

# АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ ОХРАННЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЯХ ДВИЖЕНИЯ

*Р. Полещук  
руководитель направлений систем охранной сигнализации,  
СКУД и систем интеграции, ООО «Роберт Бош»*

**В** настоящее время на российском рынке представлено огромное количество охранных извещателей движения отечественных и зарубежных производителей. Рекламные статьи и объявления содержат в себе информацию о различных функциях и свойствах охранных извещателей, в которых тяжело разобраться потребителям этих продуктов. В итоге возникает непонимание, почему одни извещатели стоят дороже других и какие же существенные различия они имеют. Если поглубже взглянуть на их функции, то выясняется, что даже температурная компенсация в извещателях бывает разной. Данной статьей я постараюсь объяснить принципы основных алгоритмов обработки сигналов и показать различия в современных охранных извещателях движения.

Охранные извещатели движения бывают разными с точки зрения принципов обнаружения: ультразвуковые, пассивные инфракрасные (ПИК), доплеровские радиоволновые (СВЧ) и комбинированные – как правило, ПИК/СВЧ. В мировой практике участники рынка безопасности постепенно ушли от применения ультразвуковых и СВЧ-извещателей в помещениях в силу сложности настройки и недостаточной устойчивости к ложным срабатываниям от таких факторов, как вибрации. В настоящее время в качестве основных устройств обнаружения движения нарушителей на объектах прочно закрепились ПИК и комбинированные ПИК/СВЧ-извещатели. Именно о них я буду вести речь.

ПИК-извещателя образуются элементарные зоны чувствительности, при пересечении нарушителем которых сигнал с пироэлемента изменяется.

Самым простым алгоритмом обработки сигнала с пироэлемента является метод счета импульсов. Движение нарушителя, поочередно пересекающего положительные и отрицательные элементарные зоны чувствительности, создает на выходе пироэлемента сигнал с поочередно изменяющейся полярностью. Пороговый компаратор сравнивает значение уровня сигнала пироэлемента с пороговым значением и в случае его превышения выдает импульс на счетчик. Извещатель выдает сигнал тревоги, как правило, по 5-7 импульсам. Если в течение определенного времени (около 5 с) после первого импульса количество импульсов не достигает этого значения, то ждущий мультивибратор сбрасывает счетчик и счет начинается заново.

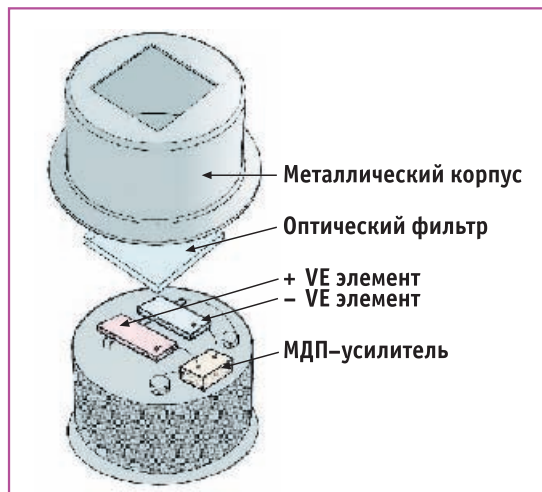
Из описания этого метода обработки видно, что срабатывание извещателя происходит при пересечении нарушителем расстояния 2-3 м в зоне обнаружения. Это значение находится в пределах требований ГОСТ Р 50777-95 по охранным ПИК-извещателям для закрытых помещений. Но самым существенным недостатком этого метода является возможность нарушителя пройти, будучи необнаруженным, зону обнаружения такого извещателя, двигаясь неравномерно. Например, сделав два шага, нарушитель может остановиться, чтобы дожидаться сброса счетчика импульсов, а затем

## АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ В ПИК-ИЗВЕЩАТЕЛЯХ

Как известно, чувствительным элементом охранного ПИК-извещателя является пироэлемент, который реагирует на изменение потока ИК-излучения, падающего на его поверхность, изменением амплитуды сигнала на своих контактах.

ИК-излучение фокусируется на пироэлементе оптической системой извещателя, представляющей собой линзу Френеля или сегментированное зеркало. Таким образом, в зоне обнаружения

Рис. 1. Пироэлемент ПИК-извещателя



продолжить движение. Это делает извещатели, работающие по методу счета импульсов, очень уязвимыми для подготовленного нарушителя. К плюсам таких извещателей можно отнести их невысокую цену, составляющую 200-400 руб.

