



# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ. ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ, НОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

ELECTRICAL PARAMETERS OF HIGH-FREQUENCY COMMUNICATION CABLES.  
DEVELOPMENT, STANDARDIZATION AND CONTROL ISSUES

**A.V. Kocherov, Ph.D.**, developer of A132 systems,  
Sole proprietor;

**V.I. Rudenko**, Head of the Laboratory,  
NPP Informsystem LLC;

**A.B. Semenov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Moscow State University of Civil  
Engineering ;

**M.V. Sholudenko**, Ph.D., Head of the Department,  
JSC VNIICP

**А.В. Кочеров**, канд. техн. наук,  
разработчик систем А132, ИП;

**В.И. Руденко**, заведующий лабораторией,  
ООО «НПП «Информсистема»;

**А.Б. Семёнов**, д-р техн. наук, профессор, Националь-  
ный исследовательский Московский государственный  
строительный университет;

**М.В. Шолуденко**, канд. техн. наук, зам. заведующего  
отделением – заведующий отделом, ОАО «ВНИИКП»

**Аннотация.** В статье приведена оценка текущего состояния и перспективы развития симметричных кабелей (LAN-кабелей).

Отмечается, что в настоящее время разработана отечественная измерительная система А132 для измерения электрических параметров LAN-кабелей и коаксиальных кабелей.

**Ключевые слова:** LAN-кабель, коаксиальный кабель, измерительная система А132, диапазон рабочих частот

**Abstract.** The article provides an assessment of the current state and prospects for development of symmetrical cables (LAN-cables).

It is noted that currently a domestic system A132 has been developed for measuring electrical parameters of LAN-cables and coaxial cables.

**Key words:** LAN-cable, coaxial cable, A132 measuring system, operating frequency range

Материал поступил в редакцию 27.06.2022

E-mail: andrey.kocherov@yandex.ru, vrudenko@yandex.ru, andre52.55@mail.ru, casi4@yandex.ru

В настоящее время кабели связи симметричные для цифровых систем передачи (LAN-кабели) продолжают активно применяться в различных сетях передачи данных и производятся зарубежными и российскими кабельными заводами.

На LAN-кабели распространяются следующие международные стандарты:

– IEC 61156-1,2,3,4 «Групповые технические ус-

ловия (ГТУ) на многопарные симметричные кабели для цифровых систем передачи»;

– IEC 61156-5,6 «ГТУ на многопарные симметричные кабели для цифровых систем передачи до 600 МГц»;

– IEC 61156-7,8 «ГТУ на многопарные симметричные кабели для цифровых систем передачи до 1200 МГц»;



– IEC 61156-9,10 «ГТУ на многопарные симметричные кабели для цифровых систем передачи до 2000 МГц»;

– IEC 61156-11,12 «ГТУ на однопарные симметричные кабели связи до 600 МГц».

В отечественной практике ОАО «ВНИИКП» совместно с ЗАО «Фирма «АйТи» разработали ГОСТ Р 54429–2011 «Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. ОТУ», который был введён в действие в 2012 г.

ГОСТ Р 54429–2011 распространяется на многопарные симметричные кабели, предназначенные для эксплуатации в структурированных кабельных системах (СКС) по ISO/МЭК 11801 и сетях широкополосного доступа в частотном диапазоне до 1000 МГц.

В соответствии с программой стандартизации на 2022 год с целью повышения технического уровня LAN-кабелей ОАО «ВНИИКП» начаты работы по разработке межгосударственного стандарта «Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. ОТУ» на базе национального стандарта ГОСТ Р 54429–2011.

В развитие к ГОСТ Р 54429–2011 в межгосударственном стандарте планируется следующее:

- расширить область применения кабелей;
- увеличить частотный диапазон кабелей до 2000 МГц (ввести кабели категорий 8.1 и 8.2);
- увеличить диапазон рабочих температур кабелей (ввести другие климатические исполнения кабелей);
- расширить диапазон исполнения кабелей в части показателей пожарной безопасности;
- дополнить новыми конструкциями кабелей (с тросом, с броней, с защитными покровами);
- дополнить новыми материалами для элементов кабелей;
- уточнить методы измерения электрических параметров кабелей.

### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МНОГОПАРНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 2000 МГц

На многопарные LAN-кабели категорий 8.1 и 8.2 распространяются следующие международные стандарты: IEC 61156-11 и IEC 61156-12 «Групповые технические условия (ГТУ) на многопарные симметричные кабели для цифровых систем передачи до 2000 МГц».

Кабели категории 8.1 предназначены для применения в Class I в соответствии с ISO/IEC TR 11801-9901.

Кабели категории 8.2 предназначены для применения в Class II в соответствии с ISO/IEC TR 11801-9901.

Кабели категории 8.1 являются улучшенной версией кабелей категории 6А.

Кабели категории 8.2 являются улучшенной версией кабелей категории 7А.

Токопроводящие жилы кабелей могут быть однопроволочными или многопроволочными из мягкой медной проволоки.

Электрическое сопротивление жилы постоянному току должно быть:

- не более 70 Ом/км – для кабелей с однопроволочной жилой;
- не более 142 Ом/км – для кабелей с многопроволочной жилой.

Ёмкостная асимметрия пар должна быть не более 1200 пФ/км.

Коэффициент затухания  $\alpha_{20}$  кабелей в диапазоне частот от 1 до 2000 МГц, пересчитанный на температуру 20 °С, должен быть не более определяемого по формулам:

– для кабелей с однопроволочными жилами:

$$\alpha_{20} = 1,8\sqrt{f} + 0,005f + \frac{0,25}{\sqrt{f}}, \text{ дБ/100 м} \quad (1)$$

Таблица 1

Категория кабеля	Диапазон частот, МГц	NEXT, дБ/100 м, не менее	PS NEXT, дБ/100 м, не менее
8.1	1–2000	75,3–15 lg(f)*	72,3–15 lg(f)**
8.2	1–2000	105,4–15 lg(f)*	102,4–15 lg(f)**

**Примечания.**

\* Для частот, при которых расчётное значение NEXT более 78,0 дБ/100 м, требованием должно быть не менее 78,0 дБ/100 м.

\*\* Для частот, при которых расчётное значение PS NEXT более 75,0 дБ/100 м, требованием должно быть не менее 75,0 дБ/100 м.

– для кабелей с многопроволочными жилами:

$$\alpha_{20} = 2,7\sqrt{f} + 0,0075f + \frac{0,375}{\sqrt{f}}, \text{ дБ/100 м} \quad (2)$$

где  $f$  – частота, МГц.

Переходное затухание на ближнем конце NEXT и переходное затухание суммарной мощности влияния на ближнем конце PS NEXT кабелей должны быть не менее определяемого по формулам, указанным в табл. 1.

Защищённость на дальнем конце EL FEXT и защищённость от суммарной мощности влияния на дальнем конце PS EL FEXT должны быть не менее определяемого по формулам, указанным в табл. 2.

Переходное затухание суммарной мощности влияния на ближнем конце между кабелями PS ANEXT и защищённость от суммарной мощности влияния на дальнем конце между кабелями PS EL AFEXT должно

быть не менее определяемого по формулам, указанным в табл. 3 и 4 соответственно.

Волновое сопротивление кабелей категорий 8.1 и 8.2 должно быть  $100 \pm 5$  Ом на частоте 100 МГц.

Затухание отражения  $RL$  должно быть не менее определяемого по формулам, указанным в табл. 5.

### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОПАРНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ В ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ ДО 600 МГц

На однопарные LAN-кабели распространяются следующие международные стандарты IEC 61156-11 и IEC 61156-12 «Групповые технические условия на однопарные кабели связи для цифровых систем передачи до 600 МГц».

Таблица 2

Категория кабеля	Диапазон частот, МГц	EL FEXT, дБ/100 м, не менее	PS EL FEXT, дБ/100 м, не менее
8.1	1–2000	$79,0 - 20 \lg(f)^*$	$76,0 - 20 \lg(f)^{**}$
8.2	1–2000	$100,6 - 20 \lg(f)^*$	$97,6 - 20 \lg(f)^{**}$

**Примечания.**

\* Для частот, при которых расчётное значение EL FEXT более 78,0 дБ/100 м, требованием должно быть не менее 78,0 дБ/100 м.

