различные датчики, запросы к базам данных по статистической информации, эксперты в области оценки влияния факторов социально-экономического и юридического характера на состояние сетевой инфраструктуры. Результатом агрегирования информации о состоянии сетевого элемента становится интегральная оценка M и сигнатура (совокупность) $\sigma = \langle m_1, \dots, m_j \rangle$ значений входных параметров, где $j = 1, m_{max}$. Далее на этапе поддержки принятия решений оценка M используется для отнесения объекта к классу состояния, а сигнатура для выделения группы объектов, параметры которых близки внутри класса состояния. В рамках методологии предлагаются следующая совокупность оценок:

$$M = \langle M_{ЭСИ}^{дейст}, M_{уч.ЗПС}^{он.св}, M_{ПУВ}^{разраб}, M_{ПУВ}^{вып} \rangle \quad (7)$$

где $M_{ЭСИ}^{дейст}$ – оценка состояния действующих ЭСИ, $M_{уч.ЗПС}^{он.св}$ – оценка участков ЗПС, $M_{ПУВ}^{разраб}$ – оценка разрабатываемых ПУВ, $M_{ПУВ}^{вып}$ – оценка выполняемых ПУВ. Элементы набора M используется для ранжирования и отнесения объектов оценки к одному из классов пяти состояний: (к 1) состояние

полностью соответствует установленным требованиям; (к 2) состояние в целом соответствует установленным требованиям, но требуется наблюдение за объектом; (к 3) состояние в целом удовлетворяет установленным требованиям, но желательно проведение профилактических мероприятий; (к 4) наблюдается отклонение от норм, но основная функциональность объекта сохраняется; (к 5) параметры объекта не соответствуют нормам.

С учетом [47] для формирования оценок на основании агрегирования разнородной информации можно использовать системы нечеткого вывода (СНВ), т.к. их можно рассматривать в качестве средств универсальной аппроксимации закономерностей n -мерного порядка. Описание оператора обработки информации при помощи СНВ предлагается представить в виде:

$$Y_{вых} = \Phi_{i=n} x_n \quad (8)$$

где $Y_{вых}$ – массив выходных переменных, x_n – входные переменные, описывающие объект оценки. Кратко сущность работы СНВ заключается в разделении шкал значений агрегируемых параметров на последовательность интервалов, каждому интервалу в соответствие ставится терм, который описывает семантическое значение параметра на заданном интервале. Терму в свою очередь сопоставляется функция принадлежности, которая указывает степень соответствия численного значения параметра семантическому значению этого термина. Оператор агрегирования переменных реализуется за счет написания базы знаний продукционных правил в формате «если то ...», где под условием «если» перечисляются комбинации семантических значений агрегируемых термов, а под следствием «то» семантическое значение терма выходной переменной. В завершение проводится объединение значений функций принадлежности термов выходных переменных по каждому из правил. После этого проводится определение численного значения выходной переменной. Подробнее особенности функционирования СНВ описаны в [47,48].

Основное ограничение СНВ – «проклятие размерности» связанное с сильным ростом количества правил в зависимости от количества агрегируемых переменных и количества термов, которые описывают каждую из переменных. Для борьбы с «проклятием размерности» в [48] предлагается использование иерархических СНВ (ИСНВ).

Сущность использования ИСНВ заключается в разделении переменных на несколько групп, создании для каждой группы отдельной СНВ и последующего объединения выходных переменных предыдущего уровня иерархии при помощи СНВ последующих уровней иерархии. В [49] проведено усовершенствование вычислительного комплекса, основанного на использовании ИСНВ, это позволило показать, что: при увеличении уровней иерархии наблюдается группировка выходных значений в районах ядер термов выходных переменных (при условии, что СНВ функционируют на основе алгоритма Сугено, а в качестве термов выходной переменной используются постоянные величины); при использовании алгоритма горной кластеризации возможно и из одного класса состояния элементов выделять подмножества элементов, которые имеют близкие характеристики.

3.3 Описание работы системы поддержки принятия решений по формированию управляющих воздействий на сетевую инфраструктуру

После сбора и обработки информации активируется контур по управлению сетевой инфраструктурой. Оценки анализируемых объектов формируются таким образом, чтобы ранжировать анализируемые элементы по классам состояний, а потом внутри классов определить группы объектов, параметры которых имеют близкие значения. После чего в системе ППР (на рисунке 1 ей присвоен №3) с каждой группой ЭСИ идентифицируется (лат. *identifico* – отождествляется) определенный набор рекомендуемых управляющих воздействий. К объектам, попавшим в класс (к 1) не применяется ни каких воздействий, и для них выполняется текущий мониторинг в соответствии с регламентами, принятыми оператором связи, внеочередная оценка подобных объектов происходит в случае возникновения аварийной или предаварийной ситуации.

Для объектов, попавших в класс (к 2) требуется применение определенных сценариев расширенного мониторинга, как правило, с учетом специфики возможных незначительных отклонений и раннего предупреждения аварийной ситуации. Объектам, попавшим в класс (к 3) требуется проведение профилактических мероприятий с учетом специфики возникших отклонений. Если объект отнесен к классу (к 4) то требуется проведение планового ремонта, а отнесение к классу (к 5) показывает необходимость проведения внеплановых мероприятий по восстановлению работоспособности или устранения предаварийной ситуации. Подобный набор решений проводится на основе анализа оценки $M_{ЭСИ}^{дейст}$, которая определяет состояние ЭСИ в «ближней зоне», то есть учитываются факторы, которые могут оказать влияние непосредственно на заданный элемент системы. Дополнительно, на необходимость оказания УВ оказывает влияние оценка $M_{уч.ЗПС}^{оп.св}$, поскольку она определяет состояние ЭСИ в «дальней зоне». То есть факторы, которые оказывают большее влияние на абонентов. Поведение абонентов, в свою очередь, влияет на использование ими услуг, которые оказываются при помощи заданного ЭСИ. Анализ оценок $M_{ЭСИ}^{дейст}$ и $M_{уч.ЗПС}^{оп.св}$ для объектов отнесенных к классам (к 1) – (к 5) позволяет выявить необходимость оказания таких УВ как модернизация действующего ЭСИ или реализация нового ЭСИ.