Более высокий уровень достоверности, т.е. обнаружительную способность и устойчивость к источникам ложных срабатываний, предоставляют ПИК-извещатели с микропроцессорной обработкой сигнала. Внутри таких извещателей установлен микропроцессор, который обрабатывает сигнал с пироэлемента по нескольким критериям, таким как амплитуда, полярность, энергия и временные характеристики. Многие извещатели в своей памяти имеют наборы шаблонов сигналов от различных источников ИК-излучения (нарушитель, животные, обогреватель, кондиционер и т.п.), с которыми сравниваются текущие значения и принимается решение о тревоге. Количество таких шаблонов может быть до 5 тыс.

Рассмотрим подробнее микропроцессорную обработку сигналов на примере технологии First Step Processing (обработка с первого шага) от компании Bosch Security Systems. First Step Processing анализирует каждый импульс и на основе этого анализа принимает решение о тревоге. Технология может динамически принимать решение о тревоге по одному, двум или трем импульсам в зависимости от их анализа.

Движение нарушителя в зоне обнаружения ПИК-извещателя создает один большой импульс и несколько последующих небольших импульсов. First Step Processing может выдать тревогу по первому импульсу, имеющему соответствующие временные характеристики. Это намного быстрее, чем у извещателей, работающих по методу счета импульсов. Кроме того, такой метод обработки сигнала позволяет обнаружить нарушителя,двигающегося неравномерно, что кардинально уменьшает вероятность обхода извещателя.

Хорошо, а как же тогда быть с ложными срабатываниями от мощных источников инфракрасного излучения, таких как комнатный обогреватель? Устройства обогрева помещений создают один большой и несколько, следующих за ним, маленьких импульсов, вызванных колебаниями температуры сразу после включения обогревателя. First Step Processing игнорирует такой сигнал, так как его временные характеристики не удовлетворяют критериям длительности импульса. Сымитировать такой сигнал передвигающемуся нарушителю практически невозможно. Извещатели, работающие по методу счета импульсов, могут выдать тревогу на такой тип помех.

Использование нескольких порогов при обработке сигналов позволяет извещателям с технологией First Step Processing игнорировать потоки воздуха на поверхности извещателя. Потоки воздуха могут создавать множество небольших импульсов одной полярности. Извещатели, работающие по методу счета импульсов, могут выдать трево-

гу на такой тип помех. First Step Processing игнорирует такой сигнал, так как значения его амплитуды и полярности не соответствуют критериям срабатывания.

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ**

Одной из наиболее востребованных функций охранных извещателей движения является температурная компенсация. Изменение температуры в помещении приводит к уменьшению разности температур фо-

на и тела человека, а следовательно, и к уменьшению сигнала на выходе пироэлемента. В такой ситуации требуется усиление сигнала с пироэлемента, чтобы извещатель срабатывал при движении нарушителя. За это усиление сигнала и отвечает температурная компенсация.

В простейшем случае температурная компенсация схемотехнически реализуется включением в цепь усиления терморезистора, регулирующего коэффициент усиления сигнала. Очевидно, что коэффициент

