

# Использование эстетического критерия при анализе сценариев эволюции телекоммуникационных систем

Н.А. Соколов

*Аннотация* – Предлагается ввести эстетический критерий, названный "степенью технического совершенства", в перечень тех показателей, которые применяются при анализе различных сценариев развития телекоммуникационной системы. Аналогичный критерий, обычно именуемый "принципом красоты", уже давно используется при проведении научных исследований. Критерий "степень технического совершенства" не зависит от конкретной причины анализируемого этапа эволюции телекоммуникационной системы. Он включает три компонента: нетривиальность, фундаментальность и эффективность. Нетривиальность напрямую связана с решениями, которые можно считать инновационными. Фундаментальность определяет длительность существования концепции или реализованного на ее идеях комплекса технических средств, способного к эволюции с учетом меняющихся требований. Эффективность в простейшем случае представляет собой коэффициент полезного действия. Все три компонента могут оцениваться численно, используя, например, метод экспертных оценок. В статье предложен простой метод использования таких оценок для численной характеристики степени технического совершенства. Акцентируется внимание на характерной особенности компонента "Эффективность". Рассматриваются два примера, касающиеся оценки эффективности применения пакетных технологий для дальнейшего развития телекоммуникационных систем. Показано, что могут быть получены противоположные выводы об уровне эффективности в зависимости от постановки решаемой задачи.

*Ключевые слова* – степень технического совершенства, телекоммуникационная система, модернизация, коэффициент полезного действия.

## I. ПРЕДИСЛОВИЕ

Стимулом к написанию этой работы стало прочтение книги "Поиски истины" [1] и статьи "О красоте науки" [2], которые принадлежат перу академика А.Б. Мигдала. Возможно, не столь молодые читатели помнят замечательные беседы А.Б. Мигдала и С.П. Капицы в телевизионной программе "Очевидное – невероятное". На протяжении нескольких веков выдающиеся ученые (достаточно упомянуть Платона, Галилея и Эйнштейна)

писали о красоте в науке [3]. По всей видимости, можно, введя некоторые параллели, обсудить возможность использования подобного эстетического критерия и в технике.

Не исключено, что в других отраслях соответствующие исследования уже проводились, но в сфере телекоммуникационных систем подобные публикации автору не попадались. Правда, более двадцати лет назад ему довелось обсуждать похожие вопросы с профессором Л.Е. Варакиным. К сожалению, это не привело ни к появлению статьи в отраслевом журнале, ни к докладу на конференции.

Телекоммуникационная система претерпевает существенные качественные изменения. По этой причине обсуждение новых идей с использованием эстетического критерия (он служит синонимом базовых положений, свойственных "принципу красоты") представляется полезным и продуктивным. Подобный критерий чаще всего отражает субъективную точку зрения его автора. Тем не менее, иногда удается "связать" эстетический критерий с физической величиной, которая может оцениваться при помощи математических методов.

## II. ПРИЧИНЫ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОТРАСЛИ "ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ"

Развитие отрасли "Электросвязь" обусловлено рядом причин, которые уместно разделить на две большие группы. В первую группу входят объективные факторы, стимулирующие поиск новых решений, способствующих качественной эволюции телекоммуникационной системы. Ко второй группе следует отнести усилия отдельных игроков инфокоммуникационного рынка по созданию "ненасытного потребителя" [4]. Эстетические критерии применимы для обеих групп причин, ведущих к развитию телекоммуникационной системы.

Причины, относящиеся к первой группе, можно рассматривать как различные грани концепции, которая получила название "Design for Excellence" [5] – разработка для достижения преимущества. Иногда эту концепцию представляют в ином виде: "Design for X". Буква "X" указывает на конкретное преимущество, рассматриваемое в качестве основной цели. Можно назвать три примера:

Статья получена 29 мая 2019 г.  
Н.А. Соколов, директор по науке "ПРОТЕЙ СпецТехника", д.т.н.  
sokolov@protei.ru.

- $X \leftrightarrow P$  (Power) – повышение мощности устройства;
- $X \leftrightarrow C$  (Cost) – снижение стоимости оборудования;
- $X \leftrightarrow D$  (Dependability) – достижение высокой надежности системы.

