

# Оценка условий ЭМС при учете особенностей радиоинтерфейса системы UMTS

В СТАТЬЕ ДАНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАДИОИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ UMTS, КОТОРЫЕ ОКАЗЫВАЮТ ВЛИЯНИЕ НА ОЦЕНКУ ЭМС. ОПИСАН МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСЛОВИЙ ЭМС ДЛЯ РЭС UMTS С УЧЕТОМ ЭТИХ ОСОБЕННОСТЕЙ, ОСНОВАННЫЙ НА МЕТОДЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. ДАЕТСЯ КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА SEAMCAT-2, РАЗРАБОТАННОГО В РАМКАХ СЕРТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ЭМС. ДАННЫЙ ПРОДУКТ ПОЗВОЛЯЕТ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЬ ОЦЕНКУ УСЛОВИЙ ЭМС В СЕТЯХ СВЯЗИ.



Скрынников В.Г.,  
ОАО "Мобильные  
ТелеСистемы"

На этапе строительства сетей сотовой связи третьего поколения одним из важных элементов является определение условий электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС этих сетей с другими радиоэлектронными средствами. В условиях России в выделенных для UMTS полосах радиочастот работает значительное число радиоэлектронных средств. Это создает операторам довольно серьезные проблемы для своевременного строительства сетей. В основном эти проблемы сводятся к вопросу, как обеспечить возможность совместной работы сетей UMTS и других радиослужб в общей полосе радиочастот. В этой сложной ситуации приобретает значимость то, как точно оцениваются условия электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и на основе этой оценки разрабатываются соответствующие нормы (как правило, это нормы частотно-территориального разнеса РЭС). Известно, что расчет норм частотно-территориального разнеса (ЧТР) для конкретных типов радиоэлектронных средств ориентирован традиционно на определение взаимного влияния двух РЭС с фиксированными параметрами и не всегда может учесть сложную динамику изменения параметров РЭС в реальных условиях. Можно предположить, что данное обстоятельство

приводит зачастую к разработке норм ЧТР "с запасом" и не может способствовать обеспечению реальных условий ЭМС в сложившейся электромагнитной обстановке в полосах частот UMTS.

Постараемся показать необходимость адаптации механизмов оценки условий электромагнитной совместимости для РЭС системы UMTS к особенностям ее радиоинтерфейса (см. таблицу ниже). Учет этих особенностей может повлиять в значительной степени на оценку реальных условий ЭМС.

Классическое уравнение ЭМС устанавливает взаимосвязь энергетических, частотных и пространственных параметров РЭС-рецептора и РЭС-источника радиопомех, при которых обеспечивается требуемое качество функционирования радиоэлектронного средства. Применительно к рассматриваемой задаче уравнение ЭМС можно представить в следующем виде

$$P_{c,k} \geq P_{\Sigma,k} \cdot C_k, \quad (1)$$

где  $P_{c,k}$ ,  $P_{\Sigma,k}$  — мощности полезного и суммарного помехового сигналов на входе приемника и  $C_k$  — защитное отношение приемника  $k$ -го РЭС-рецептора помех. При этом для простоты рассуждений внутренние шумы приемника не учитываются.

Основные особенности радиointерфейса UMTS

Свойства UMTS	Количественные показатели	Влияние на ЭМС
UMTS – система с расширенным спектром сигнала (широкополосная система): • имеет запас в отношении сигнал/шум, равный коэффициенту расширения спектра сигнала SF.	для линии MS>BS SF = 4...256 запас помехоустойчивости равен 6 дБ...24 дБ; для линии BS>MS SF = 4...512 запас помехоустойчивости равен 6 дБ...27 дБ.	снижение уровня помех за счет меньшей требуемой мощности излучения передатчика BS на пользовательский канал.
UMTS – система с кодовым разделением каналов: • обеспечивает эффективную регулировку мощности излучения в канале; • требуемая мощность излучения передатчика на канал и размер зоны обслуживания соты (сектора) зависят от степени их загрузки.	• мощность излучения BS на один канал составляет 15...30 дБм; • возможные значения радиуса соты составляют: 0,8 км ... 1,6 км.	• уровень помех различен при разной загрузке сети; • снизить уровень помех можно за счет ограничения загрузки соты (сектора).
UMTS – перспективная, быстро развивающаяся технология: • позволяет использовать адаптивные методы пространственной селекции за счет применения адаптивных антенн в передатчике и приемнике.	-	снижение уровня помех за счет эффективной пространственной селекции при передаче и приеме.