Изменение состояния ЭСИ в процессе эксплуатации предлагается описать в виде диаграммы, показанной на рисунке 2, где под численным номером (вершиной) понимается определенное состояние ЭСИ, а под ребром – переход из одного состояния в другое. Обозначения на рисунке 2 следующие: ПН – проект наблюдения, состояние (с 2); ПП – проект профилактики, состояние (с 3); ППлР – проект планового ремонта, состояние (с 4); ПВПлР – проект внепланового ремонта, состояние (с 5); ПМ – проект модернизации, состояние (с 6); ПС – проект строительства состояние (с 7); ЭСИН – новый ЭСИ, состояние (с 8); состояние (с 1) означает, что оказание УВ для ЭСИ не требуется. Переход из состояния №1 (кроме №8) происходит по причине наличия возмущающих факторов внешней среды. Переход из других состояний в состояние № 1 или №8 происходит по причине реализации проектов УВ.

По результатам выполнения УВ в состоянии (с 2) ЭСИ может быть переведен в состояния (с 3)–(с 8). В контексте

исследований под «модернизацией» – состояние (с 6) понимается расширение функциональных возможностей за счет замены оборудования, место расположения оборудования не изменяется, а под «новым ЭСИ» – состояние (с 8) понимается монтаж оборудования на новом участке. Например, замена базовой станции сети сотовой связи в пределах одного сайта, будет модернизацией, а строительство сайта с базовыми станциями, будет «новым ЭСИ».

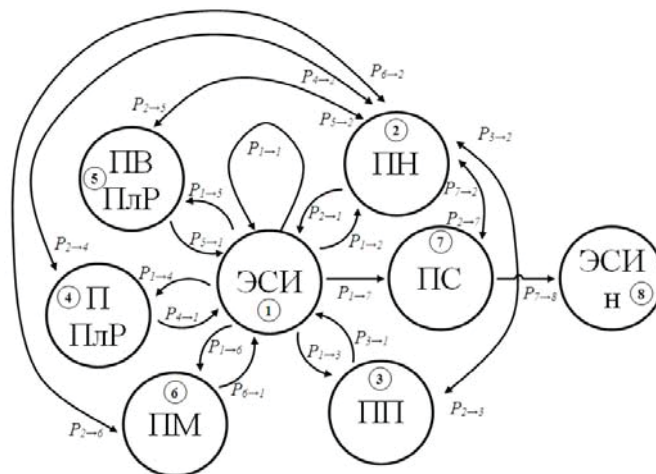


Рис. 2. Диаграмма изменения состояния ЭСИ под воздействием внешней среды

После разделения исходного множества ЭСИ на подмножества:

$$ЭСИ \subset ЭСИ_{c1} \cup ЭСИ_{c2} \cup ЭСИ_{c3} \cup ЭСИ_{c4} \cup ЭСИ_{c5} \cup ЭСИ_{c6} \cup ЭСИ_{c7} \quad (9)$$

внутри каждого из подмножеств формируются группы, элементы которых имеют близкие параметры. Подобная задача, как правило, решается при помощи методов кластеризации [50]. После формирования в каждом подмножестве групп элементов с близкими характеристиками для (а) анализа возможности формирования однотипных ПУВ; (б) проведения ретроспективного анализа с целью выявления ЭСИ с аналогичным состоянием и формирования рекомендации по использованию ПУВ примененного ранее (или его незначительной корректировки). В процессе подготовки ПУВ, может предлагаться несколько вариантов решения одной задачи, выбор окончательного варианта, который будет включен в портфель ПУВ, определяется на этапе контроля.

3.4 Контроль качества и поддержка принятия решений при доработке проектов управляющих воздействий

Перед добавлением в портфель ПУВ проходят анализ по контрольным показателям, который выполняется в КУ₃. При помощи КУ₃ ПУВ проверяется на корректность проведенных расчетов, а также анализируются значения контрольных параметров. С учетом [51] по результатам проверки должно выполняться соответствия значений проекта множеству действующих норм $H_{норм}$. Основываясь на (1) подобное можно представить в виде:

$$H_{ПУВ}(U, \Omega, Y) \leq H_{норм} \quad (10)$$

где U – характеристики трафика, Ω – параметры аппаратной, а Y – параметры протокольной подсистем оборудования

ЭСИ. Также проверяется условие принадлежности ПУВ ко множеству технически реализуемых проектов Q_0 :

$$Q_{\text{ПУВ}}(U, \Omega, Y) \in Q_0 \quad (11)$$

В отличие от [51] учетом [36] предлагается показатель минимизации стоимости реализации, заменить на максимизацию достижимости показателей эффективности:

$$E_{\text{ПУВ}}(U, \Omega, Y) \rightarrow \max \quad (12)$$

При условии, что сама стоимость реализации ПУВ не превысит некоторого критического значения $C_{\text{кр}}$, которое определяется на основе ретроспективного анализа затрат на аналогичный проект:

$$C_{\text{ПУВ}}(U, \Omega, Y) \leq C_{\text{кр}} \quad (13)$$

В случае не прохождения контроля ПУВ отправляется на доработку. Совместно с последующим модулем поддержки принятия решений по доработке проектов элемент КУ₃ образуют второй контур системы управления сетевой инфраструктурой. Необходимость контура обуславливается контролем подготовки проектов, поскольку специалисты, занятые в этом процессе могут провести необоснованный выбор оборудования, а также некорректно выполнить технические расчеты.