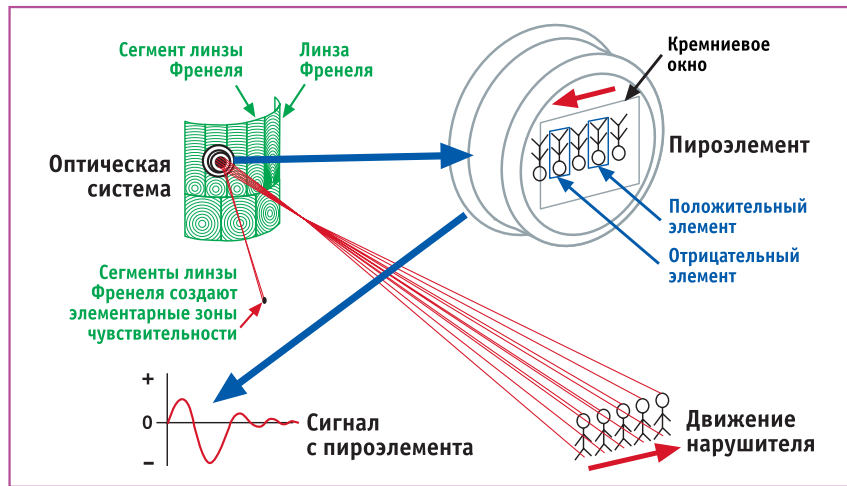


Рис. 2. Принцип действия ПИК-извещателя

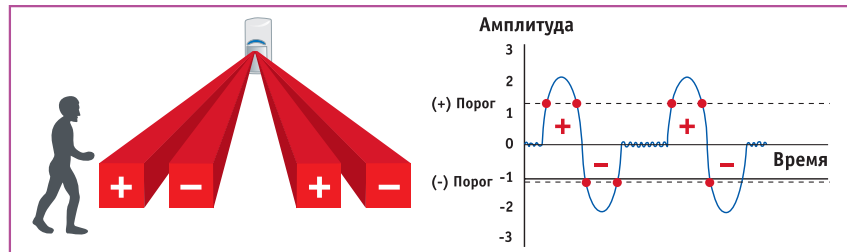
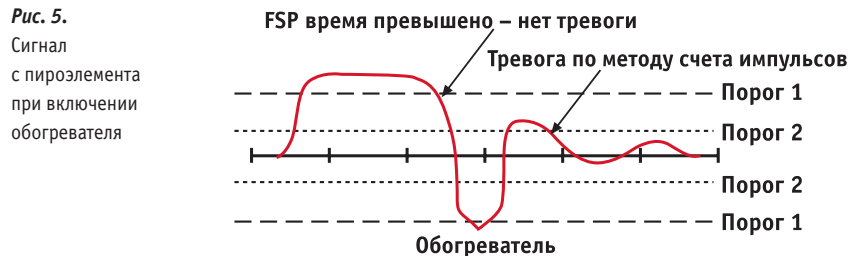
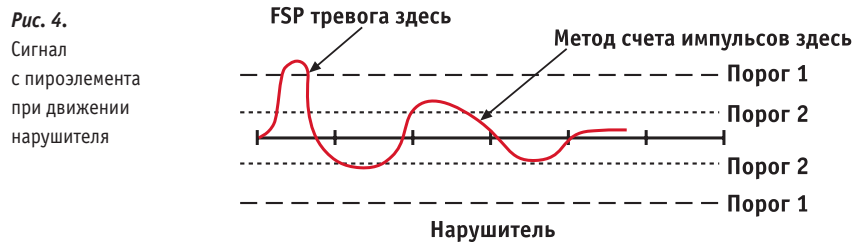


Рис. 3. Метод счета импульсов



усиления будет линейно возрастать с увеличением температуры в помещении, поэтому такая температурная компенсация называется линейной. Этот метод хорошо работает при температурах ниже температуры тела человека. Но дальнейшее увеличение коэффициента усиления приводит к тому, что при температурах выше температуры тела человека извещатель имеет слишком большой уровень сигнала. Это приводит к значительному повышению уровня ложных срабатываний, что делает извещатель, прак-

тически, неработоспособным. Таким образом, производители подобных извещателей, утверждающие в технической документации на извещатель рабочую температуру выше  $+40^{\circ}\text{C}$ , мягко говоря, лукавят.

Иное дело обстоит с динамической температурной компенсацией. Коэффициент усиления сигнала здесь уже определяется микропроцессором, анализирующим сигнал с датчика температуры. При возрастании температуры до температуры тела человека извещатель увеличивает коэффициент

усиления сигнала, но при превышении температурой этого значения коэффициент усиления сигнала начинает уменьшаться, таким образом нормализуя амплитуду сигнала. Извещатели с динамической температурной компенсацией сохраняют свою работоспособность при температурах выше  $+40^{\circ}\text{C}$ , при этом не реагируя на источники ложных срабатываний, такие как потоки воздуха, насекомые, мелкие животные и т.д.

## АКТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ БЕЛОГО СВЕТА

Также одним из важнейших свойств ПИК-извещателей является устойчивость к внешней засветке. При засветке фарами автомобиля или солнечным светом извещатель может выдать сигнал тревоги. Традиционно проблема решается использованием оптических фильтров пироэлемента и специальных фильтров оптической системы извещателя. Такое решение является эффективным, но негативно влияет на обнаружительную способность извещателя, так как дополнительная оптическая фильтрация, кроме белого света, уменьшает и поток ИК-излучения.