$$P_{\Sigma,k} = \sum_{i=1}^M \frac{P_i \cdot \alpha_i(\Delta f) G_{TX,i}(\theta) \cdot G_{RX,k}(\theta)}{L(R_i)} \quad (2)$$

где  $P_i$  – мощность излучения  $i$ -го передатчика помех;  $\alpha_i(\Delta f)$  – частотные характеристики (спектральная маска)  $i$ -го передатчика помех;  $\Delta f$  – разнос по частоте;  $G_{TX,i}(\theta)$  и  $G_{RX,k}(\theta)$  – коэффициенты усиления антенн  $i$ -го передатчика и приемника  $k$ -го РЭС, зависящие от углов  $\theta$ , определяющих взаимное направление на рассматриваемые РЭС;  $L(R_i)$  – потери на трассе распространения сигнала  $i$ -го передатчика помех, удаленного от  $k$ -го РЭС на расстояние  $R_i$ .

С учетом (2) приведенное выше уравнение ЭМС (1) примет вид

$$P_{c,k} \geq \sum_{i=1}^M \frac{P_i \cdot \alpha_i(\Delta f) \cdot G_{TX,i}(\theta) \cdot G_{RX,k}(\theta)}{L(R_i)} \cdot C_k \quad (3)$$

Для выполнения данного условия при расчете норм ЧТР определяются требуемые значения параметра  $\Delta f$  (частотный разнос) и параметра  $R$  (территориальный разнос).

В рамках поставленной задачи особенность имеет мощность излучения  $P_i$   $i$ -го источника помех, в качестве которого рассматривается передатчик базовой станции (BS) системы UMTS (далее  $P_i = P_{BS,i}$ ). Как было показано в [2], мощность излучения базовой станции UMTS имеет сложный характер и зависит от целого ряда параметров. А именно, суммарная мощность излучения BS UMTS, требуемая для  $N$  пользовательских каналов, равняется

$$P_{BS,i} \geq \frac{P_N}{1 - \eta_{DL}} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{L(d_j)}{G_{BSj} \cdot g_{PC}} \cdot \frac{1}{\frac{G_{pj}}{G_{bi}} + \alpha} \cdot \frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_j \cdot v_j} \quad (4)$$

Приведенное соотношение определяет минимально необходимую мощность базовой станции UMTS с учетом энергетического запаса, требуемого для компенсации помех от соседних ячеек (параметр  $i$ ) и компенсации потерь из-за неортогональности кодов в нисходящих пользовательских каналах (параметр  $\alpha$ ). Кроме того, необходимая мощность зависит от таких параметров радиоканала, как требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника MS ( $E/N_0$ ) каждого пользователя и выигрыша по энергетике ( $G_p$ ) за счет расширения спектра сигнала (по сути, от характера предоставляемой услуги), а также от потерь  $L(d)$  на трассе между передатчиком BS и приемником MS (от удаленности пользователей от базовой станции). В выражении (4) использованы другие параметры:  $P_N$  – мощность шума в приемнике MS;  $G_{BS}$  – коэффициент усиления антенны BS в направлении на мобильную станцию MS;  $g_{PC}$  – коэффициент динамической регулировки мощности и  $v_j$  – коэффициент активности  $j$ -го абонента.