Для проведения оценки предлагаемых ПУВ используются аналогичные методы, которые предназначены для анализа действующих ЭСИ и связаны с использованием классифицирующего свойства ИСНВ. По результатам проведения оценки проводится разделение ПУВ на классы состояний: (к 1) «Отличные ПУВ», доработка не требуется; (к 2) «Хорошие ПУВ», перед использованием рекомендуется провести небольшую экспертизу; (к 3) «Удовлетворительные ПУВ», целесообразно проведение усиленной экспертизы, возможно проект следует доработать; (к 4) «Слабо удовлетворительные ПУВ» – требуется проведение экспертизы для формирования рекомендаций по переработке проекта; (к 5) «Неудовлетворительные ПУВ», проекты следует отправить на экспертизу, с целью корректировки задания на выполнение проекта. Более подробно процесс оценки проектов ЭСИ описан автором в работе [52].

После проведения классификации проводится внутриклассовая кластеризация, для (а) выявления близких по свойствам ПУВ; (б) сопоставления ПУВ с базой данных прецедентов, в которых содержатся ранее оцениваемые ПУВ с целью анализа возможности использования накопленных сценариев по предложению корректирующих воздействий.

Выполнение операций по доработке связано с анализом причин, по которым проект набрал низкий балл и не прошел контроль на КУ₃. В качестве причин отправки проекта на доработку могут выступать ошибки расчетов, которые были допущены при подготовке проекта, необоснованный выбор конструктивных элементов или методов их использования, несогласованность с другими элементами системы, изменением нормативных требований в процессе разработки проекта. После формирования и выполнения рекомендаций по доработке ПУВ он повторно направляется на контроль при помощи КУ₃. В рамках рассматриваемой методологии считается, что ПУВ может три раза возвращаться на доработку, после чего принимается решение о его отклонении.

После отклонения задание на разработку ПУВ формируется повторно, с указанием того, что предыдущий опыт формирования УВ был неудачным.

3.5 Пополнение портфеля проектов и оказание управляющих воздействий

Особенностью рассматриваемой задачи является дополнение новых ПУВ в существующий портфель проектов принятых к исполнению. В [36] пополнение подобного портфеля проектов предлагается решать на основании задачи о динамическом ранце. Сущность решения задачи о динамическом ранце заключается в выполнении следующих операций: (о 1) фиксации понесенных затрат на момент добавления нового ПУВ, что может быть реализовано при помощи записи в учетной системе, которая сопровождает выполнение портфеля; (о 2) расчета объема затрат, которые необходимо понести для завершения ПУВ, находящихся в портфеле, выполнение производится с использованием данных из информационной системы, в которой собрана информация о статьях планируемых расходов по заданному портфелю; (о 3) добавлении в портфель нового ПУВ, который необходимо реализовать; (о 4) анализа достаточности ресурсов, которые были запланированы на реализацию этого портфеля для выполнения расширенного ПУВ с учетом возможных резервов; (о 5) корректировки финансового плана портфеля проектов, с учетом объема затрат и сроков планируемой на реализации добавленного ПУВ. В случае большого количества ПУВ портфель делится на секции, за каждой секцией закрепляется отдельный ответственный менеджер, а при добавлении нового ПУВ задача о динамическом ранце решается отдельно для каждой секции.

Основное отличие рассматриваемого портфеля проектов, от портфеля, рассматриваемого в [36] является условие включения проекта в портфель. Как описывается в [36] добавление проекта в портфель осуществляется на основе анализа самого проекта и анализа совокупности проектов для определения состава наиболее эффективного портфеля. В рассматриваемом случае добавление проекта в портфель является необходимостью, так как его реализация направлена на устранение отклонения в целевых показателях работы системы. В случае работы с ПУВ, направленными на внеплановую корректировку работы сетевой инфраструктуры формируется отдельный резерв ресурсов с учетом статистических данных о специфике неисправностей определенного провайдера.

Перед включением проекта в портфель проводится анализ приоритетности выполнения проектов. Если приоритетность проекта низкая он ставится в очередь, если высокая он добавляется в портфель. В рамках портфеля также проводится аудит проектов по их приоритетности и технологической связанности проектов внутри портфеля. Если приоритет проектов внутри портфеля ниже приоритета проекта в очереди, и он технологически не связан с другими портфелями проекта, то его можно перевести в очередь, а более приоритетный проект из очереди добавляется в портфель.

Возможность подобной корректировки портфеля проектов следует из результатов анализа задачи о динамическом ранце [36], согласно которой комплектование портфеля происходит каждый раз при добавлении нового проекта. Для контроля график выполнения проектов разделяется на пе-

риоды. По окончании каждого периода проводится сопоставление результатов выполненного проекта с плановыми значениями. На основании величины отклонения принимается решение о проведении корректировок.

Проект считается завершенным, а УВ оказанным в момент перевода ЭСИ в последующее состояние. После перехода ЭСИ может потребоваться следующий набор УВ. Например, перевод из состояния 1 «ЭСИ функционирует» в состояние 2 «ЭСИ находится под наблюдением» может привести к состоянию 3 «Требуется проведение профилактики» и т.д.