Решение поставленной задачи обычно заключается в поиске экстремума некоей целевой функции, называемой "degree of the technical excellence" [6] – уровень технического совершенства. Значительная часть подобных задач подразумевает нахождение экстремума стоимости (например, минимизации капитальных затрат или максимизации прибыли) при соблюдении всех заранее установленных ограничений на технические показатели, которые зачастую задаются в виде совокупности неравенств [7].

Причины, относящиеся ко второй группе, формализовать сложнее с учетом того, что авторы маскируют их при помощи самых разных ухищрений. Хорошей "лакмусовой бумажкой" для выделения причин второй группы служат, например, идеи, содержащиеся в монографии [8]. Правда, с точки зрения выбора эстетического критерия, классификация причин модернизации телекоммуникационных систем не столь существенна.

### III. КОМПОНЕНТЫ ЭСТЕТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ В ОТРАСЛИ "ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ"

В качестве отправной точки можно выбрать три компонента в составе эстетического критерия, различающиеся потенциальной возможностью их объективизации. Первый из предлагаемых компонентов – нетривиальность ( $H$ ) – практически не поддается объективизации. Второй компонент, называемый ниже фундаментальность ( $\Phi$ ), в ряде случаев может быть выражен в общепринятых физических единицах. Третий компонент, который именуется эффективностью ( $\mathcal{E}$ ), формально близок к коэффициенту полезного действия (КПД). Он почти всегда может быть представлен скалярной величиной.

*Нетривиальность* (можно также использовать название "оригинальность") напрямую связана с решениями, которые можно действительно считать инновационными. Примером нетривиального решения служит выбор способа модернизации эксплуатируемых координатных телефонных станций [9], который позволил довести их функциональные возможности до уровня, присущего узлам коммутации в составе сети связи следующего поколения [10]. Нетривиальность самой идеи по выбору пути качественного обновления координатных телефонных станций была дополнена и новизной решений, предложенных специалистами научно-технического центра "ПРОТЕЙ" при разработке соответствующих аппаратно-программных средств.

*Фундаментальность* определяет длительность существования концепции или реализованного на ее идеях комплекса технических средств, способного к эволюции с учетом меняющихся требований. Одним из примеров фундаментальности можно считать концепцию построения системы связи с подвижными

объектами за счет применения сотовых топологий [11]. Сейчас уже обсуждаются принципы построения шестого поколения системы связи с подвижными объектами [12], но базовые идеи по использованию сотовых топологий остаются неизменными.

*Эффективность* представляет собой, на первый взгляд, наиболее понятный компонент и проще всего выражаемый на языке математики. На самом деле такой вывод справедлив не всегда. И не во всех случаях компоненту "Эффективность" можно поставить в соответствие привычный акроним КПД. Данное утверждение обсуждается в разделе, который посвящен примерам использования компонента "Эффективность".

На рисунке 1 численные оценки предлагаемых компонентов показаны при помощи двух треугольников. Внешний треугольник отображает идеальные (лучшие) значения трех компонентов, на что указывает нижний индекс "И". Внутренний треугольник образован за счет соединения реальных значений этих же трех компонентов. Их характер подчеркивает нижний индекс "Р".

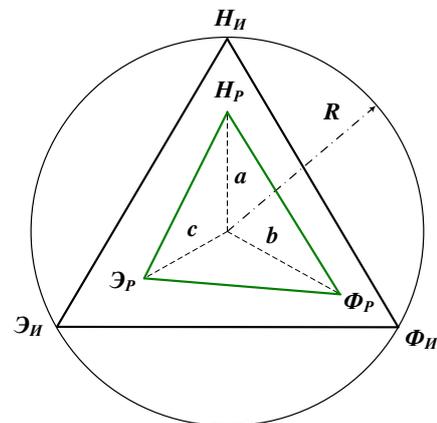


Рис. 1 – Численная оценка компонентов эстетического критерия

Внешняя геометрическая фигура в виде равностороннего треугольника выбрана на основании гипотезы о равнозначности всех трех компонентов. Для численной оценки критерия "степень технического совершенства" предварительно следует "измерить" его компоненты, обозначенные на рисунке 1 величинами  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Длину радиуса описанной окружности  $R$ , без потери общности, удобно принять равной единице.

### IV. СПОСОБЫ ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТОВ ЭСТЕТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ

Идеальные и реальные значения предлагаемых компонентов могут быть получены методом экспертных оценок [13]. Это один из самых простых способов оценки величин, которые сложно или даже невозможно получить в процессе исследования математической модели, отражающей суть анализируемых объектов или процессов. Поскольку расстояние от центра правильного треугольника до его любой вершины принято за единицу, то значения  $a$ ,  $b$  и  $c$  будут находиться в границах отрезка  $(0, 1]$ .

