

ЭВОЛЮЦИЯ ВИЛОК МОДУЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ РАЗЪЕМОВ

А.Б.Семенов, д.т.н., проф. НИУ МГСУ и МТУСИ / andre52.55@mail.ru

УДК 621.315.235, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.115.7.30.36

Показана роль модульного разъема (который в массовой практике не совсем корректно называют RJ45) как основного типа соединителя "витопарных" кабельных линий структурированных кабельных систем (СКС). Представлены основные пути улучшения как тех технических параметров его вилки, которые непосредственно определяют качество передачи информации, так и совершенствуют эксплуатационные характеристики изделия в целом. Отмечена взаимная независимость отдельных направлений улучшения характеристик и указано на возможность их совместного использования.

В реалиях сегодняшнего дня на абсолютном большинстве объектов недвижимости различного назначения с постоянным или длительным нахождением людей создается информационно-телекоммуникационная система (ИТС). Обеспечиваемый ею сервис, нацеленный на оказание качественной информационной поддержки, значимо увеличивает производительность труда во время выполнения профессиональных обязанностей на производстве и существенно облегчает организацию групповой работы. Во внерабочих условиях ИТС представляет доступ к необходимой в быту информации, обеспечивает связь с близкими и знакомыми и предоставляет иные аналогичные услуги, то есть делает повседневную жизнь намного более комфортной.

Сама информационная система в реалиях сегодняшнего дня реализуется в соответствии с проверенной временем моделью OSI взаимодействия открытых систем. Физический уровень соответствующей структуры может быть построен на различных принципах, но чаще

всего для этого используются проводные каналы связи. Беспроводные решения популярны в немногочисленных нишевых областях, где применение кабельных линий в силу тех или иных причин невозможно или нецелесообразно.

Информационная проводка внутриобъектовой ИТС формируется преимущественно в виде структурированной кабельной системы. Вне зависимости от объекта в основу любой СКС закладываются общие принципы. Учет конкретных особенностей осуществляется определенными структурными модификациями непринципиального характера и конструктивным исполнением отдельных компонентов, из которых формируется кабельный тракт.

ЗНАЧЕНИЕ РАЗЪЕМНОГО СОЕДИНИТЕЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Идеология любой СКС предполагает использование стационарной линии как базового укрупненного функционального элемента. При формировании трактов передачи интерфейсы разъемов стационарной линии и активного сетевого

оборудования соединяются шнурами. В единичных случаях для этого используется переключатель в том или ином исполнении. Подключение происходит непосредственно (так называемая схема коммутации интерконнекта) или же, существенно реже, через панель отображения активного оборудования (схема кросс-коннекта). В отдельных случаях в состав кабельного тракта также вводятся:

- адаптеры, которые согласно правилам построения СКС должны находиться за пределами стационарной линии;
- консолидационные точки, которые являются внутренними по отношению к стационарной линии.

Необходимым условием формирования кабельного тракта по представленной схеме является наличие в его составе по крайней мере одного разъемного соединения. При этом розеточная часть любого разъема обычно образует пользовательский интерфейс СКС, а кабельная часть выполняется в виде вилки.

Из соображений удобства эксплуатации ИТС коммутацию целесообразно выполнять механически симметричным шнуром с одинаковыми вилками на концах. Соответственно, на розеточную часть разъема СКС возлагают также функции одного из конструктивных элементов физической части интерфейса активного сетевого оборудования.

Разъем модульного типа как основной соединитель СКС

В данной статье ограничимся рассмотрением СКС офисного назначения, которые фактически формируют основную часть рынка современной информационной проводки. На построение горизонтальной подсистемы таких СКС направляется основная масса людских и материальных ресурсов, требуемых для реализации проекта (рис.1). В силу ряда причин, обсуждение которых выходит за рамки данной работы, таковая строится преимущественно на витопарной элементной базе. Популярность классических решений класса "волокно до рабочего места" (FTTD) пока крайне мала. Появление решений класса PoLAN, получивших определенную популярность в последнее время [1], при демонстрируемых ими сегодня темпах роста качественно не меняет картину в целом.

Основной тип соединителя электропроводных трактов – разъем модульного типа. Известны также другие разновидности соединителей.

