

# Алгоритм оценивания качества беспроводных телекоммуникаций

А. В. Копыльцов  
Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
kopyl2001@mail.ru

Г. В. Абрамян<sup>1</sup>, А. М. Атаян<sup>2</sup>  
Российский государственный педагогический  
университет им. А. И. Герцена  
<sup>1</sup>abrgv@rambler.ru, <sup>2</sup>anush-atayan@inbox.ru

А. Д. Сотников<sup>1</sup>, Г. Р. Катасонова<sup>2</sup>  
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
<sup>1</sup>adsotnikov@gmail.com, <sup>2</sup>1366galia@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается алгоритм оценивания качества беспроводных телекоммуникаций. Алгоритм позволяет определить качество в процессе производства, проектирования и эксплуатации телекоммуникационных систем в условиях современных рисков и угроз. В алгоритме оценивания качества телекоммуникаций учитываются факторы качества передатчика, приемника и канала связи, которые определяются критериями: амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, динамический диапазон, защищенность, избирательность, коэффициент передачи, мощность, нелинейные искажения, перекрытие диапазона частот, переходная характеристика, помехоустойчивость, пропускная способность, устойчивость работы приемника, частота, чувствительность и связи между ними. Количество факторов и критериев зависит от условий конкретной задачи. Численные значения факторов определяются применением алгоритма свертки к выбранным критериям, а качество телекоммуникаций определяется применением свертки к факторам.

**Ключевые слова:** экспертные методы оценки; оценка качества; алгоритм; беспроводные телекоммуникации

## I. ВВЕДЕНИЕ

При оценке качества беспроводных телекоммуникаций и услуг в условиях современных информационных рисков и угроз, как правило, учитывают количественные и качественные показатели работы модулей телекоммуникационных сетей, а также степень удовлетворенности потребителей телекоммуникационными услугами [1], [2], [3]. Наиболее оперативными и актуальными методами контроля качества телекоммуникаций являются экспертные методы оценки. Однако данные методы требуют достаточно много времени для принятия решений, являются дорогостоящими и требуют специальных технических средств. Предлагается алгоритм оперативной и эффективной предварительной оценки качества с точки зрения затрат времени и ресурсов. Алгоритм позволяет

определить качество телекоммуникаций в процессе их проектирования, производства и эксплуатации [4], [5].

## II. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА.

В алгоритме оценки качества телекоммуникаций учитываются численные значения факторов качества: передатчика (ФКП), приемника (ФКПР) и канала связи (ФККС).

Алгоритм оценки качества учитывает следующие критерии: 1) амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, 2) динамический диапазон, 3) защищенность, 4) избирательность, 5) коэффициент передачи (усиления), 6) мощность, 7) нелинейные искажения, 8) перекрытие диапазона частот, 9) переходная характеристика, 10) помехоустойчивость, 11) пропускная способность, 12) устойчивость работы приемника, 13) частота, 14) чувствительность.

Количество критериев может изменяться в зависимости от конкретной задачи. Качество ФКП определяется критериями: 6) мощность, 13) частота, 14) защищенность. Качество ФКПР определяется критериями: 6) мощность, 13) частота, 14) чувствительность, 10) помехоустойчивость, 4) избирательность, 8) перекрытие диапазона частот, 12) устойчивость работы приемника. Качество ФККС определяется критериями: 10) помехоустойчивость, 11) пропускная способность, 3) защищенность, 5) коэффициент передачи (усиления).

Тогда фактор качество ФКП определяется критериями с номерами 6, 13, 14. Фактор качество ФКПР определяется критериями с номерами 4, 6, 8, 10, 12, 13, 14. Фактор качество ФККС определяется критериями с номерами 3, 5, 10, 11.

Блок-схема алгоритма приведена на рис. 1, содержащем 9 модулей:

1. Факторы и показатели.
2. Номера показателей.