Для компонента "Нетривиальность" метод экспертных оценок, по всей видимости, служит единственным способом численной оценки величины  $H_p$ . Если компонент "Фундаментальность" рассматривать как длительность жизненного цикла (*life time*) исследуемого объекта или процесса, то вычисление величины  $\Phi_p$  может базироваться, например, на методах теории надежности [14] с использованием, при необходимости, прогностических оценок [15]. В ряде случаев компонент "Эффективность" может рассматриваться как КПД. В этом случае вычисление численных значений  $\mathcal{E}_p$  осуществляется на основании известных математических соотношений.

Численная оценка критерия "степень технического совершенства"  $h$  может быть получена как частное от деления площадей  $S_p$  и  $S_H$  двух треугольников. Эти треугольники образованы за счет соединения вершин  $H_p$ ,  $\Phi_p$ ,  $\mathcal{E}_p$  и  $H_H$ ,  $\Phi_H$ ,  $\mathcal{E}_H$  соответственно. Величина  $S_H$  для равностороннего треугольника рассчитывается через длину радиуса  $R$ :

$$S_H = R^2 \frac{3\sqrt{3}}{4}.$$

Углы между отрезками  $a$ ,  $b$  и  $c$  в треугольнике с площадью  $S_p$  равны по 120 градусов. Это означает, что площадь  $S_p$  рассчитывается следующим образом:

$$S_p = \frac{\sqrt{3}}{4}(ab + bc + ac).$$

Следовательно, степень технического совершенства может оцениваться при помощи такой формулы:

$$h = \frac{ab + bc + ac}{3R^2}.$$

Выбор равностороннего треугольника, как было упомянуто выше, корректен при условии равнозначности всех трех компонентов. Если каждому компоненту приписан свой "вес" ( $W_H$ ,  $W_\Phi$  и  $W_\mathcal{E}$ ), то внешний треугольник не будет равносторонним, так как  $W_H \neq W_\Phi \neq W_\mathcal{E}$ . Следовательно, длины сторон внешнего треугольника, равные  $W_H \times H_H$ ,  $W_\Phi \times \Phi_H$  и  $W_\mathcal{E} \times \mathcal{E}_H$ , будут различаться между собой. В этом случае вычисление величины  $h$  усложняется.

## V. ПРИМЕРЫ ТРАКТОВКИ КОМПОНЕНТА "ЭФФЕКТИВНОСТЬ"

Слово "эффективность" имеет множество значений. По этой причине суть одноименного компонента нуждается в конкретизации. Показательны два примера использования компонента "Эффективность", связанные с использованием пакетных технологий. Эти примеры относятся к IP-телефонии [9, 16] и к концепции NGN – сети связи следующего поколения [7].

Цифровую телефонию [17] можно рассматривать как частный случай реализации идей пакетной технологии. При этом длина полезной (*payload*) части пакета равна одному байту [17], а заголовок для организации сеанса связи передается по общему каналу сигнализации [18] всего один раз. Величина КПД, определяемая отношением объема полезной информации к сумме

переданных октетов и длины сообщений в общем канале сигнализации, близка к единице.

Длина заголовка IP-пакета составляет, как минимум, 40 байт. Заголовок сопровождает каждый IP-пакет. При использовании кодека, соответствующего скорости передачи 64 кбит/с [17], длина той части IP-пакета, в которой содержится полезная информация (*payload*), составляет 160 байт. Такие данные приведены на сайте компании Cisco; их также можно найти в других источниках [19]. Это означает, что величина КПД равна 80%. При использовании кодека со скоростью 8 кбит/с (в соответствии с рекомендацией Международного союза электросвязи G.729) длина той части IP-пакета, в которой содержится полезная информация, составляет 20 байт. В этом случае КПД снижается до 33%.

На основании полученных оценок можно утверждать, что эффективность IP-телефонии существенно ниже по сравнению с предшествующей технологией – цифровой коммутации каналов. Не исключено, что именно по этой причине в [20] был сделан вывод о необходимости разработки для сети NGN нового способа коммутации, отличающегося от метода, принятого для пакетных технологий. Трудно отрицать, что применительно к телефонии переход к пакетным технологиям был "шагом назад" с точки зрения эффективности использования ресурсов и критерия "степень технического совершенства". Вероятно, более разумное решение можно было бы найти за счет рационального использования процессов конвергенции, интеграции и консолидации [21].