\*\* Для частот, при которых расчётное значение PS EL FEXT более 75,0 дБ/100 м, требованием должно быть не менее 75,0 дБ/100 м.

Таблица 3

Категория кабеля	Диапазон частот, МГц	PS ANEXT, дБ/100 м, не менее
8.1	1–2000	$117,5 - 15,0 \lg(f)$
8.2	1–2000	$117,5 - 15,0 \lg(f)$

**Примечание.**

Для частот, при которых расчётное значение PS ANEXT более 80,0 дБ/100 м, требование должно быть не менее 80,0 дБ/100 м.

Таблица 4

Категория кабеля	Диапазон частот, МГц	PS EL AFEXT, дБ/100 м, не менее
8.1	1–2000	$102,2 - 20,0 \lg(f)$
8.2	1–2000	$102,2 - 20,0 \lg(f)$

**Примечание.**

Для частот, при которых расчётное значение PS EL AFEXT более 80,0 дБ/100 м, требование должно быть не менее 80,0 дБ/100 м.



Таблица 5

Категория кабеля	Диапазон частот, МГц	RL, дБ, не менее, для кабелей	
		с однопроволочными жилами	с многопроволочными жилами
8.1	1–10	20,0 + 5,0 lg(f)	20,0 + 5,0 lg(f)
	1–40	25	25
	40–2000	25,0–7,0 lg (f/40)	25,0–7,0 lg (f/40)
8.2	1–10	20,0 + 5,0 lg (f)	20,0 + 5,0 lg (f)
	1–40	25	25
	40–2000	25,0–7,0 lg (f/40)	25,0–7,0 lg (f/40)

Однопарные кабели предназначены для передачи данных со скоростью 1 Гбит/с и применяются в системах 1000 BASE-T1 по ISO/IEC TR 11801-9906.

Токопроводящие жилы кабелей могут быть однопроволочными или многопроволочными из медной мягкой проволоки.

Электрическое сопротивление жилы постоянно току должно быть не более 145,0 Ом/км.

Ёмкостная асимметрия пар должна быть не более 1200 пФ/км.

Коэффициент затухания  $\alpha_{20}$ , пересчитанный на температуру 20 °С, в диапазоне частот от 1 до 600 МГц должен быть не более, определяемого по формулам:

– для кабелей с однопроволочными жилами:

$$\alpha_{20} = 1,8\sqrt{f} + 0,005f + 0,25f, \text{ дБ/100 м} \quad (3)$$

– для кабелей с многопроволочными жилами:

$$\alpha_{20} = 2,7\sqrt{f} + 0,0075f + 0,375\sqrt{f}, \text{ дБ/100 м} \quad (4)$$

Переходное затухание суммарной мощности влияния на ближнем конце между кабелями PS ANEXT в диапазоне частот от 1 до 600 МГц должно быть не менее 67,0 дБ/100 м.

Защищённость от суммарной мощности влияния на дальнем конце между кабелями PS EL AFEXT в диапазоне частот от 1 до 600 МГц должна быть не менее, определяемой по формуле:

$$PS \text{ EL AFEXT} = 103,0 - 20,0 \lg (f), \text{ дБ/100 м} \quad (5)$$

Волновое сопротивление Z однопарных кабелей должно быть 100±5 Ом на частоте 100 МГц.

Затухание отражения RL, дБ, однопарных кабелей должно быть не менее, определяемого по соответствующей формуле, указанной в табл. 6.

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ LAN-КАБЕЛЕЙ

В соответствии с международными стандартами и ГОСТ Р 54429–2011 измерения электрических параметров LAN-кабелей должно проводиться на образце кабеля длиной не менее 100 м.

В качестве оборудования для измерения электрических параметров LAN-кабелей применяют измерительные системы компании AESA Cortailod GmbH, построенные на базе векторных анализаторов цепей, или СКС-анализаторы [1, 2].

В настоящее время группой российских компаний разработана измерительная система A132 (рис. 1), позволяющая измерять электрические параметры кабелей в диапазоне частот до 1000 МГц.