В современных ПИК-извещателях для повышения устойчивости к засветке применяют активное подавление белого света. Рассмотрим активное подавление белого света на примере технологии Sensor Data Fusion (совместная обработка данных сенсоров) от компании Bosch Security Systems. Метод заключается в использовании дополнительного датчика белого света, представляющего собой фотодиод, расположенный внутри извещателя. При превышении сигналом с фотодиода определенного порога извещатель игнорирует превышение порога на пироэлементе. Например, засветка фарами автомобиля вызовет срабатывания в ПИК-каналах обнаружения, но при этом синхронно с сигналами с пироэлементов сработает датчик белого света. В этом случае извещатель не выдаст сигнал тревоги.

Если же нарушитель захочет обмануть такой извещатель, имитируя его засветку фонариком, то извещатель обнаружит движение нарушителя и засветку. Но в этом случае сигналы с пироэлемента и датчика белого света не синхронизированы, поэтому извещатель выдаст сигнал тревоги.

Как мы видим, ведущие производители охранных извещателей стараются своими новейшими разработками нивелировать ошибки в проектировании и установке извещателей. Но, к сожалению, не все извещатели обладают такой функцией.

## АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ В КОМБИНИРОВАННЫХ ПИК/СВЧ-ИЗВЕЩАТЕЛЯХ

Принцип работы СВЧ-извещателей основан на эффекте Доплера, когда отраженный от движущегося объекта радиосигнал меняет свою частоту (доплеровский сдвиг) в зависимости от направления движения относительно источника радиосигнала.

Как уже говорилось ранее, радиовол-

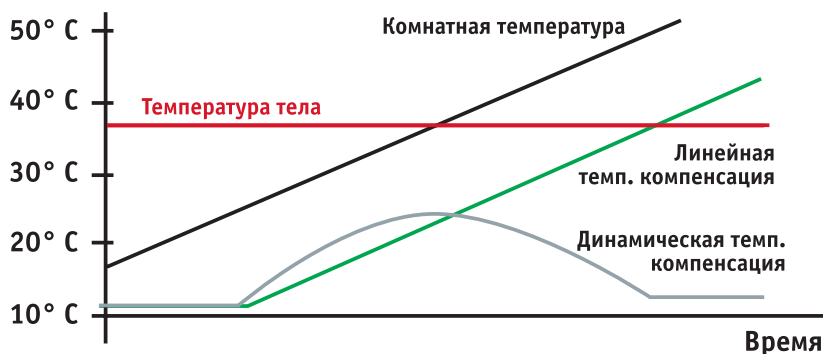


Рис. 7. Температурная компенсация

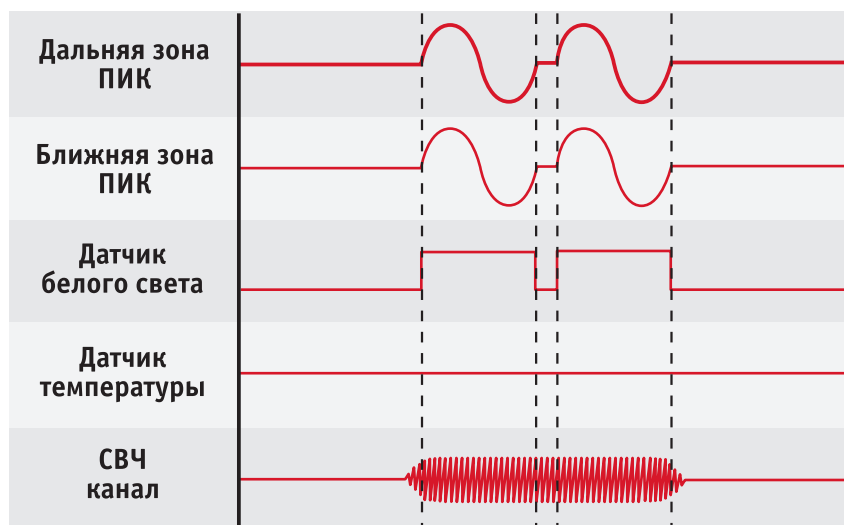
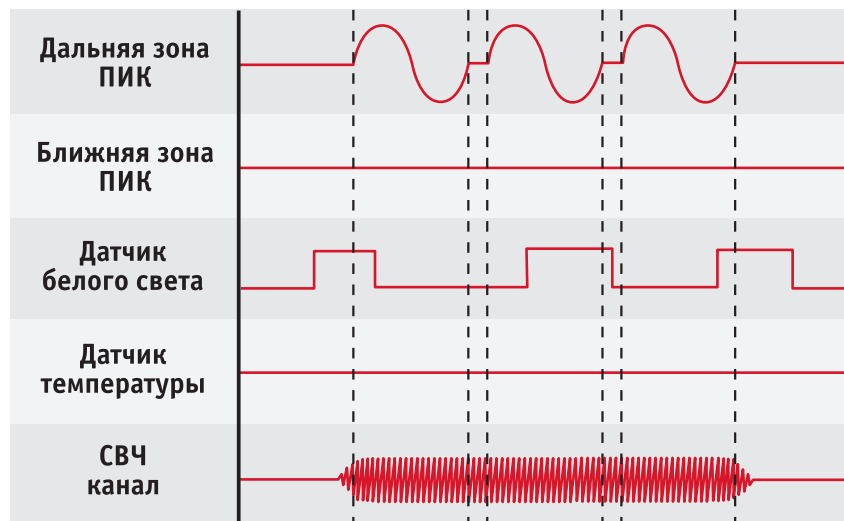