Иной вывод можно сделать за счет анализа эффективности применения пакетных технологий при переходе к сети NGN. В данном случае повышение эффективности достигается за счет использования единых средств передачи и коммутации для обмена информацией в трех основных формах: речь, данные и видео. Эффект интеграции технических средств (чаще его ассоциируют с конвергенцией) теоретически должен привести к снижению капитальных затрат в расчете на один интерфейс пользователь-сеть. Кроме того, создание одной сети вместо нескольких, специализированных по видам предоставляемых услуг, должно обеспечить минимизацию эксплуатационных расходов.

Таким образом, компонент "Эффективность" в значительной мере зависит от постановки задачи. Он может одни и те же объекты или процессы классифицировать и как очень неудачные, и как близкие к оптимальным решениям.

## VI. ПОСЛЕСЛОВИЕ

Оценку *степени технического совершенства* предлагается осуществлять при помощи трех компонентов, которые названы "Нетривиальностью", "Фундаментальностью" и "Эффективностью". С их помощью несложно получить значение степени технического совершенства в виде числа, используя простые геометрические соотношения. Практика покажет целесообразность учета эстетического критерия

при выборе путей дальнейшей модернизации телекоммуникационных систем различного назначения. В науке подобный критерий принят ведущими учеными. Остается надеяться, что и в технике он займет достойное место.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Мигдал А.Б. Поиски истины. – М.: Молодая гвардия, 1983, 239 с.
- [2] Мигдал А.Б. О красоте науки. – Наука и жизнь, 1983, №3, с. 59-65.
- [3] Котина С.В. Проблемная ситуация и принцип красоты в науке. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора философских наук. – М.: Российская Академия наук. НИИ культуры, 1992, 55 с.
- [4] Овсянников А.А. Общество потребления в России: системность и тотальность кризиса. – Вестник МГИМО, 2010, № 3, с. 222-234.
- [5] Bralla J.G. Design for Excellence. – New York: McGraw-Hill, 1996, 326p.
- [6] Gill P.S. Standards and Technical Excellence. – Journal of Aerospace Technology and Management, 2014, Vol. 6, № 2, pp. 109-110.
- [7] Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи, 2012, 432 с.
- [8] Мамардашвили М.К. Эстетика мышления. – М.: Московская школа политических исследований, 2000, 416 с.
- [9] Гольдштейн Б.С. Системы коммутации. – СПб.: БХВ, 2003, 318 с.
- [10] Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А. Об одном пути реконструкции ГТС. – Вестник связи, 2011, №4, с. 58-60.
- [11] Афанасьев В.В., Горностаев Ю.М. Эволюция мобильных сетей. – М.: МЦНТИ, 2001, 139 с.
- [12] David, K., Berndt H. 6G vision and requirements: Is there any need for beyond 5G? – IEEE Vehicular Technology Magazine, 2018, №13, pp. 72-80.
- [13] Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Часть 2. Экспертные оценки. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, 488 с.
- [14] Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2008, 464 с.
- [15] Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Принятие решений: Прогнозирование в глобальных системах. – М.: URSS, 2013, 176 с.
- [16] Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2017, 992 с.
- [17] Беллами Д.К. Цифровая телефония. – М.: Эко-Трендз, 2004, 640 с.
- [18] Васильченко А.И., Денисьева О.М., Жарков М.А., Стоянов М.Н., Урм Э.Э., Юнаков П.А. Система телефонной сигнализации по общему каналу (система ОКС). М.: Связь, 1980, 136 с.
- [19] Кожанов Ю.Ф. Интерфейсы и протоколы сетей следующего поколения. – СПб.: Альфарет, 2006, 218 с.
- [20] Modarressi A.R., Mohan S. Control and Management in Next Generation Networks: Challenges and Opportunities. – IEEE Communications Magazine, 2000, Vol. 38, № 10, pp. 94-102.
- [21] Соколов Н.А. Процессы конвергенции, интеграции и консолидации в современной телекоммуникационной системе. – Connect! Мир связи, 2007, №10, с. 78-82.