3. Показатели, числовые значения и сортировка.
4. Факторы определяемые показателями.
5. Сортировка показателей.
6. Числовые значения факторов, средние значения, дисперсия и среднеквадратичные отклонения.
7. Определение качества телекоммуникационной системы.
8. Вывод результатов.
9. Модуль условия. Если результатом удовлетворены, то осуществляется переход в модуль «Конец», а если нет, то переход в модуль 3.

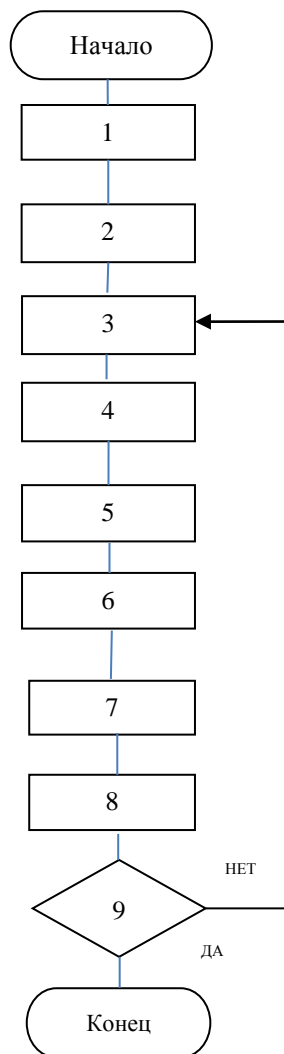


Рис. 1. Алгоритм

Пользователю предлагается выбрать из 14 показателей: 1) амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, 2) динамический диапазон, 3) защищенность, 4) избирательность, 5) коэффициент передачи (усиления), 6) мощность, 7) нелинейные искажения, 8) перекрытие диапазона частот, 9) переходная характеристика, 10)

помехоустойчивость, 11) пропускная способность, 12) устойчивость работы приемника, 13) частота, 14) чувствительность те, которые необходимо учитывать при анализе конкретной телекоммуникации. Факторы телекоммуникации характеризуются следующим показателями:

1. Мощность, т.е. мощность приемника или передатчика. Выходная мощность сигнала передатчика или выходная мощностью приемника (мощность, подводимая к оконечному устройству с токовым управлением).
2. Частота, т.е. частота сигнала передатчика.
3. Чувствительность, т.е. минимальный уровень входного сигнала, при котором обеспечивается стандартная выходная мощность при заданном соотношении напряжения входного сигнала к напряжению шумов.
4. Помехоустойчивость, т.е. устойчивость к внешним воздействиям.
5. Пропускная способность, т.е. характеристика, показывающая соотношение предельно достижимого количества проходящей информации в единицу времени через канал связи.
6. Защищенность, т.е. защищенность канала связи от внешнего воздействия (шумов), которая определяется отношением уровней между полезным сигналом и шумом.
7. Коэффициент усиления (передачи), т.е. коэффициент усиления (передачи) приемника, который определяется отношением уровня напряжения на выходе к уровню сигнала на входе.
8. Амплитудно-частотные и фазо-частотные параметры, т.е. параметры приемника, которые зависят от модуля коэффициента передачи и частоты модуляции. Амплитудная характеристика приемника сигналов, определяется зависимостью амплитуды напряжения на выходе от огибающей амплитуды сигнала на входе.
9. Избирательность, т.е. избирательность, которая определяется способностью приемника разделять принимаемый сигнал и помехи на выходе приемной антенны.
10. Перекрытие диапазона частот, т.е. частотный диапазон, который определяется возможностями приемника осуществлять прием радиосигналов с заданным интервалом частот.
11. Нелинейные искажения, т.е. искажения вносимые приемником в принимаемые сигналы.
12. Динамический диапазон, т.е. диапазон приема и обработки сигналов телекоммуникационных устройств, определенных нелинейностью характеристик преобразовательных и усилительных модулей и каскадов

телекоммуникаций, ограничивающих допустимые уровни сигналов на входе.