Особо следует подчеркнуть, что в UMTS, как в системе с кодовым разделением каналов, требуемые уровни сигнала для пользовательских каналов, создаваемые суммарной мощностью базовой станции  $P_{BS}$  одновременно являются и внутрисистемными помехами на входе приемника каждого поль-

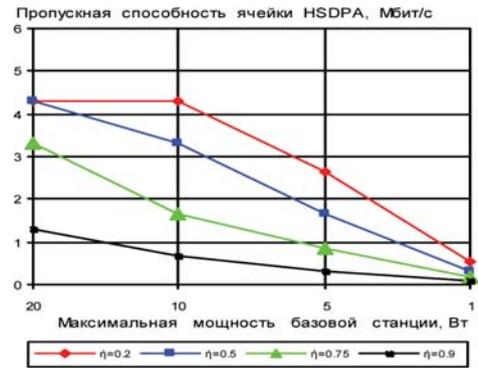


Рис. 1. Зависимость пропускной способности ячейки HSDPA от мощности базовой станции

зователя. Это в свою очередь вынуждает иметь в ресурсе радиоканала запас по энергетике, равный росту уровня внутрисистемных помех.

Количественно допустимый уровень внутрисистемных помех в радиоканалах UMTS может быть определен по аналогии с [1,9,10] с помощью коэффициента загрузки ячейки сети  $\eta_{DL}$ , который в приведенном выше выражении задает требуемый запас по энергетике на компенсацию этих помех. На рис. 1 показаны зависимости пропускной способности ячейки сети UMTS для высокоскоростного режима передачи данных HSDPA от мощности базовой станции, полученные в соответствии с (4) [2]. Из данного рисунка следует, что пропускная способность сети UMTS в значительной степени зависит от мощности базовой станции и для реальных условий не допустимы ее ограничения, ниже 5 Вт.

С учетом описанных выше особенностей запишем уравнение ЭМС (3) в окончательной форме (см. 5).

Как видно, уравнение ЭМС для системы UMTS имеет более сложный характер с ярко выраженной взаимной зависимостью параметров радиointерфейса. Так, на мощность помехи, оказывающей воздействие на приемник  $k$ -го РЭС-рецептора со стороны BS UMTS, влияет целый ряд описанных выше

$$\sum_{i=1}^M \frac{P_{c,k}}{L(R_i)} \cdot \frac{P_N}{1 - \eta_{DL}} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{L(d_j)}{G_{BSj} \cdot g_{PC}} \cdot \frac{1}{\frac{G_{pj}}{G_{bi}} + \alpha} \cdot \frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_j \cdot v_j} \geq C_k \quad (5)$$

параметров сети UMTS (коэффициент загрузки, количество пользователей в ячейке и их удаление, динамическая регулировка мощности, вид и задаваемое качество услуги для каждого пользователя, неортогональность канальных кодов и др.). В реальных условиях многие из этих параметров носят случайный характер или являются просто переменными. Чаще всего к таким параметрам относят:

- количество активных пользователей ( $N$ );
- взаимное удаление РЭС в сети UMTS ( $l(d)$ );
- взаимное относительное направление на РЭС ( $G_{TX,i}(\theta), G_{RX,k}(\theta)$ );
- динамическая регулировка мощности ( $g_{PC}$ ).

Учитывая случайный характер перечисленных параметров, представим уравнение (5) в следующем виде (см. 6)

где все параметры с чертой сверху — случайные величины с соответствующим распределением  $T[X(a)]$ ,  $a$  — некоторый параметр распределения. К примеру,

$$\frac{\overline{P_{c,k}}}{\sum_{i=1}^M \frac{\alpha_i(\Delta f) \cdot G_{TX,i}(\overline{\theta}) \cdot G_{RX,k}(\overline{\theta})}{L(R_i)} \cdot \frac{P_N}{1-\eta_{DL}} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{L(\overline{d}_j)}{G_{BSj} \cdot \overline{g}_{PC}} \cdot \frac{1}{G_{pj}} + \alpha \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_j \cdot v_j} \geq C_k \quad (6)$$

$$G_{TX,i}(\overline{\theta}) = G_{TX,i} \cdot T_{\theta}[X(a)] \quad (7)$$

В этой связи следует сделать акцент на двух важных обстоятельствах.

Первое, в силу случайного характера параметров помехи, создаваемой базовыми станциями сети UMTS, достоверная оценка ее воздействия на РЭС будет статистической.