3.6 Контроль качества выполнения и поддержка принятия решений по корректировке выполняемых проектов управляющих воздействий

Осуществляется при помощи сопоставления достигнутых результатов к контрольным срокам и запланированным значениям. С учетом [36] для контроля используются положения, основанные на методе освоенного объема. Для оценивания эффективности процесса выполнения проекта предлагается следующий набор критериев:

$$M_{ПУВ}^{вып} = \langle \delta c(t_i), \delta x(t_i), \delta h(t_i), \delta q(t_i) \rangle \quad (14)$$

где $\delta c(t_i)$ – отклонение от запланированных затрат, $\delta x(t_i)$ – отклонение от запланированного объема работ, $\delta h(t_i)$ – отклонение по удельным затратам на единицу выполненного объема работ, $\delta q(t_i)$ – отклонение по качественным показателям, i – номер отчетного периода. Считается, что выполнение проекта выполняется без отклонений если величины в (14) не превышают критических значений $\delta c_{кр,i}$, $\delta x_{кр,i}$, $\delta h_{кр,i}$ и $\delta q_{кр,i}$. Сами величины $\delta c(t_i)$, $\delta x(t_i)$, $\delta h(t_i)$ и $\delta q(t_i)$ определяются при помощи:

$$\delta c(t_i) = 100\% \cdot (c_{план}(t_i) - c_{факт}(t_i)) / c_{план}(t_i) \quad (15)$$

$$\delta x(t_i) = 100\% \cdot (x_{план}(t_i) - x_{факт}(t_i)) / x_{план}(t_i) \quad (16)$$

$$\delta h(t_i) = 100\% \cdot (h_{план}(t_i) - h_{факт}(t_i)) / h_{план}(t_i) \quad (17)$$

$$\delta q(t_i) = 100\% \cdot (q_{план}(t_i) - q_{факт}(t_i)) / q_{план}(t_i) \quad (18)$$

где $c_{план}(t_i)$ – плановый объем затрат, $c_{факт}(t_i)$ – фактические затраты, $x_{план}(t_i)$ – запланированный объем работ, $x_{факт}(t_i)$ – объем работ, выполненных по факту, величины $h_{план}(t_i)$ и $h_{факт}(t_i)$ показывают удельную стоимость затрат на единицу выполненного объема работ по плану и по факту соответственно, а величины $q_{план}(t_i)$ и $q_{факт}(t_i)$ фактические достигнутые и плановые качественные показатели проекта.

При этом $h_{план}(t_i) = x_{план}(t_i) / c_{план}(t_i)$, а $h_{факт}(t_i) = x_{факт}(t_i) / c_{факт}(t_i)$. Показатели $x_{план}(t_i)$, $c_{план}(t_i)$, $q_{план}(t_i)$ и t_i указываются в календарном плане ПУВ, величины $c_{факт}(t_i)$, $x_{факт}(t_i)$ и $q_{факт}(t_i)$ определяются из учетных систем предприятия, в которых отражается состояние выполняемого ПУВ и затрат запланированных для его реализации на конец t_i – го периода. Общая оценка $M_{ПУВ}^{вып}$ определяется при помощи формирования ИСНВ и используется для классификации выполняемых проектов по степени достижимости запланированных показателей, а сигнатура, состоящая из параметров $\delta c(t_i)$, $\delta x(t_i)$, $\delta h(t_i)$ и $\delta q(t_i)$ применяется для определения вида корректирующего воздействия, которое необходимо оказать на ПУВ в случае необходимости.

Отклонения в процессе выполнения, как правило, возникают по причинам: (п 1) несоблюдения технологии реализации; (п 2) нарушений сроков поставок комплектующих материалов; (п 3) недостаточной квалификации исполнителей проекта; (п 4) неправильного распределения ресурсов; (п 5) дополнительных деструктивных факторов непреодолимой силы; (п 6) недостаточно адекватного учета факторов внешней среды и технологических возможностей реализации ПУВ на базе указанного оператора на стадии проектирования. Источником причин, вызывающих отклонения является воздействия внешней среды.

Корректировка отклонений выполняется последовательностью действий: (д 1) аудит процессов, связанных с выполнением ПУВ для выявления нарушений технологией реализации проекта; (д 2) аудит процессов, связанных с обеспечением ПУВ, проверяются сроки доставки необходимых материалов и комплектующих; (д 3) аудит компетенций исполнителей проекта, проверяется степень квалификации специалистов, занятых в выполнении проектов; (д 4) аудит риск-менеджмента проекта, проверяется качество учета деструктивных факторов и планирования мер их возможного устранения и наличия необходимых резервов; (д 5) аудит процесса подготовки ПУВ, проверяется осведомленность проектировщиков об объекте, для которого разрабатывался ПУВ.

Результатом действий (д 1) – предложения по корректировке списка подрядчиков или специалистов занятых в процессе выполнения проектов и организации поставок комплектующих, необходимых для реализации проекта, рассмотрение возможности использования альтернативных технологий, после чего проводится уточнение задания на выполнение проекта. Результатом действий (рд 2) – предложения по корректировке списка поставщиков компонентов и компаний подрядчиков. Результатом действий (рд 3) – предложения по корректировке участников команды, которая занимается реализацией ПУВ. Результатом действий (рд 4) – предложения по проработки стратегии управления рисками и системы страхования, а также формирование рекомендаций по корректировке технической части, в случае добавления конструктивных изменений в элементы объекта сетевой инфраструктуры, на который проводится оказание управляющих воздействий. Результатом действий (рд 5) – корректировка перечня значимых факторов, которые необходимо учитывать при реализации проекта.

После проработки (рд 1)–(рд 5) проводится либо корректировка исполняемого ПУВ, либо формируется новый ПУВ, который добавляется в портфель проектов. Процедура добавления скорректированного ПУВ аналогична добавлению новых ПУВ. Отправной точкой реализации ПУВ являются результаты уже частично выполненного ПУВ структура которого подвергалась корректировке.