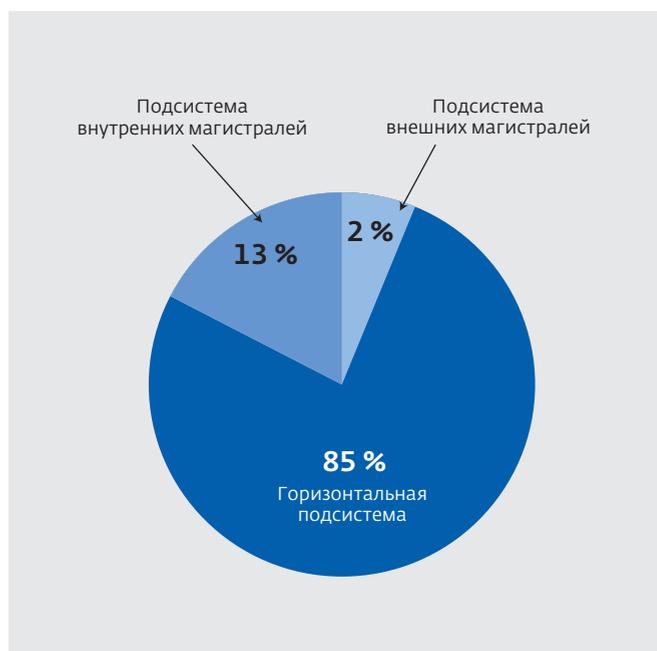


Рис.1. Типовая структура укрупненных статей затрат, необходимых для реализации крупных СКС, с разбиением по отдельным подсистемам

В частности, стандартами нормируются конструкции Tera, GG45 и ARJ45. Имеются также фирменные решения, отличающиеся от стандартных некоторым улучшением тех или иных пар параметров, например EC7 немецкой компании Leoni. Все они встречаются в массовой практике буквально в единичных случаях (по крайней мере в нашей стране). Косвенное подтверждение справедливости такого утверждения – отсутствие предложения лицензионных копий этих изделий или совместимых с ними продуктов от производящих компаний из стран Юго-Восточной Азии.

На магистральных уровнях сети могут применяться разъемы других типов, например 110, упрощающие доступ к отдельной паре. Допустимость обращения к ним определяется тем, что стандарты СКС фиксируют тип разъема только для пользовательской информационной розетки.

При принятии решения об их использовании в составе штатного оборудования СКС следует учесть тот факт, что количество горизонтальных линий значимо, по меньшей мере в разы, превышает количество магистральных линий. Поэтому из соображений наращивания удобства эксплуатации путем перехода на единую элементную базу и получения за счет этого "интерфейсной"

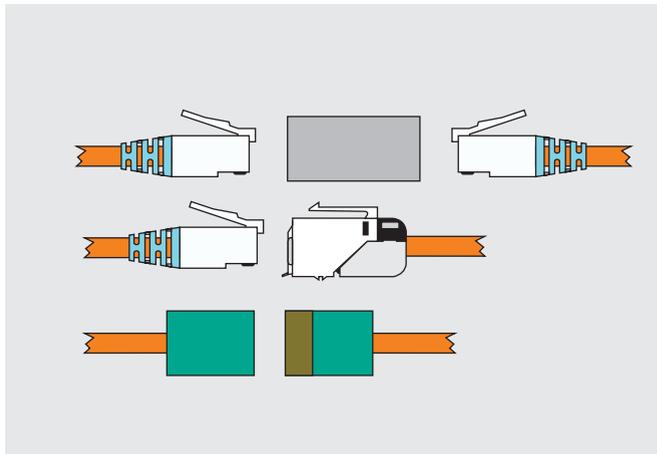


Рис.2. Основные варианты конструктивных схем исполнения разъемов для применения совместно с кабелями из витых пар. Сверху вниз: симметричный трехкомпонентный, несимметричный двухкомпонентный, гермафродитный

симметрии стационарных линий здесь также целесообразно применять модульную технику. Избыточность такого решения минимальна, то есть оно пренебрежимо мало влияет на экономику проекта в целом.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВИЛКИ МОДУЛЬНОГО РАЗЪЕМА

Разъем модульного типа был разработан американской компанией Western Electric для применения в низкоскоростном телекоммуникационном оборудовании. В своем исходном варианте он был предназначен для плоских ленточных кабелей и впервые начал массово использоваться в сетях ISDN, откуда был заимствован в технику СКС. Внедрение соединителей в эту область с существенным расширением рабочего частотного диапазона определялось не только объемом данного сегмента рынка телекоммуникаций, но и многочисленными достоинствами элемента. Среди таковых:

