

## ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗОН БЕЗОПАСНОСТИ ПО ШУМАМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ



### Сорокин Алексей Юрьевич

Аспирант факультета подготовки научных и педагогических кадров  
Российского Государственного Социального Университета

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема определения зон безопасности по шумам измерительной площадки при проведении специальных лабораторных исследований по каналам ПЭМИН. Описан разработанный подход к измерению уровня шума, путем определения интервала его значений при доверительной вероятности 0,99 с условием распределения по закону Рэлея.

**Ключевые слова:** Побочные электромагнитные колебания и наводки, шум, доверительный интервал, зоны безопасности.

**Abstract:** The article deals with the problem of determining safety zones based on the noise of the measuring platform when conducting special laboratory studies on pemin channels. The developed approach to measuring the noise level is described by determining the range of its values at a confidence probability of 0.99 with the condition of distribution according to Rayleigh's law.

**Key words:** Side electromagnetic fluctuations and interference, the noise, the confidence interval of the security zone.

### Введение

Целью лабораторных специальных исследований в области ПЭМИН является определение зон безопасности по уровню шумов. Под зонами безопасности подразумеваются зон  $R_2$ ,  $r_1$ ,  $r_1'$  [1]. Главное в этой задаче – установить точное значение отношения сигнал шум, т.е.:

$$d = s / p,$$

где  $d$  – отношение сигнал шум;

$s$  – уровень сигнала;

$p$  – уровень шума.

В подобных испытаниях для определения значением  $s$  обычно измеряют тестовый сигнал, который, по сути, является периодической последовательностью импульсов с максимальной частотой повторения и такими же характеристиками, как в рабочем режиме (длительность и амплитуда) либо пачек импульсов. В узкополосном средстве измерения, этот сигнал становится периодическим колебанием. Так как данный сигнал не меняется с течением времени, не возникает никаких проблем с определением его уровня и, как следствие, также не возникает никаких проблем с измерением реального закона затухания данного сигнала. Однако в случае, когда вместо сигнала для определения зон безопасности измерительной площадки необходимо измерять промышленный шум, возникают проблемы [2].

Согласно методическим рекомендациям при проведении измерений уровня промышленного шума на измерительной площадке необходимо взять уровень шума для доверительной вероятности 0,99. К сожалению, о том, каким образом это измерить или посчитать, в методических рекомендациях не

говорится. Для ответа на этот вопрос важно четко понимать следующее:

Шум – это случайный процесс. Набор случайных колебаний, значения которых неизвестны и в любой момент могут быть абсолютно разными. Таким образом, получается, что определить интервал значений шума с вероятностью  $P = 1$  единица не представляется возможным [3].

На данный момент отсутствует единогласное мнение ученого сообщества о том, какому закону распределения случайной величины соответствует шум. Однако имеется единое мнение о том, что если измерения проводить с использованием узкополосного фильтра, то значения будут иметь распределение Рэлея.

Требования к точности расчетов, или к допустимой погрешности различны: они зависят от специфики области применения данных расчетов [4].

Такое положение вещей приводит к тому, что каждый специалист работает по собственному разумению. Объективная достоверность подобных результатов, конечно же, оставляет желать лучшего. Попытке решения данной проблемы и посвящена данная работа [5].

### Шум и распределение Рэлея

Также важный момент заключается в том, что если мы оценим диапазон значений шума с вероятностью  $P = 1$ , то он будет лежать на промежутке  $[0; +\infty)$  [6].

Важно понимать, что данный график отображает совокупность значений всех видов шумов. При этом в момент времени, глядя на показания приборов, мы не сможем классифицировать отдельные колебания. Если учесть тот факт, что при измерении будем за-