Второе, в Рекомендациях ITU-R степень воздействия радиопомех определяется вероятностным критерием  $p_{\text{влиян пом}}$  оценки их недопустимого воздействия на РЭС в заданном интервале времени (% времени, когда отношение сигнал/помеха на входе приемника РЭС ниже допустимого) [8]. Данный критерий для типичных условий в сетях связи определяется интегралом вероятности

$$p_{\text{влиян пом}} = 100 \cdot F\left(\frac{\overline{P_{c,k}}}{P_{\Sigma,k}} < C_k\right) = 100 \int_{C_{0k}}^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \frac{dt}{\sqrt{2\pi}}, \quad (8)$$

где  $C_{0k}$  — значение защитного отношения в

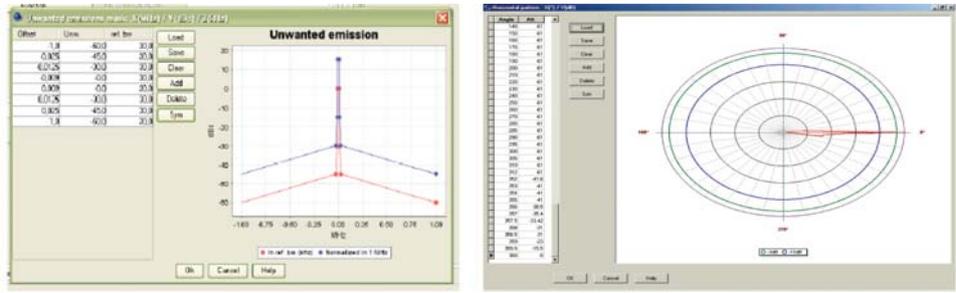


Рис. 2. Задание маски спектра сигнала и диаграммы направленности антенны

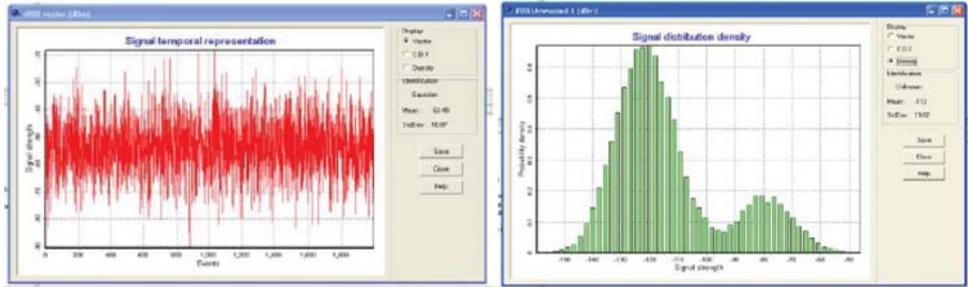


Рис. 3. Вид вектора и плотности вероятностей сигнала на входе приемника

приемнике РЭС-рецептора помех, заданное по условиям оценки ЭМС.

Для получения точных оценок вида (8) в ходе определения условий ЭМС для сетей UMTS наиболее приемлемым становится метод статистического моделирования, получивший название метода Монте-Карло. Метод Монте-Карло — это численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных чисел. Он позволяет моделировать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы [6]. Особенностью данного метода является простота структуры вычислительного алгоритма.

Применительно к задачам ЭМС метод Монте-Карло позволяет моделировать реальную ситуацию при задании изменяемых параметров сети в виде соответствующего распределения случайных чисел, которое в той или иной степени отражает случайное поведение этих параметров. Результат моделирования носит случайный характер и выражается в виде вероятности влияния помехи.

Удобной на сегодняшний день инструментальной реализацией данного метода является программный продукт SEAMCAT-2

(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool, v. 2.1), который был разработан и принят к использованию в рамках CEPT (European Conference of Postal and Telecommunication) [4,7]. Данный программный продукт является многофункциональным средством статистического моделирования и может применяться для решения целого ряда задач по ЭМС.

Для описания случайных (изменяемых) параметров сетей в SEAMCAT-2 используются несколько видов распределения случайных величин: равномерное, дискретное равномерное, дискретное неравномерное, нормальное (гауссовское), релейевское распределение и распределение, задаваемое пользователем.

Имеется возможность использовать для описания потерь на трассе распространения сигнала следующие общепринятые модели: усовершенствованная модель Хата (Extended Hata) при учете дифракций и переходных сред (внутренняя — внешняя), модель для свободного пространства (Free space), модель ITU-R P.1546 и произвольные модели, задаваемые пользователем.

