

Э.Ф. Дадашев  
(НИИ аэрокосмической информатики, г. Баку;  
e-mail: asadzade@rambler.ru)

## О ВЫБОРЕ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ ПРИ МОРСКОЙ НЕФТЕДОБЫЧЕ

**Аннотация.** Проведён анализ условий использования многоспектральных пожарных извещателей в морских условиях. Даны рекомендации.

**Ключевые слова:** пожарные извещатели, морская добыча нефти.

E.F. Dadashov

## ABOUT CHOICE FIRE DETECTORS IN SEA OIL PRODUCTION

**Abstract.** The provisions of utilization of multi-spectral fire detector in sea conditions are analyzed. Are made to recommendations.

**Key words:** fire detectors, sea oil production.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 3 июля 2010 г.

Развитие морской нефтедобычи в глобальном масштабе выдвигает на первый план решение вопросов пожаровзрывобезопасной эксплуатации соответствующих технических средств, установленных на морских шельфовых установках. Согласно [1], пожаровзрывоопасный объект (ПВОО) – это объект, на котором производятся, хранятся, используются или транспортируются продукты и вещества, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву.

По своей потенциальной опасности эти объекты подразделяются на 5 категорий, к первой из которых относятся объекты нефтяной, газовой, нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической промышленности, склады нефтепродуктов.

Как правильно отмечено в [2], потенциальная опасность технологических процессов добычи и транспортировки нефти, обусловленная свойствами веществ, обращающихся в производственном цикле, требует реализации комплекса мер по обеспечению безаварийного функционирования, среди которых одной из основных является применение автоматических систем обнаружения пожара, контроля загазованности и пожаротушения. При этом программно-технические средства систем пожарной безопасности должны обладать высокой надежностью и эффективностью, обеспечивать интеграцию этих систем в автоматизированные системы управления технологическими процессами и взаимосвязь с другими системами безопасности.

Платформенная технология добычи нефти и газа с морского дна предъявляет следующие требования к средствам обнаружения пожара, которые связаны со спецификой работы указанных объектов: минимальное время (несколько се-

кунд) обнаружения возгорания углеводородов, большая контролируемая область, высокая надежность работы при наличии нагретых и светящихся объектов в поле зрения и др. [2].

Требование оперативного оповещения о начале возгорания диктует необходимость правильного выбора используемых типов датчиков возгорания. Как отмечено в [2], датчики задымления и температурные датчики не обеспечивают с высокой надежностью срабатывание АС пожаротушения, так как температура или задымленность в условиях больших объемов меняется медленно и слабо. Для быстрого и надежного определения загорания требуются иные принципы, чем анализ прозрачности атмосферы.

Анализ технических решений, применяемых в этой области, показал, что наиболее подходящим для решения вышеуказанной проблемы считается использование многоспектральных датчиков-анализаторов, работающих в УФ и ИК диапазонах.

Так как электромагнитное излучение распространяется со скоростью света, время срабатывания извещателей пламени определяется только временем, необходимым на прием излучения, выделения информативного сигнала и его обработку. Высокая чувствительность и низкий уровень шума современных фотоприемников в различных частях спектра в настоящее время дает возможность конструировать многоспектральные датчики с дальностью действия 200-300 м. Например, как указано в [3], компанией AVIONICS разработана серия детекторов возгорания. К таким приборам можно отнести многоспектральный ИК детектор MODEL 760 и ИК/УФ детектор MODEL 860 UV/IR. При этом MODEL 760 обеспечивает работу на пяти точках ИК спектра, а MODEL 860 использует ультрафиолетовый диапазон спектра. Быстродействие этих приборов составляет 1-5 с; дальность действия не более 80-100 м.

Аналогичные детекторы также производятся и в Российской Федерации. Как сообщается в [4], Компанией ЭКСИС (РФ) в настоящее время выпускается многоспектральный инфракрасный пожарный извещатель пламени ИП-МСП-ЗИК.

В ИП-МСП-ЗИК используется один рабочий и два опорных оптических канала, что обеспечивает высокую чувствительность к обнаружению пламени и отсутствие ложных срабатываний от источников помех: солнечного излучения, нагретых предметов, искусственного освещения.

Извещатели предназначены для выдачи сигналов аварийной сигнализации на приборы приемно-контрольные пожарные, охранно-пожарные (ППКП) при возникновении пламени углеводородов в поле извещателя.

Извещатели размещают в местах установки технологического оборудования насосных станций магистральных нефте- и газопроводов, резервуарных парков, наливных эстакад и т.д. (электрооборудование подгрупп ПА, ПВ, ПС температурных классов Т1-Т4 по ГОСТ Р 52350.14).