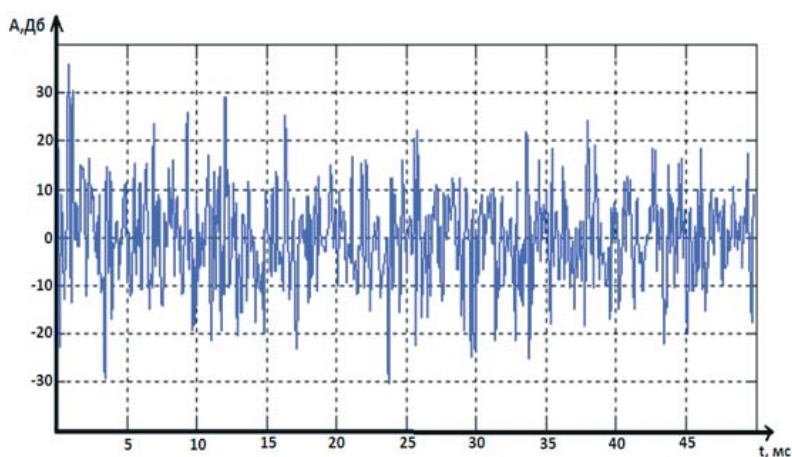


Рис. 1. График зависимости уровня шума от времени

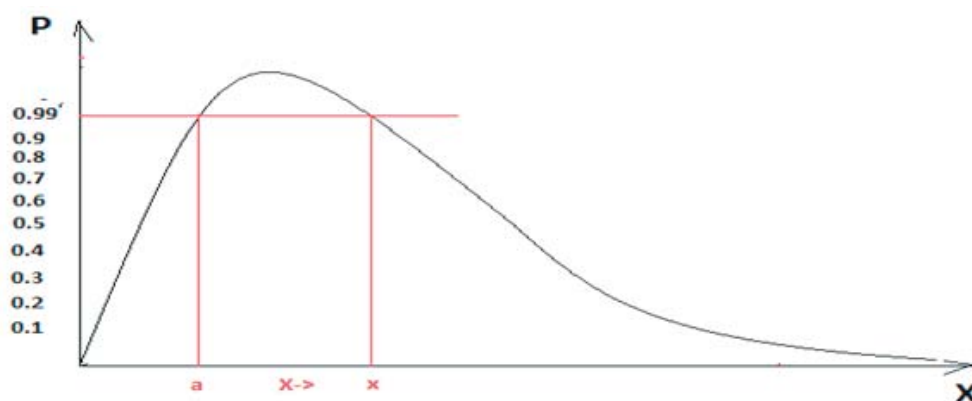


Рис. 2. Графическая иллюстрация задачи

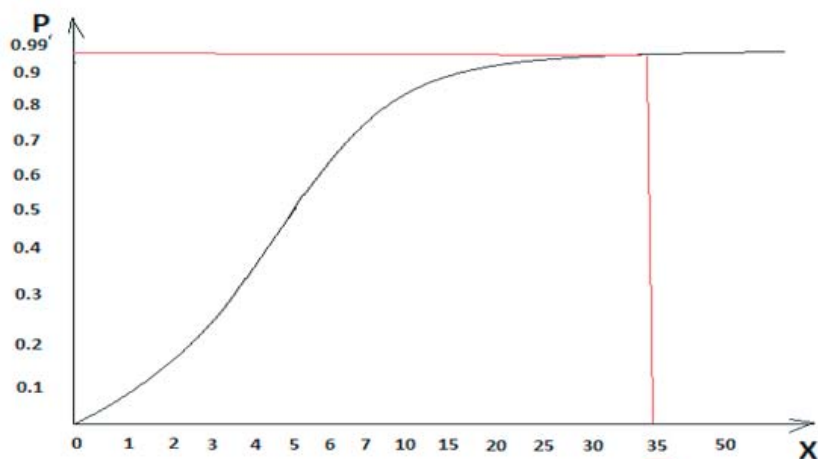


Рис. 3. Графическая иллюстрация задачи

действован узкополосный фильтр, то можно с уверенностью сказать, что на выходе данного фильтра будет узкополосный случайный процесс [7], в связи с чем он будет распределяться по закону Рэля [8].

Исходя из свойств функции распределения Рэля, а именно её асимптотического характера, возможно с уверенностью сказать, что значение случайной величины которое соответствует вероятности  $P = 0,99$  (рис. 3), приблизительно равно верхней границе доверительного интервала (рис. 2), по условию  $P = (X \leq x)$ , то есть  $X$  стремится к  $x$ . Таким образом получается, что для решения данной задачи, нам не-

обходимо найти значение  $X$  при доверительной вероятности  $P = 0,99$ .

Получается следующее уравнение:

$$1 - \exp(-X^2 / (2\sigma^2)) = 0,99,$$

где  $\sigma = q$  (2).