Измерительная система A132 позволяет обеспечивать измерения и контроль электрических параметров LAN-кабелей на соответствие требованиям ГОСТ Р 54429–2011 до категории 7А включительно.

Особенностью системы является возможность измерения первичных и вторичных параметров симметричных кабелей и испытание изоляции кабелей испытательным напряжением до 1000 В постоянного тока.

Измерения заданного набора измеряемых параметров производится автоматически после одно-

Таблица 6

Диапазон частот, МГц	RL, дБ, не менее, для кабелей	
	с однопроволочными жилами	с многопроволочными жилами
1–10	20,0 + 5,0 lg (f)	20,0 + 5,0 lg (f)
10–20	25	25
20–600	25,0–7 lg (f/20)	25,0–8,6 lg (f/20)



Рис. 1. Система А132

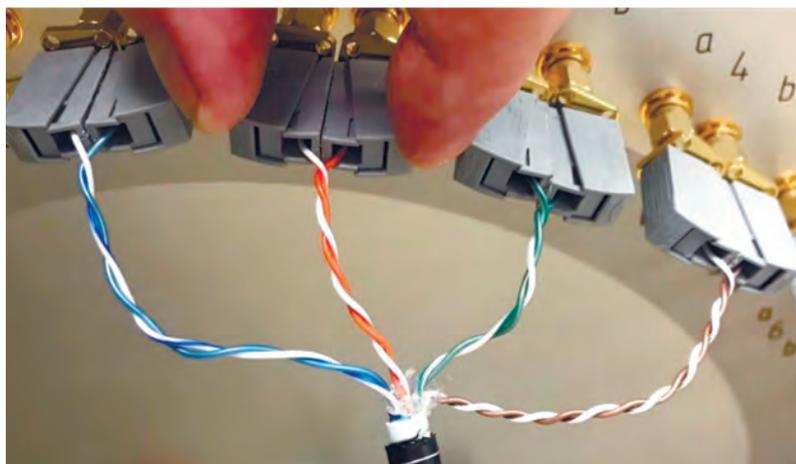


Рис. 2. Электробезопасное подключение кабеля к измерительной системе

кратного подключения симметричного кабеля к коммутатору, количество каналов которого выбирается при заказе оборудования в пределах от 1 до 32.

Для обеспечения удобства подключения кабеля к измерительной системе используются удобные зажимные электропрочные клеммы Wago-224 (рис. 2).

Особо важной особенностью измерительной системы А132 применительно к LAN-кабелям категории 5е является возможность проводить контроль бухт кабеля длиной до 305 м.

Примеры измерения частотных характеристик коэффициента затухания и защищённости от суммарной мощности влияния на дальнем конце кабеля F/UTP cat 5е 4×2×0,52 длиной 300 м представлены на рис. 3 и 4.

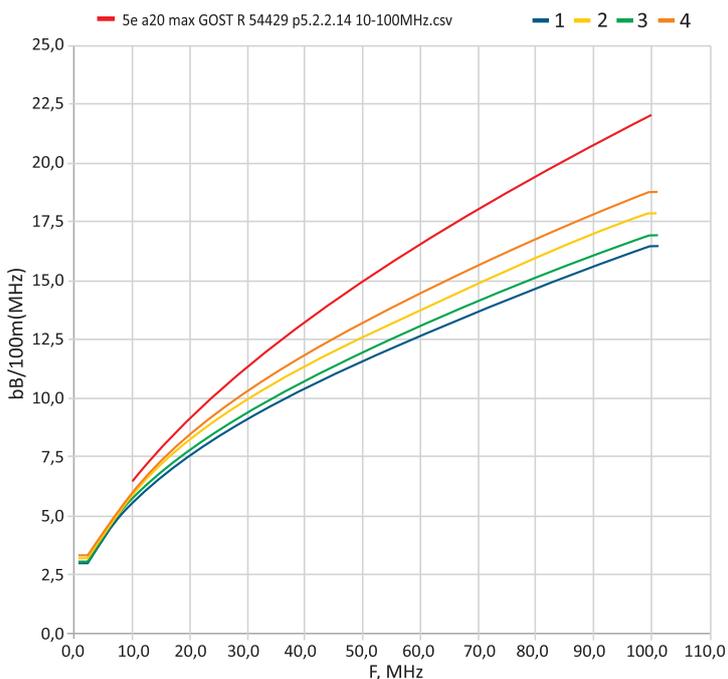


Рис. 3. Измеренная частотная характеристика коэффициента затухания образца кабеля F/UTP cat 5е 4×2×0,52 длиной 300 м