- хорошие потребительские качества – в первую очередь удобство использования и привлекательные массогабаритные параметры;
- низкая цена из-за предельной конструктивной простоты и применения недорогих материалов;
- простота обеспечения совместимости со схемой USOC (uniform service ordering code), которая положена в основу физического уровня абонентского участка классической телефонной сети;

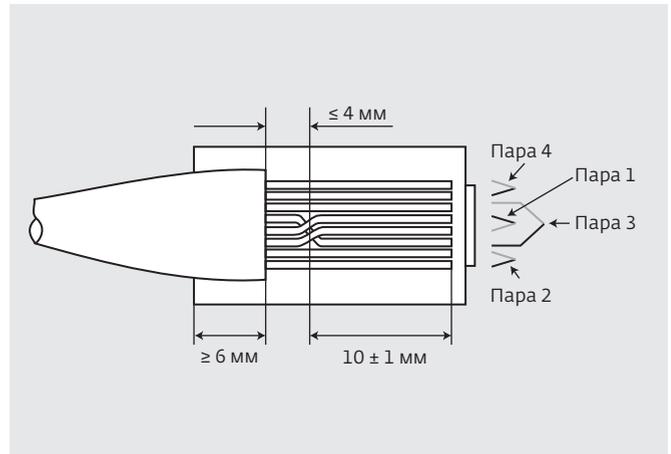


Рис.3. Схема раскладки проводов по контактам модульной вилки

- наличие определенных резервов в части совершенствования параметров.

Соединитель выполнен по двухкомпонентной несимметричной схеме (рис.2), а его вилка и розетка как отдельные компоненты стандартизированы на международном уровне документами группы IEC 60603-7. Разъем доступен в экранированном и неэкранированном исполнениях. Экранированная вилка отличается от неэкранированной только внешним металлическим кожухом, который закрывает ее корпус на большей части длины.

Корпус вилки можно условно разделить на две основные части. Первая из них предназначена для установки контактной группы и механически взаимодействует с гнездом розетки. На ней же методом литья под давлением сформирована интегральная рычажная защелка-фиксатор.

Задняя часть корпуса обеспечивает крепление к кабелю, а также может быть использована в качестве несущей платформы:

- технических средств поддержки администрирования [2, 3];
- шнуровой части датчика подключения шнура к панели системы интерактивного управления [4].

Однако в части параметров передачи в процессе характерного для отрасли СКС постоянного роста скоростей передачи и расширения частотного диапазона имеющиеся запасы были довольно быстро исчерпаны и начали проявляться следующие недостатки исходного варианта конструкции вилки:

- высокая переходная помеха из-за охвата цепей передачи пары контактов 3–6 цепей,



Рис.4. Направления подавления электромагнитной связи отдельных цепей передачи внутри корпуса вилки

оканчивающихся на контактах пары 4–5, фактически являющегося "визитной карточкой" схемы USOC (рис.3);

- большая длина параллельного прохождения нескрученных проводов в области контактов, что усиливает их электромагнитную связь;
- использование для подключения к проводам витой пары пирсингового контакта с неудовлетворительной стабильностью в условиях воздействия механических нагрузок;
- высокие риски недопустимого ухудшения в процессе кримпирования параметров влияния и обратных отражений, обусловленных конструкцией штатного зажима.

Для их устранения конструкция вилки постоянно дорабатывалась практически по всем отдельным компонентам конструкции. Не менялся только форм-фактор той части, которая вставлялась в гнездо розетки, что было обусловлено требованием обеспечения обратной совместимости. В результате в процессе модернизации менялось только внутреннее устройство компонента и/или его тыльная часть.

Улучшение параметров влияния

"Шумность" разъема как компонента, непосредственно функционирующего в составе кабельного тракта и определяющего качество работы канала связи, во многом определяется взаимными наводками между цепями передачи сигналов. В наиболее неблагоприятных условиях оказываются те из них, которые заканчиваются парами контактов 4–5 и 3–6. Для исправления

ситуации привлекается несколько подходов, классификация которых приведена на рис.4.