У уравнения в данном случае получается две неизвестные величины. Стандартное применение данного распределения предполагает, что параметр распределения  $q$ , будет задан изначально. В рассматриваемом случае этот параметр также является искомой величиной. Исходя из свойств распределения, можно попробовать выразить параметр

$q$  из математического ожидания. Тогда получается следующее уравнение:

$$A = (\pi/2)^{1/2} q.$$

Полученное уравнение также имеет две переменные, однако, если вспомнить о том, что математическое ожидание – это, по сути, среднее значение случайной величины, то данное значение возможно без труда установить, произведя замеры с фиксации значения по «среднему». После этого возможно полученное значения  $A$  подставить в формулу и найти значение  $q$ .

$$q = A / (\pi/2)^{1/2}.$$

Теперь, с одной стороны, возможно подставить данное значение в основную формулу и найти значение  $x$ , однако на данный момент, невозможно определить достоверность установленной величины значения  $q$ , а она должна равняться той же вероятности, которой соответствует основное уравнение. Для решения этой задачи предлагается сравнить полученное значение  $q$  по математическому ожиданию, скажем, со значением  $q$ , которое будет рассчитано по дисперсии. Для удобства значение  $q$  по математическому ожиданию запишем как  $Q1$ , а значение  $q$  по дисперсии как  $Q2$ . Исходя из свойств распределения, дисперсия находится следующим образом:

$$D = (2 - \pi/2) q^2.$$

Снова получаем уравнение с двумя переменными, однако, если вспомнить, что дисперсия – это средний разброс значений от математического ожидания. Опытным путем было установлено, что оно численно равно сумме нижней и верхней границе доверительного интервала. Исходя из этого становится возможным измерить данное значение с помощью системы «Сигурд», проведя измерения «по минимальному» и «по максимальному», тогда дисперсия будет рассчитываться следующим образом:

$$D = x1 + x2,$$

где  $x1$  – значение по максимуму;

$x2$  – значение по минимуму.

После этого возможно подставить значение  $D$  в формулу расчета дисперсии и найти значение  $Q2$ :

$$Q2 = (D / (2 - \pi/2))^{1/2}.$$

После нахождения  $Q2$  возможно оценить достоверность полученных значений путем расчета погрешности  $C$ . Погрешность  $C$  будет рассчитываться по следующей формуле:

$$C = (Q1 - Q2) / Q1,$$

где  $C \leq 0,01$  принимать по модулю.

На практике погрешность будет зависеть от количества проведенных измерений «по среднему» и «по максимуму». Поэтому в случае, если при расчете погрешности искомая  $C$  не удовлетворяет условию  $C \leq 0,01$ , это говорит о том, что необходимо проводить большее количество измерений.

После того, как искомая  $C$  стала удовлетворять необходимому условию, возможно перейти к решению главной задачи – поиску верхней границы доверительного интервала при доверительной вероятности 0,99. Известно, что  $Q1$  и  $Q2$  удовлетворяют условиям, но для большей точности предлагается определить

конечную  $q$ . Поскольку все значения, полученные в процессе измерения при идентичных настройках аппаратуры, считаются равновероятными, значение  $q$  возможно взять как среднеарифметическое между  $Q1$  и  $Q2$ .

$$q = (Q1 + Q2) / 2.$$

Теперь, когда параметр распределения установлен, становится возможным перейти к расчету значения  $X$ . Для этого необходимо воспользоваться основной функцией распределения:

$$1 - \exp(-X^2 / (2q^2)) = 0,99.$$

Данное уравнение с одной переменной рекомендовано решать с помощью программного комплекса «Маткад» или сервиса «WalpframAlpha».

### Определение зон безопасности с использованием СИАС «Сигурд»

Как уже говорилось вначале, для определения зон безопасности  $R2$ ,  $r1$ ,  $r1'$ , необходимо вычислить отношение сигнала к шуму. В случае определения зон по уровню промышленных шумов для какого-либо технического средства необходимо вычислить отношение шума конкретного ТС к обычному шуму. То есть шум от ТС будет пониматься как измеряемый сигнал.

Важно также отметить, что шум ТС будет измеряться с помощью СИАС «Сигурд», однако полученные результаты измерения будет необходимо пересчитать с использованием распределения Рэлея. Этими пересчитанными значениями будет необходимо заменить значения измерений СИАС «Сигурд» при расчете зон безопасности. Во всем остальном методика определения зон безопасности остается без существенных изменений.

Определение зон безопасности по уровню промышленных шумов должно начинаться с определения конкретного технического средства какого-либо устройства. Для понимания возможно, к примеру, взять какой-либо интерфейс ЭВМ. Перед проведением измерений необходимо рассчитать ожидаемую частоту работы интерфейса, которая, в свою очередь, зависит от характеристик работы устройства. Ожидаемая частота будет частотой 1-ой гармоники. (Расчет для частоты сигнала VGA интерфейса, СИАС «Сигурд» выполняет автоматически.)