# The aesthetic criterion application for analysis of the of telecommunication systems evolution scenarios

N.A. Sokolov

**Abstract** – It is proposed to introduce the aesthetic criterion called "the degree of technical excellence" in the list of indicators that are used in the analysis of various scenarios for the telecommunication system development. A similar criterion commonly referred to as the "principle of beauty" has long been used in scientific research. The criterion "degree of technical excellence" does not depend on the specific reason of the analysed stage of the telecommunication system evolution. It includes three components: nontriviality, fundamentality, and performance. First component is directly related to innovative solutions. Second component determines the duration of the existence of a concept that is capable of evolution with regard to changing requirements. Third component in the simplest case is efficiency. All components can be estimated numerically using the method of expert estimates. The article proposes a simple method for the numerical characterization of the degree of technical excellence. Attention is focused on the characteristic features of the component "Efficiency". Two examples concerning the packet technologies are considered. It is shown that opposite conclusions can be obtained on the level of efficiency depending on the formulation of the problem being solved.

**Keywords** – degree of the technical excellence, telecommunication system, modernization, criterion, efficiency.

## REFERENCES

- [1] Migdal A.B. Poiski istiny. – M.: Molodaja gvardija, 1983, 239 s.
- [2] Migdal A.B. O krasote nauki. – Nauka i zhizn', 1983, #3, s. 59-65.
- [3] Kotina S.V. Problemnaja situacija i princip krasoty v nauke. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofskih nauk. – M.: Rossijskaja Akademija nauk. NII kul'tury, 1992, 55 s.
- [4] Ovsjannikov A.A. Obshestvo potreblenija v Rossii: sistemnost' i total'nost' krizisa. – Vestnik MGIMO, 2010, # 3, s. 222-234.
- [5] Bralla J.G. Design for Excellence. – New York: McGraw-Hill, 1996, 326p.
- [6] Gill P.S. Standards and Technical Excellence. – Journal of Aerospace Technology and Management, 2014, Vol. 6, # 2, pp. 109-110.
- [7] Sokolov N.A. Zadachi planirovanija setej jelektronsvjazi. – SPb.: Tehnika svjazi, 2012, 432 s.
- [8] Mamardashvili M.K. Jestetika myshlenija. – M.: Moskovskaja shkola politicheskikh issledovanij, 2000, 416 s.
- [9] Gol'dshtejn B.S. Sistemy kommutacii. – SPb.: BHV, 2003, 318 s.
- [10] Gol'dshtejn B.S., Sokolov N.A. Ob odnom puti rekonstrukcii GTS. – Vestnik svjazi, 2011, #4, s. 58-60.
- [11] Afanas'ev V.V., Gornostaev Ju.M. Jevoljucija mobil'nyh setej. – M.: MCNTI, 2001, 139 s.
- [12] David, K., Berndt H. 6G vision and requirements: Is there any need for beyond 5G? – IEEE Vehicular Technology Magazine, 2018, #13, pp. 72-80.
- [13] Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie. Chast' 2. Jekspertnye ocenki. – M.: MGTU im. N.Je. Bauman, 2011, 488 s.
- [14] Ostrejkovskij V.A. Teorija nadezhnosti. – M.: Vysshaja shkola, 2008, 464 s.
- [15] Shirjaev V.I., Shirjaev E.V. Prinjatje reshenij: Prognozirovanie v global'nyh sistemah. – M.: URSS, 2013, 176 s.
- [16] Olifer V., Olifer N. Komp'juternye seti. Principy, tehnologii, protokoly. – SPb.: Piter, 2017, 992 s.
- [17] Bellami D.K. Cifrovaja telefonija. – M.: Jeko-Trendz, 2004, 640 s.
- [18] Vasil'chenko A.I., Denis'eva O.M., Zharkov M.A., Stojanov M.N., Urm Je.Je., Junakov P.A. Sistema telefonnoj signalizacii po obshhemu kanalu (sistema OKS). M.: Svjaz', 1980, 136 s.
- [19] Kozhanov Ju.F. Interfejsy i protokoly setej sledujushhego pokolenija. – SPb.: Al'faret, 2006, 218 s.
- [20] Modarressi A.R., Mohan S. Control and Management in Next Generation Networks: Challenges and Opportunities. – IEEE Communications Magazine, 2000, Vol. 38, # 10, pp. 94-102.
- [21] Sokolov N.A. Processy konvergencii, integracii i konsolidacii v sovremennoj telekommunikacionnoj sisteme. – Connect! Mir svjazi, 2007, #10, s. 78-82.