4. Обсуждение результатов исследования

Основа предложенной методологии заложена в контроле сетевой инфраструктуры и этапов процесса оказания управляющих воздействий. В рамках методологии реализован принцип управления, основанный на представлении каждого управляющего воздействия в виде отдельного проекта, а совокупности управляющих воздействий – как портфеля

проектов. Внутри портфеля проводится группировка проектов по их типам. На этапе контроля в методологии предусматриваемся оценка состояния показателей экономической эффективности и надежности сетевой инфраструктуры в целом и отдельных ее элементов. В случае снижения контрольных показателей проводится запуск цикла управления. Кроме этого запуск цикла управления происходит в результате обнаружения отклонений во внешней среде, которая оказывает влияние на сетевую инфраструктуру. В результате активации системы анализа состояния ЭСИ и участков ЗПС проводится их ранжирование по очередности оказания УВ и последующая группировка, с целью выявления ЭСИ на которые можно оказать однотипные УВ. На этапе поддержки принятия решений для различных объектов формируются группы проектов управляющих воздействий. Проекты в случае ее удачного прохождения проверки добавляются в портфель проектов, которые уже выполняются в ходе эксплуатации объектов сетевой инфраструктуры. Если проект не проходит проверку, то он отправляется на доработку, после которой подвергается повторной оценке. В процессе выполнения проектов управляющих воздействий они так же подвергаются контролю по методу освоенного объема с учетом значений целевых показателей эффективности и в случае необходимости, они так же могут быть подвергнуты корректировки.

Предлагаемая методология позволяет обнаруживать отклонения, возникающие в ходе функционирования сетевой инфраструктуры, а также в ходе изменения значений внешних воздействий, которые могут изменить контролируемые показатели эффективности телекоммуникационной системы. Особенностью методологии является использование методов, позволяющих обобщить накопленный опыт экспертных групп, которые ранее выполняли решение задач управления сетевой инфраструктуры. Реализация методологии позволяет провести планирование работ по оказанию управляющих воздействий, а следовательно, произвести планирование расхода ресурсов, связанных с эксплуатацией телекоммуникационной системы. Областью использования методологии является развитие OSS / BSS систем в плане решения задач управления ресурсами оператора за счет организации планирования мероприятий по оказанию управляющих воздействий на инфраструктуру сети оператора связи.

Заключение

В ходе выполнения исследований предложена методология управления инфраструктурой сети оператора связи, в условиях меняющегося состояния внешней среды. Сущность методологии заключается в представлении процесса управления сетевой инфраструктуры как потока проектов управляющих воздействий. Проекты управляющих воздействий формируются на основе анализа параметров внешней и внутренней среды, которые влияют на функционирование сетевой инфраструктуры. В число параметров входят технические характеристики, при помощи которых оценивается качество работы оборудования, и социально-экономические параметры которые характеризуют состояние рынка и делового климата вокруг процессов функционирования телекоммуникационной системы и оператора связи. Кроме анализа действующих элементов сетевой инфраструктуры методоло-

гия предусматривает анализ состояния участков зоны покрытия сети для агрегирования информации, предназначенной для формирования управляющих воздействий, а также проводит контроль самих управляющих воздействий после их подготовки и в процессе последующего оказания. Подобный многоступенчатый контроль позволяет корректировать управляющие воздействия в случае наличия отклонений в процессе их подготовки или реализации, а также изменения состояния внешней среды по ряду других факторов возникающих на рынке телекоммуникаций и других связанных рынках.

Таким образом, предложенная методология открывает возможности дальнейшего развития систем поддержки принятия решений и систем корпоративного управления, ориентированных на использование операторами связи и интернет провайдерами.

Литература

1. Громов И.А. Влияние цифровых технологий на сферу государственных и бизнес-услуг в России // Проблемы современной экономики. 2018. №3 (67). С. 43-47.
2. Степанова О.А. Тенденции управления цифровизацией в РФ // Практический маркетинг. 2020. №10. (284). С. 10-16.
3. Масюк Н.Н., Чжао Чэнь. Бизнес-модель DI-DI TAXI как пример цифровой трансформации сервисного бизнеса // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020.Т.9. №3. С. 223-225.
4. Лемешкин А.В. Сафонова Ю.А. Коробова Л.А. Разработка системы телемониторинга больных // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т.80. №1. С. 90-96.
5. Китаев А.Е., Миронова И.И. Потребительские предпочтения на российском рынке умных домов: эмпирическое исследование // Вестник СПбГУ. Менеджмент. 2019. Т. 18. Вып. 2. С. 204-234.
6. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Перспективы развития систем числового программного управления в концепции «Индустрия 4.0» // Инновации. 2016. № 8 (214). С.17-19.
7. Елькин Д.М., Вяткин В.В. На пути к интернету вещей в управлении транспортными потоками: обзор существующих методов управления дорожным движением // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2019. №5 (207). С. 100-113.
8. Антипина Н.И. Трансформация российского бизнеса в условиях перехода к цифровой экономике: отраслевой и региональные аспекты // Экономическая наука современной России. 2018. № 2 (81). С. 102-114.
9. Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> (дата обращения: 09.04.2021).
10. Роскомнадзор – «Большая четверка» сотовых операторов. [Электронный ресурс] URL: <https://rkn.gov.ru/news/rsoc/news67782> (дата обращения: 10.04.2021).
11. Попков Г.В. Перспективное проектирование сети абонентского доступа с использованием восьмиуровневой модели // Программные продукты и системы. 2016. № 2 (114). С. 139-145.
12. Pereira S., Karia D. AI Use Cases in Operational Support System and Business Support System // 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). 2018. P. 15-20.
13. Jere U.A., Skandha S.P., Bhat S., Machani Y.R., Gowri U., Hegde R., Kumar S. Operational Support Systems for Mobile Networks // Third International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC). 2019. P. 532-535.