После определения частоты 1-ой гармоники необходимо определить количество гармоник. Это необходимо, в частности, для определения частотного диапазона измерений. Количество гармоник находится путем деления 1800 на частоту 1-ой гармоники в мГц.

Далее возможно перейти к процедуре измерения. Последовательность действий изложена выше и выполняется для каждой гармоники. Однако в работе с дисперсией и математическим ожиданием при использовании СИАС «Сигурд» возникнут трудности. Из распределения Рэлея следует, что разброс значений в большую сторону, должен всегда быть строго больше разброса значений в меньшую сторону и численно должен быть больше или равен среднему значению.

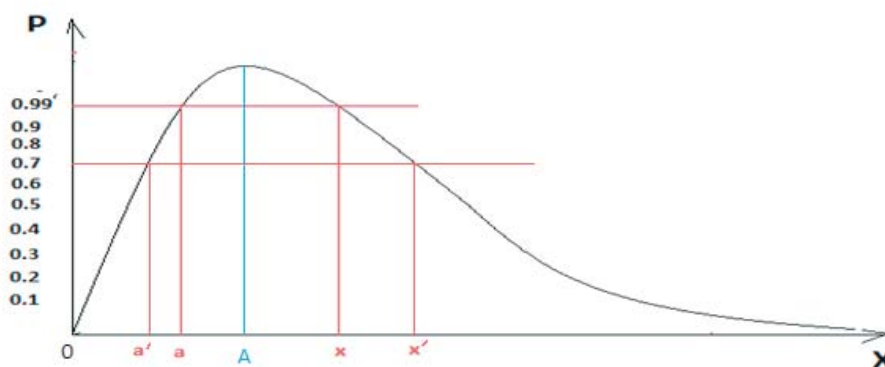


Рис. 4. Отношение меньшего и большего разброса значений к математическому ожиданию

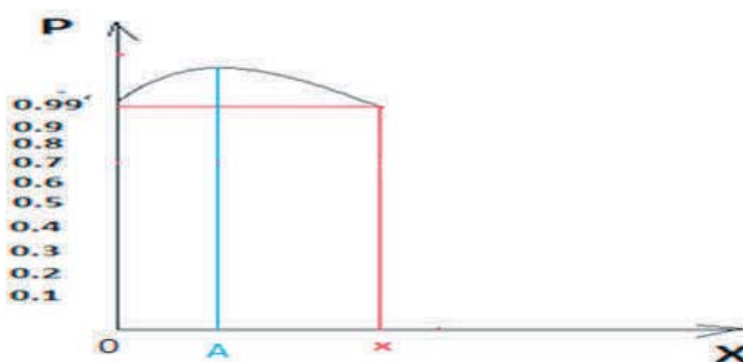


Рис. 5. Графическое представление области расчета

Исходя из рис. 4 видно, что в рамках интервала  $(a; x)$  и  $(a'; x')$  разброс значений несимметричен, и если  $a$  представить как начало интервала, то  $x$  будет всегда удовлетворять условию  $x \geq 2A$ . Это очень важный момент, так как при проведении измерений среднего и максимального уровня шума мы получим значения, которые не будут удовлетворять условию  $x \geq 2A$ . Этот факт обусловлен тем, что распределение Рэлея работает в рамках конкретного интервала, в то время как измерения производятся относительно всей числовой прямой. Другими словами, измеряется уровень напряженности, изменения которого и фиксирует антенна. То есть измерение происходит относительно полного отсутствия напряженности (нуля), а изменения уровня напряженности происходят в интервале, начало которого больше нуля, так как сама по себе некоторая напряженность электромагнитного поля присутствует всегда. Если говорить математическим языком, измеряется на промежутке  $(0; x)$ , а анализируется в промежутке  $(a; x)$ . Поэтому значение  $D$  будет определяться по промежутку  $(0; x)$ , а значение  $A$  – по промежутку  $(a; x)$ .