SEAMCAT-2 имеет удобный пользовательский интерфейс, позволяющий вводить маску спектра сигнала и диаграммы направленности антенн с визуальным их отображением на экране (рис. 2), графически отображать векторы сигналов (полезного и помехового), функции их распределения и плотность вероятностей (рис. 3).

Программный продукт SEAMCAT-2 был тщательно протестирован и успешно использован на практике для статистической оценки условий ЭМС при ППРЧ в сетях GSM [5], а также оценки группового влияния базовых станций UMTS на РЭС спутниковых служб.

### Заключение

Создание сетей UMTS на территории России сопряжено в нынешних условиях с главной проблемой — проблемой обеспечения электромагнитной совместимости РЭС в выделенных для UMTS полосах радиочастот. Данная проблема сегодня является одним из главных сдерживающих факторов строительства сетей UMTS на территории ряда регионов России. В этих условиях представляется необходимым находить и применять новые эффективные подходы, которые позволили бы более точно оценивать условия ЭМС для специфичной радиоподсистемы UMTS в сложной электромагнитной обстановке.

### Литература

1. **Скрынников В.Г., Скрынников О.В.** Оценка зоны радиопокрытия сети UMTS на ранней стадии планирования. — Мобильные системы, февраль 2006.
2. **Скрынников В.Г.** Предварительная оценка параметров сети UMTS/HSDPA. — T-Comm, 2008.
3. **Скрынников В.Г.** Особенности предварительной оценки параметров создаваемых сетей UMTS/HSDPA. — Connect! Мир связи, август 2007.
4. **Скрынников В.Г.** SEAMCAT — эффективное средство для оценки ЭМС в сетях связи. — Мобильные Телекоммуникации, апрель 2006.
5. **Скрынников В.Г.** Эффективность режима ППРЧ в сотовых сетях стандарта GSM. — Мобильные системы, 2006.
6. **Monte-Carlo** Simulation Methodology for the Use in Sharing and Compatibility Studies between Different Radio Services or Systems. — ERC Report 68, 2002.
7. **SEAMCAT**. Software Version 2.1.- ERC, 2004.
8. **Rec. ITU-R** p.1546. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. 2005.
9. **H. Holma, A. Toskala.** WCDMA for UMTS. Radio Access for Third Generation Mobile Communications. 2001.
10. **First Report** on the Evaluation of RRM Algorithms by Simulation. — IST-2000-25133: ARROWS, D09, 2002.

## В 17 школах Юго-Восточного административного округа Москвы запущен проект преобразования школьного курса информатики

Наряду с традиционной дисциплиной теперь в учебную программу внедряется курс "Основы информационных технологий", который входит в программу Сетевых академий Cisco. Проект осуществляется под патронажем Префектуры ЮВАО и Департамента образования ЮВАО при содействии Учебно-методического информационно-прокатного Медиациентра Юго-Восточного окружного управления образования Департамента образования города Москва.



"Основы информационных технологий: программное обеспечение и аппаратные средства ПК" — 70-часовой вводный курс в информационные технологии и технологии передачи данных, который рассчитан на учеников старших классов и ориентирован на лабораторные занятия. Особое внимание в нем уделяется вопросам защиты информации и эффективной работы в группе.

Школьники научатся собирать компьютеры и устанавливать различные версии операционной системы (ОС) Windows, периферийных и мультимедийных устройств, получат знания об архитектуре локальных сетей, сетевых протоколах, моделях OSI и служебных программах TCP/IP. Помимо базовых сетевых понятий, в рамках курса рассматриваются функции сетей и их конфигурации.

По окончании этих занятий школьники смогут сдать экзамен на получение международного сертификата CompTIA A+, признанного ведущими компаниями в области компьютерных технологий. Наличие данного сертификата позволяет успешно работать в качестве технического специалиста в вычислительных центрах.