Вместе с тем, как показывает анализ опыта использования этих датчиков в условиях морской нефтедобычи, неучёт морских условий функционирования этих средств дистанционного контроля может свести на нет все достоинства метода многоспектрального детектирования возгорания. Чтобы обосновать эту

мысль рассмотрим эмиссионный спектр горения углеводородов (рис. 1.) [5]. Как видно из рис. 1, эмиссионный спектр горения углеводородов состоит из трех областей:

- УФ область;
- видимая область;
- ИК область.

УФ и ИК области считаются наиболее информативными. Каждая из этих информативных областей характеризуется надежным спектральным признаком, который может быть использован для детектирования возгорания.

В ИК области имеются два признака:

1. Всплеск эмиссии  $\text{CO}_2$  на длине волны 4,3 мкм.
2. Максимум эмиссии на длине волны 2,5-2,8 мкм.

В УФ области имеется информативная область на длине волны 0,25-0,35 мкм, содержащая локальный максимум.

Как видно из рис. 1, даже при условии одинаковой зашумленности спектрального диапазона УФ-ИК достоверность сигналов оповещения ИК канала будет существенно выше, чем в УФ канале.

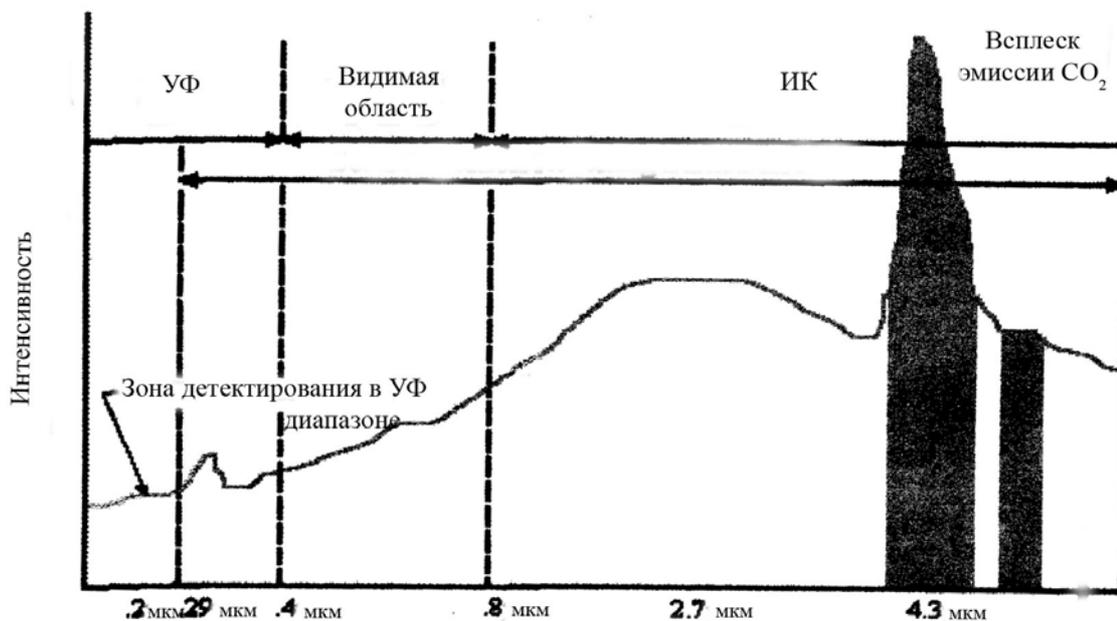


Рис. 1. Эмиссионный спектр горения углеводородов

В общем случае, итоговую достоверность многоспектрального пожарного извещателя можно вычислить по следующей формуле:

$$P_{II} = \prod_{i=1}^3 P_i, \quad (1)$$

- где  $P_1$  – достоверность первого ИК канала на длине волны 4,3 мкм;  
 $P_2$  – достоверность второго ИК канала на длине волны 2,7 мкм;  
 $P_3$  – достоверность УФ канала на длине волны 0,25 мкм.

Для оценки достоверности сигналов каналов воспользуемся методикой, изложенной в [6].

Считаем, что чистый сигнал каналов имеет равномерный закон распределения в пределах интервала шириной  $h$ :

$$P(U) = \begin{cases} 0, & \text{при } U < \left(i - \frac{1}{2}\right)h \\ 1/h, & \text{при } \left(i - \frac{1}{2}\right)h \leq U < \left(i + \frac{1}{2}\right)h. \\ 0, & \text{при } U \geq \left(i + \frac{1}{2}\right)h. \end{cases} \quad (2)$$

Плотность распределения шумов с нулевым средним принимается нормальной, т.е.