14. *Чистов Д.А., Камаев В.А., Набока М.В.* Онтологический реинжиниринг бизнес-процессов оператора связи // Управление большими системами. 2011. Вып. 33. С. 5-20.
15. *Saputra D.A., Handayani P.W., Hammi M.K.* Business Process Management Standardization in Operation Support System: Case Study of Fulfillment and Assurance Process in an Indonesian Telecommunication Company // International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech). 2020. P. 136-141.
16. *Райли Д., Кринер М.* NGOSS: Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи // Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 192 с.
17. *Гольдштейн А.Б., Кисляков С.В., Нгуен З.К.* Трансформация подходов к управлению современными сетями связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. № 3. С. 20–28.
18. *Легков К.Е., Буренин А.Н., Емельянов А.В., Оркин В.В.* Вопросы системного анализа архитектур систем управления информационными системами и сетями специального назначения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Том 10. №12. С. 65-70.
19. *Moindze S.M., Konate K.* A survey of the distributed network management models and architectures: Assessment and challenges // IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST). 2014. P. 1-8.
20. О продуктах НТЦ АРГУС. [Электронный ресурс] URL: <http://argustelecom.ru/produktuy/> (дата обращения: 11.04.2021).
21. *Yusuf-Asaju A.W., Dahalin Z.B., Ta'a A.* Mobile network quality of experience using big data analytics approach // 8th International Conference on Information Technology (ICIT). 2017. P. 658-664.
22. OSS/BSS Data Analytics: A Data Analysis System for Telecoms. [Электронный ресурс] URL: <https://www.comarch.com/telecommunications/oss-bss-data-analytics/> (дата обращения: 12.04.2021)
23. *Rueda D.F., Vergara D., Reniz D.* Big Data Streaming Analytics for QoE Monitoring in Mobile Networks: A Practical Approach // IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2018. P. 1992-1997.
24. «Мегафон» купил СМАРТС. [Электронный ресурс] URL: https://www.cnews.ru/news/top/megafon_kupil_smarts (дата обращения: 13.04.2021)
25. «Ростелеком» поглотил ИТ-холдинг и крупнейшего провайдера Екатеринбурга. [Электронный ресурс] URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-18_rostelekom_poglotil_itholding (дата обращения: 13.04.2021)
26. "ЭР-Телеком" купил уральского провайдера Convex. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cableman.ru/content/er-telekom-kupil-uralskogo-provaidera-convex> (дата обращения: 14.04.2021)
27. МТС купил 51% регионального интернет-провайдера Зеленая точка. [Электронный ресурс] URL: <https://www.tinkoff.ru/invest/news/337455/> (дата обращения: 15.04.2021)
28. *Чихун Л.П., Токарева М.С.*, факторы, влияющие на конкурентоспособность телекоммуникационных компаний на мировом рынке // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 6. Экономика. 2017. № 6 С. 65-80.
29. *Сорокин А.А., Горюнов А.А., Марочкин Д.С.* Распределенная измерительная система сети сотовой связи на основе мобильных датчиков // Датчики и системы. 2017. № 3 (212). С. 16-23.
30. *Martyashin G.V., Pyshkina I.S., and Zhegera K.V.* Distributed Complex of Diagnostics and Monitoring of Technical Parameters of Cellular Networks Based on the Smartphone // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2018. P. 1-4.
31. *Wang Z., Huang J.* Research of Power Supply and Monitoring Mode for Small sites under 5G Network Architecture // IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC). 2018. P. 1-4.
32. *Перминов В.Я.* Деятельностное обоснование необратимости времени // Вестник Московского университета. Серия 7. Филология. 2005. №1. С. 41-58.
33. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Как управлять проектами: Научно-практическое издание. М.: Синтег – Гео, 1997. 188 с.
34. *Аверченкова Е.Э.* Методологические подходы к управлению региональной социально-экономической системой // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23. № 6. С. 148-160.
35. *Аверченкова Е.Э., Горбунов А.Н.* Применение теории управления для описания системы управления региональной социально-экономической системой // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23. № 4. С. 105-115.
36. *Вишняков Ю.М., Новиков С.Ю.* О подходе к управлению уровнем сервисов в информационных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 4 (93). С. 168-174.
37. *Голубицкая Е.А.* Экономика связи: учебник для студентов вузов. М.: ИРИАС, 2006. 488 с.
38. *Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В.* Модели и методы управления портфелями проектов. М.: ПМСОФТ, 2005. 206 с.
39. *Сорокин А.А., Чертина Е.В.* Система нечеткого вывода оценки текущей экономической эффективности эксплуатации элементов сети оператора связи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 3. С. 79-89.
40. *Каяшев А.И., Рахман П.А., Шарипов М.И.* Анализ показателей надежности локальных компьютерных сетей // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2013. Т. 17. № 5. С. 140-149.
41. Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования. Утверждены приказом Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 27 сентября 2007 года N 113
42. Коммутаторы Cisco Catalyst серий 2960-S и 2960 с ПО LAN Base [Электронный ресурс] URL: https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ru/downloads/broch/Cisco_Catalyst_2960-S_and_2960_LAN_Base.pdf (дата обращения: 16.04.2021)
43. *Постников И.Н.* Оценка влияния резервирования контроллера SDN на надежность ядра сети предприятия // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. №6. С. 38-41.
44. *Кирьянчиков В.А.* Расчет показателей надежности системы анализа результатов пусков ракет космического назначения // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2016. № 8. С. 41-46
45. ГОСТ Р 53111-2008 Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки
46. *Бакеев Е.Е., Шарпова А.И.* Оценка надежности и выбор стратегии профилактики оборудования тяговых подстанций с учетом степени износа // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2015. № 3. С. 31-34.
47. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление. Биом. Лаборатория знаний, 2017. 800 с.
48. *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.
49. *Сорокин А.А.* Усовершенствование информационно-аналитических комплексов на основе иерархических систем нечеткого вывода // Управление большими системами. Вып. 88. 2020. С.99-123.
50. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
51. *Вишневецкий В.М.* Теоретические основы построения компьютерных сетей М.: Техносфера, 2003. 512 с.
52. *Sorokin A.* Decision support during the projects preparation of network infrastructure elements of a telecom operator // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). 2020. P. 1-6.