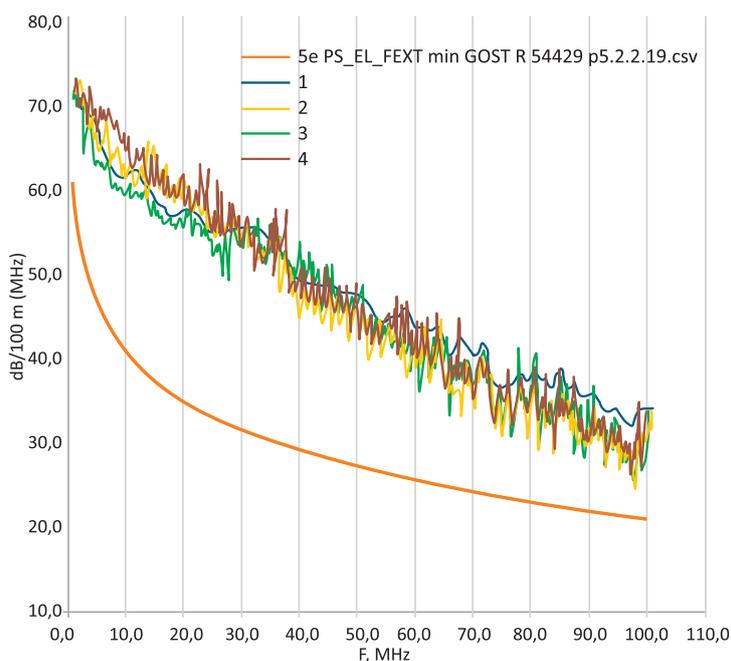


Рис. 4. Измеренная частотная характеристика защищённости от суммарной мощности влияния на дальнем конце кабеля F/UTP cat 5е 4×2×0,52 длиной 300 м



Такое свойство системы позволяет говорить о потенциально сплошном (100 %) контроле LAN-кабелей при проведении приёмо-сдаточных испытаний на заводе-изготовителе или о неразрушающем контроле любого образца готового кабеля, отобранного на складе дистрибьютора или потребителя, при входном контроле кабельной продукции заказчиком.

Система A132 дополнительно обеспечивает контроль электрических параметров коаксиальных кабелей с волновым сопротивлением 50 Ом и 75 Ом на соответствие требованиям ГОСТ Р 53880–2010 и ГОСТ Р 58416–2019, и в соответствии с этими стандартами проводить рефлектометрический контроль неоднородности волнового сопротивления кабеля.

В 2022 году экземпляр системы A132 запущен в эксплуатацию у заказчика – ООО «НПП «Информсистема» в г. Ростове-на-Дону.

Впервые в отечественной практике для контроля LAN-кабелей применяется оборудование российской разработки, комплектные средства измерений которого внесены в Госреестр средств измерений РФ. Эти обстоятельства, помимо метрологической обеспеченности и наличия бюджетных преимуществ, позволяют путём интеграции разработчиков, отраслевой науки и производителей кабелей ставить и решать задачи [3, 4] совершенствования нормативной базы и практического применения измерительных систем в направлении обеспечения качества кабельной продукции в России.