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right]. \quad (3)$$

Зашумленный сигнал каналов обозначим как

$$z = U + x. \quad (4)$$

В первом приближении будем считать, что

$$P_z = P_{z01} \cdot P_{z02}, \quad (5)$$

$$P_{z01} = P_{z02} = P_{z0}, \quad (6)$$

где  $P_0$  – вероятность невыхода зашумленного сигнала из пределов зоны  $h$ ;

$P_{z01}$  – вероятность невыхода зашумленного сигнала из верхнего предела зоны  $h$ ;

$P_{z02}$  – вероятность невыхода зашумленного сигнала из нижнего предела зоны  $h$  (рис. 2).

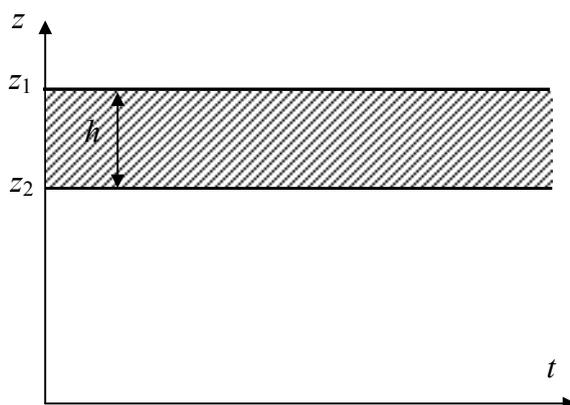


Рис. 2. Расположение интервала шириной  $h$  в зоне сигналов

С учётом (5) и (6) получим

$$P_{z0} = \sqrt{P_z}. \quad (7)$$

Для вычисления  $P_z$  в работе [6] рекомендуется взять свертку плотностей (2) и (3) и далее проинтегрировать полученное выражение в пределах одного кванта шириной  $h$ . С учётом вышесказанного нетрудно получить следующие выражение для  $P_{z_0}$ :

$$P_{z_0} = \sqrt{2\Phi_0(\alpha) - \frac{1 - \exp\left(-\frac{1}{2}\alpha^2\right)}{\alpha\sqrt{\frac{\pi}{2}}}}, \quad (8)$$

где

$$\Phi_0(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\alpha \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad \alpha = \frac{h}{\sigma_x}. \quad (9)$$

По расчётным значениям функции (8) построен график (рис. 3).

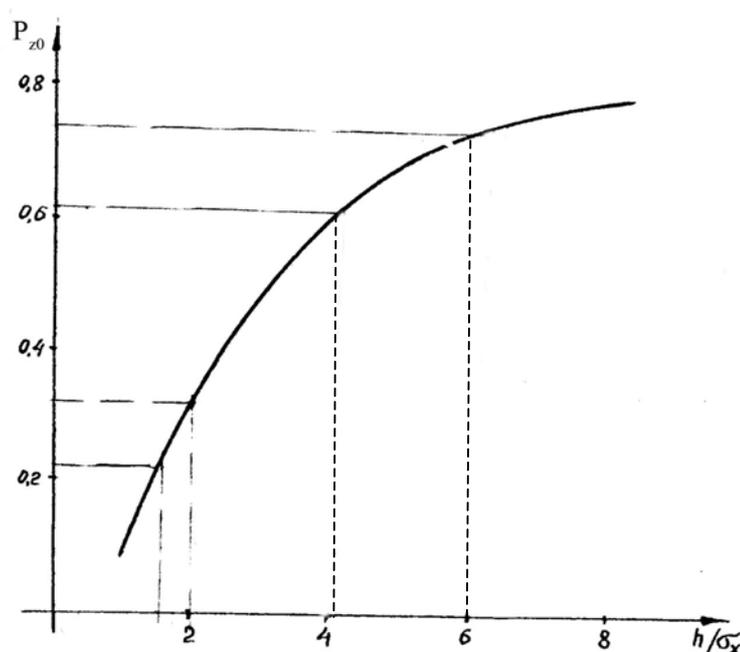


Рис. 3. График расчётных значений функции (8)

Как видно из рис. 2, величина  $P_{z_0}$  сильно зависит от частного показателя сигнал/шум  $h/\sigma_x$ . Так, при  $h/\sigma_x = 4$  имеем  $P_{z_0} = 0,62$ , а при  $h/\sigma_x = 6$  имеем  $P_{z_0} = 0,73$ , что можно считать существенным выигрышем в достоверности. Однако, если учесть трехкратное уменьшение отношения сигнал/шум в УФ диапазоне, то, как это показано на рис. 3, при  $h/\sigma_x = 2$  будем иметь  $P_{z_0} = 0,33$ . Таким образом, итоговая достоверность, с учётом условности принятых оценок, может быть вычислена как

$$P_{II} = 0,33 \cdot 0,73 \cdot 0,73 = 0,176.$$

Если считать полученную оценку итоговой достоверности многоспектрального детектора приемлемой для вариантов использования на неморских территориях, то учёт морских условий вызывает серьезные сомнения пригодности двухспектральных (УФ, ИК) детекторов для использования на море.