Под руководством специалистов "Учебного центра Сиско Системс"\* обучение по курсу "Основы информационных технологий" прошли 27 преподавателей школ ЮВАО. По их мнению, программа мало чем отличается от курса информатики средней школы, но гораздо шире по охвату и содержит посвященный сетевым технологиям раздел, которого нет в школьном курсе информатики. В мае по окончании занятий по новой программе среди учащихся этих 17 школ под патронажем Префектуры ЮВАО будет проведена Олимпиада по курсу "Основы информационных технологий". Ее победители в июне примут участие во второй всероссийской студенческой Олимпиаде Cisco по сетевым технологиям в номинации "школьники".

Приказом Министерства образования и науки РФ всероссийская студенческая Олимпиада Cisco по сетевым технологиям внесена в список мероприятий, по итогам которых присуждаются государственные премии для поддержки талантливой молодежи. Студенческие Олимпиады Cisco проводятся в рамках программы Сетевых академий Cisco, которая в прошлом году отметила свой десятилетний юбилей.

Сетевые академии считаются краеугольным камнем стратегии Cisco в области подготовки технических специалистов и развития экономики. В эту программу компания вложила уже более 300 млн долл. Выпускники Сетевых академий пользуются большим спросом на рынке труда. Программа действует уже в 160 с лишним странах мира, включая Азербайджан, Армению, Беларусь, Грузию, Казахстан, Киргизию, Россию, Узбекистан, Украину. К настоящему времени в 11 тыс. Сетевых академий Cisco по всему миру прошли обучение более 2 млн студентов.

# Инфофорум — инновационные решения для безопасности страны

31 ЯНВАРЯ — 1 ФЕВРАЛЯ 2008 г. В МОСКВЕ СОСТОЯЛСЯ ДЕСЯТЫЙ "ИНФОФОРУМ" — ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОБЩЕПРИЗНАННОЕ И ШИРОКО ПОСЕЩАЕМОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ОТРАСЛИ, КОТОРОЕ ЕЖЕГОДНО СОБИРАЕТ БОЛЕЕ 2 ТЫСЯЧ СПЕЦИАЛИСТОВ ИЗ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, СТРАН БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНОГО ЗАРУБЕЖЬЯ.

За 10 лет успешной работы в рамках "Инфофорума" сформировалась уникальная деловая площадка, способствующая обмену передовыми идеями, опытом выработки эффективных решений, продвижению на рынок новейших технологий и программных решений. Традиционно мероприятия "Инфофорума" привлекают внимание отечественных и зарубежных компаний, работающих на российском рынке ИТ и телекоммуникаций, а также специалистов и руководителей различных министерств и ведомств федерального и регионального уровней.

Среди главных тем "Инфофорума-10":

- "Электронное государство": безопасность электронных услуг, предоставляемых населению, государству, бизнесу;
- инновационные решения для создания защищенной информационной среды;
- защита прав на результаты интеллектуальной деятельности;

- инновационные решения в борьбе с киберпреступлениями;

- принципы и механизмы государственной политики в сфере информационной безопасности;

- безопасность России: новые вызовы, угрозы, решения.

Организаторы Инфофорума-10: Комитет Государственной Думы РФ по безопасности, Совет Безопасности РФ, Федеральное агентство по информационным технологиям, Правительство Москвы, Некоммерческое партнерство "ИНФОФОРУМ".

31 января 2008 г. в Большом конференц-зале здания Правительства Москвы состоялось награждение лауреатов давно ставшей традиционной и авторитетной "5-й Профессиональной премии в области информационной безопасности". Реализуя механизмы частно-государственного партнерства «ИНФОФОРУМ», профессиональное со-

общество в январе уже пятый год подряд самостоятельно отмечает работу руководителей и специалистов, наиболее удачные проекты и решения в области информационной безопасности Российской Федерации и международного сотрудничества в данной сфере.

Кандидаты на награждение отбирались Экспертным научным советом "ИНФОФОРУМА" из более 100 заявок, аргументированных подробными отзывами и представлениями, которые поступили от Администрации Президента РФ, Администраций субъектов РФ, министерств и ведомств, ведущих ассоциаций и предприятий.

Форум призван определить современные проблемы обеспечения информационной безопасности, включая защиту персональных данных, так как это напрямую относится к сфере защиты жизненно важных интересов и безопасности личности, общества и государства в целом.