Рис. 8. Засветка фарами автомобиля

Рис. 9. Засветка нарушителем с помощью фонарика





новые доплеровские извещатели сильно подвержены воздействию помех, связанных с вибрациями, поэтому в настоящее время чаще всего применяются комбинированные ПИК/СВЧ-извещатели.

Традиционно решение о срабатывании комбинированных извещателей принимается по схеме «И», когда извещатель выдает тревоги только при срабатывании обоих каналов обнаружения. Такой метод позволяет снизить уровень ложных срабатываний, но не улучшает обнаружительную способность извещателя. В настоящее время появляются извещатели с более сложными алгоритмами обработки сигналов с разных чувствительных элементов, позволяющими значительно повысить обнаружительную способность, снизить уровень ложных срабатываний и даже осуществить защиту (иммунитет) от животных.

Как правило, современные комбинированные извещатели имеют адаптивные пороги срабатывания. Самонастраивающиеся пороги СВЧ-канала обнаружения предназначены для снижения уровня ложных срабатываний при повышении уровня шумов в зоне обнаружения извещателя. Как видно на рисунке 12, без адаптивного порога помеха при повышенном уровне шумов привела бы к ложному срабатыванию.

Более интересны алгоритмы обработки сигналов, предназначенные для улучшения обнаружительной способности комбинированных извещателей. В них один из каналов обнаружения меняет свой порог срабатывания в зависимости от уровня сигнала в другом канале. Например, при обнаружении движения в СВЧ-канале ПИК-канал уменьшает свой порог срабатывания, увеличивая, таким образом, вероятность обнаружения нарушителя.

**ЗАЩИТА ОТ ЖИВОТНЫХ**

Многие охранные извещатели движения имеют функцию защиты от животных (иммунитет к животным). Эта функция позволяет извещателям игнорировать ложные срабатывания, вызванные перемещением животных в зоне обнаружения. В простейшем случае защита от животных достигается выделением в зоне обнаружения «аллеи для животных» путем изменения диаграммы направленности маскированием некоторых сегментов линзы Френеля. Недостаток этого способа очевиден – в зоне обнаружения создаются мертвые зоны, наличием которых незамедлительно захочет воспользоваться нарушитель.

В современных извещателях движения защита от животных осуществляется с помощью микропроцессорной обработки сигналов. Достигается это регулированием порогов срабатывания, шаблонами сигналов и пр. Такие способы позволяют ПИК-извещателям иметь иммунитет к животным весом до 20 кг. К недостаткам относится снижение обнаружительной способности извещателя.

Наилучшей защиты от животных

(до 45 кг) при высокой обнаружительной способности позволяют добиться комбинированные ПИК/СВЧ-извещатели с микропроцессорной обработкой сигнала. Такие алгоритмы обработки основаны на анализе физиологических различий человека и животного. Рассмотрим такой алгоритм на примере технологии TriTech от компании Bosch Security Systems (табл. 1).

Человек и собака имеют различный волосяной покров и температуру тела, поэтому поток ИК-излучения от них будет разным. Порог ПИК-канала обнаружения настраивается микропроцессором таким образом, чтобы выделить эти различия.