Основная проблема в этой области заключается во влиянии морского аэрозоля, создающего мультипликативные шумы. Для примера на рис. 4 приведены графики [7] измеренной величины коэффициента ослабления морского аэрозоля для условий  $RH = 66\%$ ;  $75\%$ ;  $85\%$  и  $90\%$  при высоте  $H = 2,5$  м.

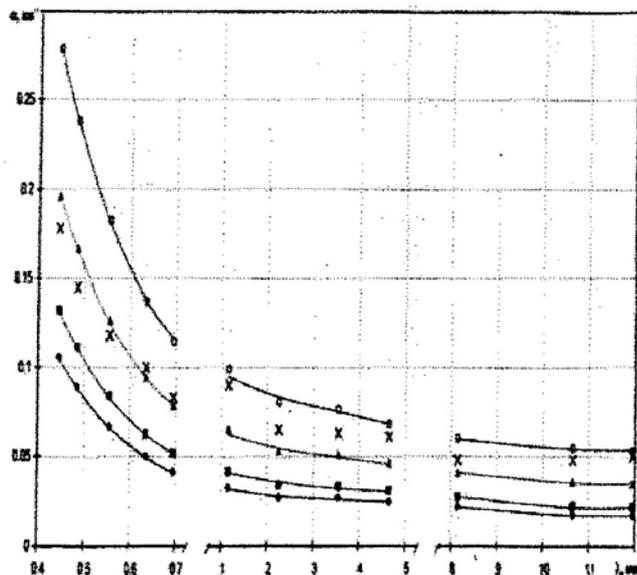


Рис. 4. Кривые зависимости коэффициента ослабления морского аэрозоля измеренного на высоте 2,5 м при скорости ветра 3,3 м/с; при относительных влажностях:  
 ◆ –  $RH = 66\%$ ; ■ –  $RH = 75\%$ ; ▲ –  $RH = 85\%$ ; ○ –  $RH = 90\%$ .

Как видно из рис. 4, ослабление оптического сигнала в УФ диапазоне на 1 км составляет как минимум 25 %, в то время как в ИК диапазоне ослабление не превышает 5 %. Следовательно, отношение сигнал/шум в УФ диапазоне уменьшится на одну четверть, что вызывает дальнейший резкий спад достоверности УФ канала до величины 0,22.

Таким образом, если пренебречь ослаблением в ИК канале, то итоговая достоверность уменьшится до значения

$$P_{И} = 0,22 \cdot 0,73 \cdot 0,73 = 0,117.$$

Следовательно, ранее полученная оценка условной достоверности снижается в данном случае еще на 40 %, что, естественно, вызывает серьезные сомнения в пригодности двухспектральных (УФ, ИК) детекторов возгорания для применения в морских условиях.

В качестве выхода из создавшейся ситуации можно предложить следующее:

1. Использование многоточечных ИК пожарных извещателей, работающих в сугубо ИК диапазоне. Достоверность сигнала таких извещателей существенно выше (не хуже 0,5).

2. Некоторое повышение достоверности сигнала в двухспектральных (УФ, ИК) пожарных извещателей можно достичь методом высотной установки датчиков. Например, как показано в [7], при установке датчиков на высоте 20 м коэффициент ослабления морского аэрозоля уменьшается на 5-10 %, что может привести к определенному повышению достоверности сигналов двухдиапазонного пожарного извещателя.

#### Литература

1. **Чрезвычайные** ситуации техногенного характера. – <http://bgd.iate.obninsk.ru/trchno.doc>.
2. **Цветков С.Ю.** Обеспечение безопасности технологических процессов добычи, переработки, транспортировки нефти и газа. – <http://www.tolearn.ru/Bezopastnostjiznedeyatelnosti/80363>.
3. **Ultraviolet and IR flame detectors.** – [http://www.insistec.net/files/7\\_ultraviolet%20 and IR 20% 20 flame% 20detectors.pdf](http://www.insistec.net/files/7_ultraviolet%20and%20IR%20flame%20detectors.pdf).
4. **Извещатель** пожарный многоспектральный пламенный. – <http://www.eksis.ru/katalogproduktsii/955.html>.
5. **SPECTREX INC.** Flame Detector Types. – <http://www.infrared.laboratories.com>.
6. **Горелик С.Л., Кац Б.М., Киврин В.И.** Телевизионный измерительные системы. М.: Связь, 1980. 168 с.
7. **Kaloshin G., Piazzola J.** Influence of the large aerosol particles on the infrared propagation in coastal areas. – [http://www.gi.alaska.edu/ftp/foch/ILRC23\\_Proc/ILRKC23/3P-10.pdf](http://www.gi.alaska.edu/ftp/foch/ILRC23_Proc/ILRKC23/3P-10.pdf).