Внутреннее экранирование реализуется введением металлической вставки с каналами для укладки проводов пар, что практически используется, например, в вилках коммутационных шнуров СКС компании RiT Technologies. Для усиления результирующего эффекта экранирующей металлической вставки направляющие канавки для проводов отдельных витых пар выполняются на разных сторонах ее корпуса.

Данная задача может быть решена отказом от однорядной схемы подачи отдельных проводов витых пар к IPC-контактам (рис.5), что открывает перспективы увеличения расстояния между параллельно проходящими цепями и ослабления

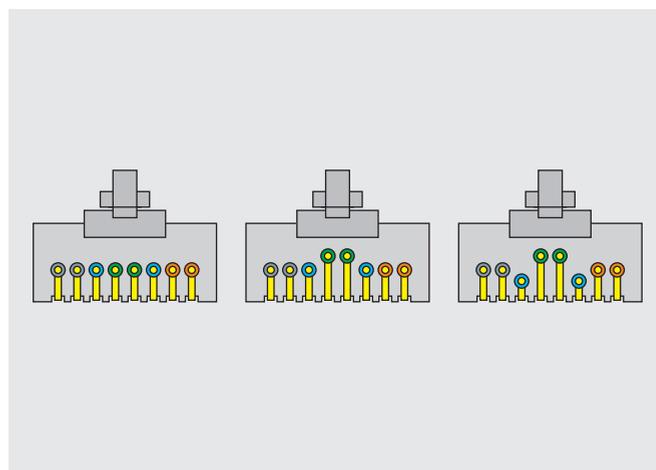


Рис.5. Варианты расположения отдельных проводов витых пар в области IPC-контактов вилок традиционной конструкции

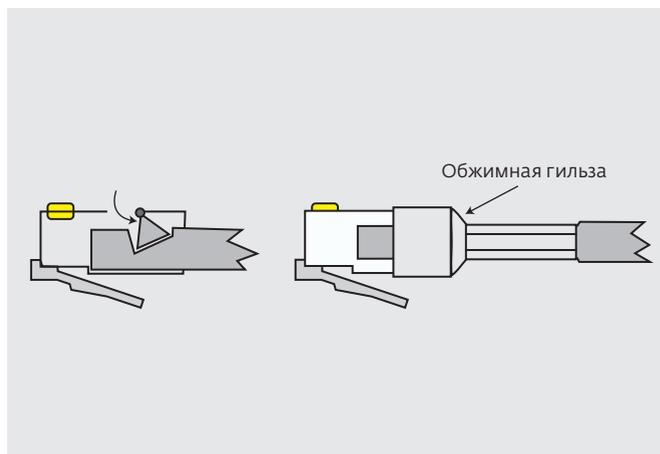


Рис.6. Варианты исполнения узла крепления вилки к кабелю: слева – типовой с помощью клиновидного зажима, справа – с помощью обжимной гильзы

их электромагнитной связи. Физически этот прием реализуется за счет:

- выноса направляющих каналов для подачи проводов к паре контактов 4–5 в плоскость выше основного ряда (двухуровневая схема);
- дополнительного смещения каналов проводов контактов 3–6 в плоскость ниже основного ряда (трехуровневая схема).

СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ НАРУШЕНИЯ ФАБРИЧНОЙ СКРУТКИ ВИТЫХ ПАР

Для исходного дизайна вилок характерна большая длина параллельной прокладки отдельных проводов витых пар в области их подачи к контактам. Данное решение во многом вынужденное, так как применено из-за того, что несколько облегчает выравнивание проводов перед оконцеванием. Наличие протяженных близко расположенных параллельных цепей значительно ухудшает характеристики компонента по переходным электромагнитным влияниям. Для исправления этого недостатка в широкую инженерную практику внедрено два идеологически близких решения.

В первом случае на витые пары с максимально полным надвижением на их витки одевают вставку-кондуктор, в каналы которой укладываются провода. Затем их излишек срезают боковыми резами. После этого вставку линейным движением вдвигают в установочное гнездо и кримпируют вилку.

Вилка с pass-through-дизайном реализует сходную идею другим способом. Также она имеет укороченные направляющие каналы, а в торцевой

стенке корпуса выполнены сквозные отверстия, через которые при установке пропущены провода витых пар. Максимально полное сохранение фабричной скрутки витых пар достигается их простым подтягиванием.