Человек имеет толстые руки и ноги относительно размеров туловища, а собака имеет относительно тонкие лапы. Таким образом, отражаемый от человека СВЧ-сигнал будет иметь отличный от со-

баки спектр частот и амплитуду сигнала.

Человек с ростом более высоким, чем у собаки, перекрывает несколько слоев элементарных зон чувствительности ПИК-канала обнаружения, поэтому извещатель может различить движение человека и животного и по такому параметру.

Как можно увидеть, охранные извещатели движения могут серьезно отличаться друг от друга и иметь разный набор свойств и функций, разную обнаружительную способность и устойчивость к ложным срабатываниям. И те, и другие извещатели имеют право находиться на рынке безопасности. Каждый извещатель имеет свой сегмент и своего потребителя. Остается только пожелать участникам рынка, чтобы их потребности в безопасности совпадали с возможностями охранных извещателей.

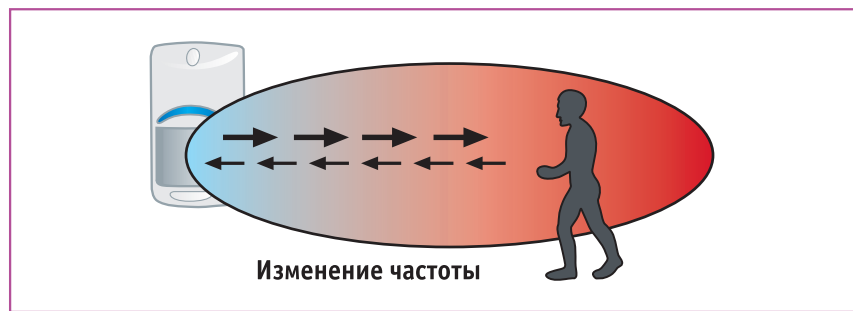


Рис. 10. Эффект Доплера

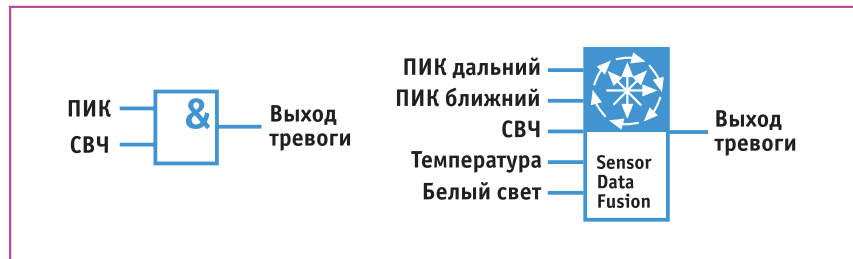


Рис. 11. Принятие решений в комбинированных извещателях

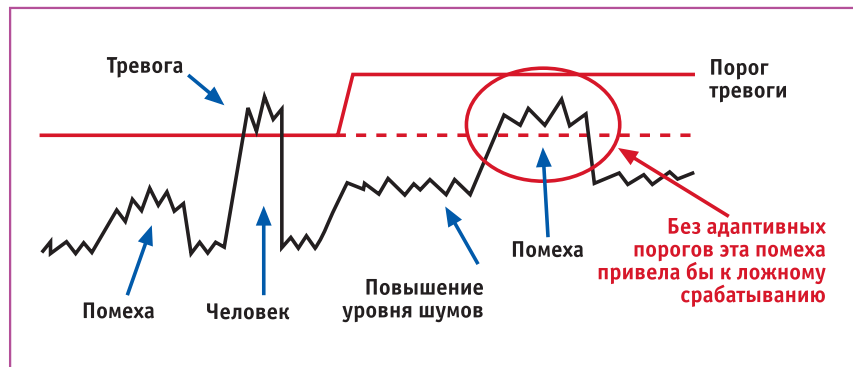




Рис. 12. Адаптивный порог СВЧ-канала обнаружения

Табл. 1. Технология TriTech

	 ЧЕЛОВЕК	 СОБАКА
<b>ВОЛОСЯНОЙ ПОКРОВ</b>	Меньше волос	Больше волос
<b>КОНЕЧНОСТИ</b>	Толстые руки и ноги	Тонкие лапы
<b>РОСТ</b>	Высокий (выше 1,2 м)	Низкий (ниже 1,2 м)