PROJECT MANAGEMENT OF THE TELECOM OPERATOR'S NETWORK INFRASTRUCTURE IN THE EXTERNAL ENVIRONMENT STATE TRANSFORMATION CONTEXT

Alexander A. Sorokin, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, alsorokin.astu@mail.ru
Irina Yu. Kvyatkovskaya, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, i.kvyatkovskaya@astu.org

Abstract

The analysis revealed trends in the development of the telecommunications market associated with an increase in the involvement of information services in various technological processes, a continuous change in the regulatory framework that regulates the functioning of telecom operators, the complication of organizational processes and the use of a wide variety of equipment and information systems in the operation of communication networks. As a result, information uncertainty is generated among decision-makers in the process of operating and developing the network infrastructure of a telecom operator. To eliminate the uncertainty, a methodology is proposed for managing the network infrastructure of a telecom operator in the context of the transformation of the state of the external environment. Within the framework of the methodology, the management of the network infrastructure is based on the representation of each control action as a separate project, and the sequence of the provided control actions in the form of a portfolio of projects. At the stage of monitoring the state of the network, the indicators of economic efficiency and reliability of the telecommunication system and its individual elements are assessed. The parameters of the external environment that surrounds the network infrastructure are also subject to control. If the indicators deviate from the permissible values, a control cycle is launched, during which the state of the elements of the network infrastructure and sections of the coverage area is analyzed. Based on the results of the analysis, the network elements are grouped by types, control actions that must be provided to maintain the operational characteristics of the network infrastructure. Then the formation of projects of control actions is carried out, which are added to the portfolio of corrective actions provided. As a result, project portfolio management methods become applicable to such management influences. The application of these methods allows solving the problems of workforce management and resources management when providing control actions to network infrastructure. The use of the methodology opens up opportunities for the development of OSS / BSS systems in the field of improving the solution of the resources managing problems of a telecom operator by organizing the planning of measures to provide control actions on the network infrastructure.

Keywords: Network infrastructure management, planning, analysis of the external environment, decision support, control project, OSS / BSS system.

References

- Gromov I.A. (2018) Digital innovations in the contemporary world (Russia, Saransk). *Problems of modern economics*. No. 3 (67). Pp. 43-47.
- Stepanova O.A. (2020) Trends in digitalization management in the Russian Federation. *Practical Marketing*. No.10. (284). Pp. 10-16.
- Masyuk N.N., Chao C. (2020) Business model of DI-DI taxi as an example of digital transformations in the service business. *Azimuth Scientific Research: Economics and Management*. Vol.9. No. 3. Pp. 223-225.
- Lemeshkin A.V., Safonova Yu.A., Korobova L.A. (2018) Development of the system of telemonitoring patients. *Vestnik VSUET [Proceedings of VSUET]*. No. 1. Pp. 90-96.
- Kitaev A.E., Mironova I.I. (2019) Smart home market in Russia: An empirical study of consumer preferences. *Vestnik of Saint Petersburg University. Management*. Vol. 18 (2). Pp. 204-234.
- Martinov G.M., Martinova L.I. (2016) Prospects for the development of numerical control system in the concept of "Industry 4.0". *Innovations*. No. 8 (214). Pp. 17-19.
- Elkin D.M., Vyatkin V.V. (2019) Towards iot in traffic control: review of existing methods of road traffic regulation. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*. No.5 (207). Pp. 100-113.
- Antipina N.I. (2018) Transformation of Russian business in the conditions of transition to the digital economy: Sectoral and regional dimensions. *Economics of Contemporary Russia*. No. 2 (81). Pp. 102-114.
- Cisco Annual Internet Report (2018-2023) White Paper. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> (date of the application: 09.04.2021).
- The "Big Four" of mobile operators continues to increase the pace of development of mobile networks. URL: <https://rkn.gov.ru/news/rsoc/news67782> (date of the application: 10.04.2021).
- Popkov G.V. (2016) Advanced design of a customer access network using an 8-tier model. *SOFTWARE & SYSTEMS*. № 2 (114). P. 139-145.
- Pereira S., Karia D. AI (2018) Use Cases in Operational Support System and Business Support System. 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). P. 15-20.
- U.A.Jere, S.P.Skandha, S.Bhat, Y.R.Machani, U.Gowri, R.Hegde, S.Kumar (2019) Operational Support Systems for Mobile Networks. *Third International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. Pp. 532-535.
- Chistov D., Kamaev V., Naboka M. (2011) Ontological business-process reengineering of telecom service provider. *Large-Scale Systems Control*. No. 33. Pp. 5-20.
- Saputra D.A., Handayani P.W., Hammi M.K. (2020) Business Process Management Standardization in Operation Support System: Case Study of Fulfillment and Assurance Process in an Indonesian Telecommunication Company. *International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*. Pp. 136-141.
- Riley D., Kriner M. (2007) NGOSS: Building Effective Network Support and Operation Systems for a Telecom Operator. Trans. from English. Moscow: Alpina Business Books, 192 p.
- Goldstein A.B., Kislyakov S.V., Nguyen D.C. (2020) Transformation of approaches to management of modern communications networks. *High tech in earth space research*. Vol. 12. No. 3. Pp. 20-28.
- Legkov K.E., Burenin A.N., Emelyanov A.V., Orkin V.V. (2016) System analysis issues of control systems architectures of information systems for special purpose. *T-Comm*. Vol. 10. No.12, Pp. 65-70.