При кримпировании излишек проводов срезают дополнительным лезвием обжимного инструмента. Возможность выполнения этой операции в одном технологическом цикле определяется:

- небольшими дополнительными усилиями;
- фактом того, что плоская торцевая поверхность корпуса вилки перпендикулярна продольной оси компонента.

Вилка с pass-through-дизайном известна под торговой маркой EZ-RJ45. Довольно широко распространена в проектах в нашей стране и уже стала штатным компонентом некоторых российских СКС.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРЕПЛЕНИЯ К КАБЕЛЮ

Фиксация на кабеле модульной вилки традиционной конструкции выполняется одноразовым клиновидным зажимом с треугольной в сечении формой. В рабочее положение с поворотом примерно на 90° этот элемент переводится штатным толкателем кримпирующего инструмента, в результате чего через оболочку прижимает кабель к нижней части входного гнезда корпуса (рис.6).

Главные недостатки такого решения таковы:

- расклинивающее усилие серьезно деформирует структуру витых пар, что ухудшает характеристики шнура в первую очередь по возвратным потерям;
- возможность некоторого бокового перемещения кабеля в гнезде обычно приводит к быстрому росту переходного сопротивления области взаимодействия провода витой пары и РС-контакта.

Главным средством их устранения становится отказ от точечного крепления зажимом в пользу распределенной фиксации. При этом конструкция соответствующего узла может быть выполнена по-разному и известна в следующих вариантах, доведенных до уровня серийной продукции:

- наиболее распространена заливка методом литья под давлением области ввода кабеля в корпус размягченной под действием высокой температуры пластической массы с одновременным формированием хвостовика;

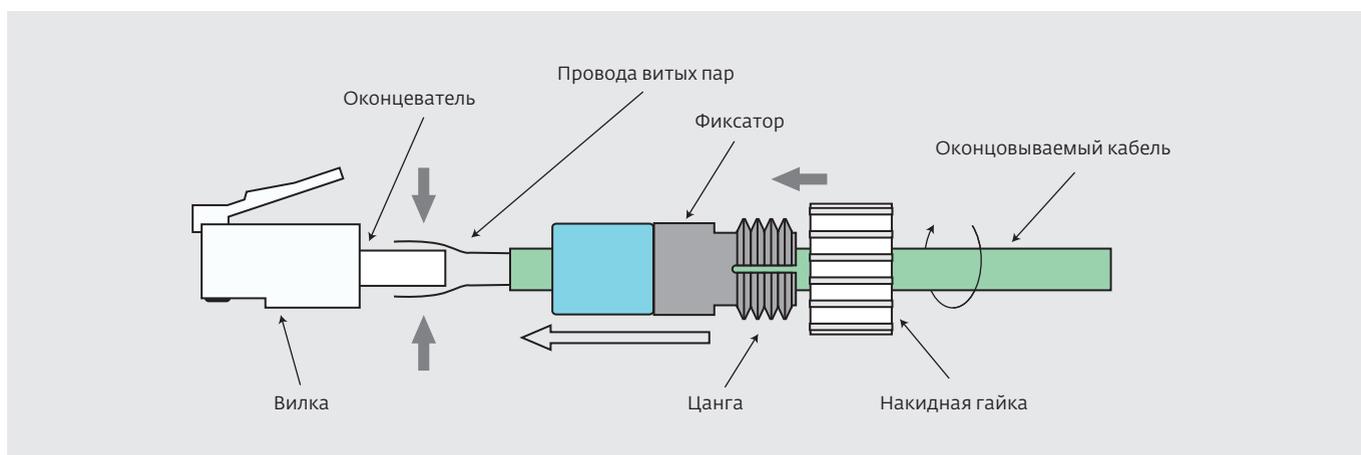


Рис.7. Основные конструктивные элементы вилки полевого оконцевания

- применение в качестве хвостовика обжимной гильзы (вилки разработки Тусо Electronics);
- использование металлического подвижного фиксатора с двойной язычковой обмоткой оболочки кабеля (Reichle & De-Massari). Добавим, что достаточно часто язычковая схема фиксации кабеля

используется в экранированных вилках, в которых этот узел выполняется как естественное продолжение экранирующей обоймы, одеваемой на корпус вилки. Она реализована, в частности, в вилке категории 6A типа PLUG-8P8C-UV-C6A-SH-50 российской СКС Hyperline, которую производит НПП "Гиперлайн".