Список источников

1. **Фролов И., Лушенкова Н.** Новые российские медножильные кабели для СКС и сетей доступа // Первая миля. – 2019. – № 8. – С. 26–29.  
URL: [https://sarko.ru/assets/files/stati/novye\\_rossiyskie\\_mednozhilnyye\\_kabeli\\_dl\\_sks\\_i\\_shpd\\_pervaya\\_milya\\_2019.pdf](https://sarko.ru/assets/files/stati/novye_rossiyskie_mednozhilnyye_kabeli_dl_sks_i_shpd_pervaya_milya_2019.pdf) (дата обращения: 24.08.2022).
2. **Баннов В.В., Смирнова В.В., Сабиров Р.Н., Попов Б.В., Попов В.В.** Электрические характеристики телефонных кабелей с плёночно-пористо-плёночной полиэтиленовой изоляцией в широком диапазоне частот // Кабели и провода. – 2022. – № 2 (394). – С. 22–26.  
URL: [http://www.kp-info.ru/sites/default/files/2022\\_2\\_ST\\_4.pdf](http://www.kp-info.ru/sites/default/files/2022_2_ST_4.pdf) (дата обращения: 24.08.2022).
3. **Кузнецов Р.Г., Лобанов А.В., Молчанов Н.Е.** Особенности разработки и производства кабелей для стандарта SPACEWIRE // Кабели и провода. – 2021. – № 2 (388). – С. 10–24.  
URL: <https://spetskabel.ru/files/articles/SpaceWire/spacewire.pdf> (дата обращения: 24.08.2022).
4. **Кочеров А., Семёнов А., Руденко В.** Электрические параметры LAN-кабелей: Как нам реорганизовать контроль // Первая миля. – 2021. – № 7. – С. 44–55.  
URL: [https://www.ruscable.ru/article/elektricheskie\\_parametry\\_lan\\_kabelej\\_kak](https://www.ruscable.ru/article/elektricheskie_parametry_lan_kabelej_kak) (дата обращения: 24.08.2022).

List of References

1. **I. Frolov, N. Lushenkova.** New Russian copper-core cables for SCS and access networks // Last Mile. – 2019. – № 8. – P. 26–29.  
URL: [https://sarko.ru/assets/files/stati/novye\\_rossiyskie\\_mednozhilnyye\\_kabeli\\_dl\\_sks\\_i\\_shpdpervaya\\_milya\\_2019.pdf](https://sarko.ru/assets/files/stati/novye_rossiyskie_mednozhilnyye_kabeli_dl_sks_i_shpdpervaya_milya_2019.pdf) (date of the application: 24.08.2022).
2. **V.V. Bannov, V.V. Smirnova, R.N. Sabirov, B.V. Popov, V.B. Popov.** Electrical characteristics of telephone cables with film-porous-film polyethylene insulation in a wide frequency range // Cables and wires. – 2022. – № 2 (394). – P. 22–26.  
URL: [http://www.kp-info.ru/sites/default/files/2022\\_2\\_ST\\_4.pdf](http://www.kp-info.ru/sites/default/files/2022_2_ST_4.pdf) (date of the application: 24.08.2022).
3. **R.G. Kuznetsov, A.V. Lobanov, N.E. Molchanov.** Features of development and production of cables for the SPACEWIRE standard // Cables and wires. – 2021. – № 2 (388). – P. 10–24.  
URL: <https://spetskabel.ru/files/articles/SpaceWire/spacewire.pdf> (date of the application: 24.08.2022).
4. **A. Kocherov, A. Semenov, V. Rudenko.** Electrical parameters of LAN cables: How do we reorganize control // Last mile. – 2021. – № 7. – P. 44–55.  
URL: [https://www.ruscable.ru/article/elektricheskie\\_parametry\\_lan\\_kabelej\\_kak](https://www.ruscable.ru/article/elektricheskie_parametry_lan_kabelej_kak) (date of the application: 24.08.2022).

ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ «КАБЕЛИ И ПРОВОДА» МОЖНО В РЕДАКЦИИ

Стоимость подписки на 2 полугодие 2022 года (3 номера):

- для членов Ассоциации «Электрокабель» — 1950 руб.;
- для остальных подписчиков России и стран СНГ — 2100 руб.;

НДС не облагается по ст. 145 НК РФ

По вопросам подписки: Алла Тимофеева  
Тел./факс: +7 (495) 918-16-27 E-mail: [kp@vniikp.ru](mailto:kp@vniikp.ru)

Реквизиты для оплаты в рублях:

ООО «Журнал «Кабели и Провода»  
ИНН 7722159427  
р/с 40702810238120102932  
в Московском банке ПАО "Сбербанк", г. Москва  
к/с 3010181040000000225  
БИК 044525225

Подписной индекс в каталоге агентства «Урал-Пресс» — **79943**