19. Moindze S.M., Konate K. (2014) A survey of the distributed network management models and architectures: Assessment and challenges. *IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)*. Pp. 1-8.
20. About products of the STC ARGUS. URL: <http://argustelecom.ru/produkty/> (date of the application: 11.04.2021).
21. Yusuf-Asaju A.W., Dahalin Z.B., Ta'a A. (2017) Mobile network quality of experience using big data analytics approach. *8th International Conference on Information Technology (ICIT)*. Pp. 658-664.
22. OSS/BSS Data Analytics: A Data Analysis System for Telecoms. URL: <https://www.comarch.com/telecommunications/oss-bss-data-analytics/> (date of the application: 12.04.2021).
23. Rueda D.F., Vergara D., Reniz D. (2018) Big Data Streaming Analytics for QoE Monitoring in Mobile Networks: A Practical Approach. *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. Pp. 1992-1997.
24. The "Megafon" bought the SMARTS. URL: https://www.cnews.ru/news/top/megafon_kupil_smarts (date of the application: 13.04.2021).
25. The "Rostelecom" acquired IT holding and the largest provider of Yekaterinburg. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-12-18_rostelekom_poglotil_itholding (date of the application: 13.04.2021).
26. The "ER-Telecom" bought the Ural provider Convex. URL: <https://www.cableman.ru/content/er-telekom-kupil-uralskogo-provaidera-convex> (date of the application: 14.04.2021).
27. The MTS bought 51% of the regional Internet provider "Zelenaja tochka". URL: <https://www.tinkoff.ru/invest/news/337455/> (date of the application: 15.04.2021).
28. Chikhun L.P., Tokareva M.S. (2017) Factors affecting the competitiveness of telecommunication companies on the world market. *The Moscow University Economics Bulletin*. No. 6. Pp. 65-80.
29. Sorokin A.A., Goryunov A.A., Marochkin D.S. (2017) Distributed measuring system for cellular network based on mobile sensors. *Datchiki & Systemi (Sensors & Systems)*. No. 3 (212). Pp. 16-23.
30. Martyashin G.V., Pyshkina I.S., Zhegera K.V. (2018) Distributed Complex of Diagnostics and Monitoring of Technical Parameters of Cellular Networks Based on the Smartphone. *International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*. Pp. 1-4.
31. Wang Z., Huang J. (2018) Research of Power Supply and Monitoring Mode for Small sites under 5G Network Architecture. *IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*. Pp. 1-4.
32. Perminov V.Ya. (2005) Explanation of time irreversibility through activity. *Moscow State University Bulletin (Series 7: Philosophy)*. №1. P. 41-58.
33. Burkov V.N., Novikov D.A. (1997) *Kak upravlyat' proektami (How to Manage Projects)*. Moscow: Sinteg, 188 p.
34. Averchenkova E.A. (2019) Methodological Approaches to Regional Socio-Economic System Management. *Proceedings of the Southwest State University*. Vol. 23. No. 6. Pp. 148-160.
35. Averchenkova E.E., Gorbunov A.N. (2019) Application of Control Theory to Describe the Management of the Regional Socio-Economic System. *Proceedings of the Southwest State University*. Vol. 23. No. 4. Pp. 105-115.
36. Vishnyakov Y.M., Novikov S.Y. (2009) The approach to the management level in informatioN. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*. No. 4 (93). Pp. 168-174.
37. Golubitskaya E.A. (2006) *Jekonomika svjazi: uchebnik dlja studentov vuzov (Communication economics: a textbook for university students)*. Moscow: IRIAS, 488 p.
38. Matveev A.A., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. (2005) *Modeli i metody upravlenija portfeljami proektov (Models and methods of project portfolio management)*. Moscow: PMSOFT, 206 p.
39. Sorokin A.A., Chertina E.V. (2018) Fuzzy inference system of current economic efficiency evaluation of communication provider network elements operation. *Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Management, computer science and informatics*. No. 3. Pp. 79-89.
40. Kayashev A.I., Rahman P.A., Sharipov M.I. (2013) Reliability analysis of local area networks. *Vestnik UGATU*. Vol. 17. No. 5. Pp. 140-149.
41. Trebovanija k organizacionno-tehnicheskomu obespečeniju ustojchivogo funkcionirovanija seti svjazi obshhego pol'zovanija. Utverzhdeny prikazom Ministerstva informacionnyh tehnologij i svjazi Rossijskoj Federacii ot 27 sentjabrja 2007 goda N 113 (Requirements for organizational and technical support for the stable functioning of a public communications network. Approved by order of the Ministry of Information Technologies and Communications of the Russian Federation of September 27, 2007 N 113).
42. Switches Cisco Catalyst serij 2960-S i 2960 s PO LAN Base URL: https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ru/downloads/broch/Cisco_Catalyst_2960-S_and_2960_LAN_Base.pdf (date of the application: 16.04.2021).
43. Postnikov I.N. (2016) Estimation of SDN controller redundancy impact on enterprise network core reliability. *T-Comm*. Vol. 10. №6. P. 38-41.
44. V. A. Kirianchikov (2016) The estimation of reliability metrics of the system of space rocket launches results analysis. *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University Journal*. No. 8. Pp. 41-46.
45. GOST R 53111-2008 Ustojchivost' funkcionirovanija seti svjazi obshhego pol'zovanija. Trebovanija i metody proverki (GOST R 53111-2008 Stability of public communication network functioning. Requirements and verification methods).
46. Bakeev E.E., Sharapova A.I. (2015) Reliability Evaluation and Preventive Maintenance Strategy Selection of Traction Substation Equipment Considering Its Wear Degree. *Vestnik Naucno-issledovatel'skogo instituta Zheleznodorozhnogo transporta*. No. 3. Pp. 31-34.
47. Pegat A. (2017) *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie. (Fuzzy modeling and control)*. Binom. Laboratorija znaniy, 800 p.
48. Shtovba S. D. (2007) *Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB (Design of fuzzy systems by means of MATLAB)*. Moscow: Gorjachaja linija-Telekom, 288 p.
49. Sorokin A.A. (2020) Improvement of information-analytical complexes based on hierarchical systems of fuzzy output. *Large-Scale Systems Control*. No. 88. Pp. 99-123.
50. Leonenkov, A.V. (2005) *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTech (Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTech)*. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 736 p.
51. Vishnevsky V.M. (2003) *Teoreticheskie osnovy postroenija komp'juternyh setej (Theoretical foundations of building computer networks)*. Moscow: Tehnosfera, 512 p.
52. Sorokin A. (2020) Decision support during the projects preparation of network infrastructure elements of a telecom operator. *Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT)*. Pp. 1-6.