ТЕЛЕГРАММ КАНАЛ
НАУЧНОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА
ТЕХНОСФЕРА:



- Онлайн репортажи с крупнейших выставок отрасли
- Анонсы мероприятий с участием технических экспертов отрасли
- Скидки на журналы издательства до 25%
- Конкурсы и розыгрыши от ведущих компаний
- Книжные новинки и презентации новых выпусков журналов

Подписывайтесь и оставайтесь в курсе главных событий научно-технической сферы



Отказ от IPC-контакта

Механическое воздействие на рабочую кромку контакта вилки первоначальной конструкции приводит к небольшим его перемещениям. Этот неизбежный эффект сопровождается ростом переходного сопротивления в области взаимодействия пирсингового элемента с многопроволочным проводником оконцовываемого провода. Деграционные процессы значительно ускоряются под действием токов дистанционного питания, которые демонстрируют явно выраженную тенденцию к росту по мере развития техники [5]. В тяжелых случаях рост контактного сопротивления приобретает со временем лавинообразный характер, что заканчивается тепловым взрывом и приводит к полному выходу вилки из строя.

Купирование взаимных перемещений контактов и проводов дополнительным зажимом, действующим прямо на провода в направляющих каналах (решение Tусо Electronics), не приводит к радикальному решению проблемы. Кроме того, из-за локальной деформации изоляции появляются дополнительные отражения.

Радикальное устранение этого недостатка достигается переходом на контакт типа IDC. Последний может быть реализован в двух вариантах. В первом случае формируется непосредственно на жестком отводе от рабочего контакта. Во втором случае контакт выполняется в форме отдельной детали, соединяемой с рабочим контактом вилки по токоведущим дорожками промежуточной печатной платы.

Вилки полевого оконцевания

Вилка традиционной конструкции плохо пригодна для установки на кабель непосредственно на объекте монтажа. Этот недостаток устранен в вариантах полевого оконцевания. Их основное отличие заключается в применении оконцевателя розеточного типа, непосредственно жестко пристыкованного к задней части корпуса. Переход на дизайн данной разновидности позволил:

- устранить из цепи протекания тока относительно ненадежный IPC-контакт;
- за счет возможности заделки свести практически к нулю процент брака при монтаже;
- значимо улучшить поведение элемента при больших величинах тока дистанционного питания.

Подача проводов витых пар в контакты осуществляется нажимным элементом. Фиксация

вилки на кабеле чаще всего осуществляется цанговым зажимом (рис.7).

Популярность вилок для полевого оконцевания начала быстро расти после 2005 года, с момента начала массового использования в широкой инженерной практике стационарных линий, построенных по схеме MPTL (modular plug terminated link).

Выводы

1. Стандартные модульные разъемы являются основным типом соединителя при формировании электропроводных кабельных трактов СКС.
2. Вилка как неотъемлемая составная часть разъема последовательно совершенствуется по мере развития техники и появления новых технологий.
3. Модернизация рассматриваемого компонента модульного разъема позволяет поддерживать его технический уровень адекватным современным требованиям в части надежности подключения, обеспечения параметров влияния и токовой нагрузки последних поколений систем PoE.
4. Необходимый уровень удобства формирования терминального окончания линий MPTL обеспечивается применением новой разновидности компонентов: вилок полевого оконцевания, отличающихся розеточным исполнением узла подключения к терминируемому кабелю и цанговым способом механической фиксации на нем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелев С., Семенов А. Технология PoLAN как новый формат нижнего уровня информационных систем // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2021. № 2 (94). С. 28–33.
2. Семенов А.Б., Мокрова Н.В. "Панельные" решения наращивания эффективности эксплуатации СКС // Вестник связи. 2023. № 4. С. 14–17.
3. Семенов А. Средства блокировки некорректного отключения шнуров при изменениях конфигурации СКС // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2022. № 6 (106). С. 24–28.
4. Семенов А.Б. Системы интерактивного управления. М.: Эко-трендз, 2011. 223 с.
5. Семенов А.Б. Как технология PoE меняет подходы к построению и эксплуатации СКС // Вестник связи. 2021. № 8. С. 24–28.



II Всероссийская конференция

Телеком **& Медицина 2023**

Здоровье в цифровую эпоху: инновации
и технологии для профилактической медицины