13. Переходная характеристика, т.е. переходная характеристика приемника определяется зависимостью его реакции на входной сигнал.
14. Устойчивость работы приемника, т.е. сигнал принимается устойчиво, без помех, которая зависит от стабильности частоты настройки, стабильности коэффициента передачи, постоянства фазовой характеристики приемника/передатчика, а также от дестабилизирующих факторов (стабильности напряжения источника питания, температуры окружающей среды и др).

Эксперт выбирает показатели ( $K \leq 14$ ), располагает их в порядке убывания важности. Каждый из трех факторов (качество передатчика, качество приемника и качество канала связи) определяется показателями с порядковыми номерами от 1 до 14. Так фактор качество передатчика определяется показателями с номерами 6, 13, 14; фактор качество приемника - 4, 6, 8, 10, 12, 13, 14, фактор качество канала связи определяется показателями с номерами 3, 5, 10, 11.

Выбрав показатели, получаем факторы, которые определяют телекоммуникационную систему. Величина каждого фактора рассчитывается по алгоритму [4], [5], [6]. Если  $N$  равно 20 или больше, то можно взять весовые коэффициенты

$$P_1 = 0, P_2 = 1/N, P_3 = 2/N, \dots, P = 1,$$

которые используются для расчета величины  $i$ -го фактора

$$f_i = \sum_{j=1}^{S_i} P_j K_j,$$

где  $K_j$  ( $j=1, \dots, S_i$ ) – величины показателей, определяющих  $i$ -ый фактор,  $S_i$  – число показателей. Величины  $f_i$  определяются для  $i$  от 1 до  $F$  с учетом отношений порядка между критериями и условия нормировки

$$\sum_{j=1}^{S_i} P_j = 1.$$

Для каждого полученного фактора вычисляем значения  $f$ . Согласно [6] определяем среднее, дисперсию и среднеквадратичное отклонение.

В результате имеем  $F$  значений факторов. Таким образом, величина качества телекоммуникационной системы вычисляется как среднее арифметическое факторов. В случае если эксперт не удовлетворен полученным результатом, то изменяем выбранные

критерии или отношения порядка между ними. После нескольких изменений алгоритм позволяет получить тот вариант, который соответствует оптимальному значению качества телекоммуникационной системы. Алгоритм реализован на языке программирования VBasic. Программа позволяет изменять количество показателей и факторов. Таким образом, реализуется экспертная оценка качества телекоммуникационной системы в первом приближении.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные подходы к оценке качества телекоммуникационных систем показывают, что их применение, по-видимому, будет плодотворным в существующей реализации и допускает дальнейшее их распространение не только на беспроводные телекоммуникационные системы, но и другие системы специального назначения.

Практика показала, что экспертный метод оценивания качества беспроводных телекоммуникаций может быть распространен на другие системы и каналы связи. Для этого необходимо изменить названия факторов, показателей и связи между ними. Программный модуль автоматизированного расчета показателей оценки качества телекоммуникаций с использованием языка программирования VBasic может быть рекомендован для обучения студентов и пользователей других категорий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС / Г.В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. 2015. С. 663-667.
- [2] Абрамян Г.В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе WINDOWS научно-образовательной среды Российской Федерации // Региональная информатика и информационная безопасность. СПб.: СПОИСУ. 2015. С. 414-416.
- [3] Sotnikov A.D., Rogozinsky G.G. The multi domain infocommunication model as the basis of an auditory interfaces development for multimedia informational systems // T-Comm: Telecommunications and Transport. 2017. V.11. № 5. P. 77-82.
- [4] Копыльцов А.В. Математическое моделирование оценки качества программного обеспечения // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. СПб.: ГУАП. 2016. С. 212-215.
- [5] Копыльцов А.В. Об оценке качества программного обеспечения // Проблемы информатизации (теоретический и научно-практический журнал). 1994, Вып. 3-4, С.46-49.
- [6] Хованов Н.В. Статистические модели теории квалиметрических шкал. Л.: ЛГУ, 1986. 246 с.