Ввиду этого факта при производстве расчетов создается необходимость переноса значений в другую систему отсчета. Так как замеры «по среднему» и «по максимальному» уже проводились, то есть были установлены значения  $A$  и  $x$  для каждой гармоники, для перевода в другую систему отсчета необходимо провести измерения «по минимальному», следом посчитать  $D$  путем сложения  $a$  и  $x$ . После проведения данного измерения, то есть когда установлено значение  $a$ , надо представить значения  $a, A$  и  $x$ , как  $a - a, A - a$  и  $x - a$ . Тогда получится, что минимальное

значение равняется нулю, а максимальное будет удовлетворять условию  $x \geq 2A$ . Графическое представление области расчетов будет выглядеть так, как представлено на рис. 5.

Следует отметить, что показания значений СИАС «Сигурд» отображаются в единицах измерения дБмкВ. Это говорит о том, что прежде, чем выполнять какие-либо математические действия с ними, их необходимо перевести микровольты.

После того, как выполнен перевод первоначальных показаний СИАС «Сигурд» по трем измерениям в микровольты и произведены все расчеты для каждой гармоники, необходимо перевести значения в первоначальную систему отсчета. Для этого к полученным значениям (началу интервала, то есть нулю, математическому ожиданию и максимальному значению, рассчитанному по Рэлею) необходимо прибавить значение  $a$ , которое отнималось ранее. После проведения этой операции значения необходимо перевести обратно в единицы измерения дБмкВ и записать отдельно.

Измерение обычного шума для определения зон безопасности предлагается произвести в соответствии с правилами стандартной методики. То есть необходимо отключить работающее ТС и на частотах гармоник померить шум.

После проведения этих замеров возможно перейти к расчету зон безопасности.

### Заключение

Математическое определение того, что промышленный шум при измерении прибором, оснащенным узкополосным фильтром, является узкополосным

случайным процессом, позволяет с полной уверенностью использовать распределение Рэлея при определении его уровня.

Главным недостатком описанного подхода является время, которое необходимо затратить для достижения конечного результата. Так как количество измерений никак не регламентируется, единственным критерием является погрешность, а следовательно, придется проводить измерения до тех пор, пока она не удовлетворит необходимому условию. С другой стороны, это же является одновременно и достоинством данного подхода. Так как при его применении становится возможным совершенно обоснованно говорить о доверительной вероятности 0,99.

#### Список литературы

1. **Голунчикова Е.А.** Методика оценки защищенности конфиденциальной информации, обрабатываемой основными техническими средствами, от ее утечки за счет побочных электромагнитных излучений, при использовании средств активной защиты / Е.А. Голунчикова, А.Л. Липатов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2008. – № 51.
2. **Аршакян А.А.** Определение соотношения сигнал-шум в системах наблюдения / А.А. Аршакян, Е.В. Ларкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 3.
3. **Тихонов В.И.** Выбросы случайных процессов / В.И. Тихонов // Успехи физических наук. – 1962. – Т. 77, № 7. – С. 449–480.
4. **Прокофьев М.** Оценка защищенности информации от утечки за счет побочных электромагнитных излучений и наводок при распространении в исследуемых цепях тестовых сигналов / М. Прокофьев. – 2013.
5. **Gordon L.A.** The economics of information security investment / L.A. Gordon, M.P. Loeb // ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC). – 2002. – Т. 5, №. 4. – С. 438–457.
6. **Чернова Н.И.** Математическая статистика: учеб. пособие / Чернова Н.И.; СибГУТИ. – Новосибирск, 2009. – 90 с.
7. **Зил А.** Шумы при измерениях / А. Зил. – Мир, 1979.
8. **Вентцель Е.С.** Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 5-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 448 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСТА ДПС



### Бобров Кирилл Романович

Студент 3-го курса общетехнического факультета Московского технического университета связи и информатики



### Панов Николай Николаевич

Капитан полиции, заместитель начальника отдела охраны комплексной безопасности Московского политехнического университета

**Аннотация:** В статье рассмотрена эффективность работы сотрудников ДПС на посту, был предложен расчет- процент оштрафованных нарушителей участников дорожного движения, проанализированы экономические затраты участников во время оформления протокола, сделан вывод об экономической эффективности работы сотрудников ДПС за месяц.

**Ключевые слова:** Система массового обслуживания, экономика, эффективность, теория вероятности, участники дорожного движения.

**Abstract:** the article considers the efficiency of traffic police officers at the post, proposed a calculation of the percentage of fined violators of road users, analyzed the economic costs of participants during the registration of the Protocol, and concluded that the economic efficiency of traffic police officers for the month

**Key words:** Queuing System, economy, efficiency, probability theory, road users.