

УДК 681.785; 504.064

**ФОРМИРОВАНИЕ ЭТАЛОНОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ
ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ ПОТОКА ЖИДКОСТИ
Алексеев В. А.¹, Усольцев В. П.¹, Шульмин Д. Н.¹, Юран С. И.²**

¹Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

²Удмуртский государственный аграрный университет
Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Рассматривается вариант создания эталонов для обнаружения вредных сбросов в жидких средах с использованием параллельного лазерного зондирования среды. Для этого проводятся экспериментальные исследования возможных вредных веществ аварийных сбросов на измерительном стенде для анализа спектров веществ. Проводится специальная обработка полученных результатов с преобразованием их в относительное описание, которое позволяет получить эталоны в двоичной последовательности. Приводится схема измерительного стенда.

Ключевые слова: аварийные сбросы, лазерное зондирование, относительное описание, спектры поглощения веществ аварийных сбросов.

**FORMATION OF STANDARDS FOR THE DETECTION OF EMERGENCY DISCHARGES
PARALLEL LASER SENSING OF THE LIQUID FLOW
Alekseev V.¹, Usoltsev V.¹, Shulmin D.¹, Yuran S.²**

¹Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov

²Udmurt State Agrarian University
Izhevsk, Russian Federation

Abstract: The option of creating standards for the detection of harmful discharges in liquid media using parallel laser sensing of the medium is being considered. For this purpose, experimental studies of possible harmful substances of emergency discharges are carried out on a measuring stand for analyzing the spectra of substances. A special processing of the obtained results is carried out with their transformation into a relative description, which allows us to obtain standards in a binary sequence. The diagram of the measuring stand is given.

Key words: emergency discharges, laser sensing, relative description, absorption spectra of substances from emergency discharges.

Адрес для переписки: Юран С. И., ул. Студенческая, г. Ижевск 11426069, Российская Федерация
e-mail: yuran-49@yandex.ru

Известна задача обнаружения вредных сбросов в жидкие среды с использованием лазерного зондирования потока жидкости [1–3]. В ряде задач появление сбросов связано с аварийной ситуацией на производстве, поэтому требуется определение сбросов в реальном масштабе времени.

Наиболее эффективным способом является параллельное зондирование жидких сред рядом лазерных лучей с набором различных длин волн излучения.

Для распознавания вещества сброса необходимо создание эталонов различных веществ, возможных к появлению в сбросах. Как правило, количество этих веществ не превышает десятка различных фракций жидкости.

Цель. В работе предлагается один из вариантов способов построения эталонов веществ в аварийных сбросах.

Методы. Процедура построения эталонов содержит три этапа, выполняемых последовательно.

На первом этапе производится априорно анализ спектров поглощения определенных веществ аварийных сбросов. При анализе спектров выделяется одна длина волны поглощения спектра из числа экстремумов спектра поглощения (λ_i) для всех веществ аварийных сбросов, получив пачку длин волн $\{\lambda_1 \dots \lambda_i \dots \lambda_n\}$, где n – количество веществ.

На втором этапе проводятся экспериментальные исследования веществ из определенного списка аварийных сбросов с целью определения значений поглощения веществ на пачке излучений с длинами волн $\{\lambda_1 \dots \lambda_n\}$, где n – количество веществ аварийных сбросов.

Желательно проводить исследования на устройстве с параллельным зондированием лазерным излучением, что позволит получить значения поглощения в спектрах в единое время измерения.

В результате исследований для каждого из веществ будет получен спектр дискретных значений амплитуд поглощения $\{A_{j1}, \dots, A_{jn}\}$, где j – номер вещества.

На третьем этапе строятся эталоны для каждого из веществ. Полученные спектры веществ из A_{jn} значений не могут использоваться в качестве эталонов, поскольку реальные значения могут отличаться по величине, а полученные спектры не инвариантны по сдвигу амплитуд, которые зависят от плотности концентрации потока жидкости.

Поэтому предлагается использовать относительное описание полученных спектров в виде соотношений между значениями амплитуд спектров. Формализацию соотношений можно осуществить, используя, например, отношение «больше-меньше». Тогда получим последовательность в виде

$$\{A_{j1} R_1 A_{j2}, A_{j1} R_2 A_{j3}, A_{j1} R_3 A_{j4}, \dots A_{j1} R_{n-1} A_{jn}\}.$$

Подобные последовательности можно построить для всех соотношений.

Подобного вида описания будут избыточны для большинства видов распознавания веществ аварийных сбросов.

Опыт показал, что достаточным описанием является описание между соседними составляющими спектра:

$$\{A_{j1} R_1 A_{j2}, A_{j2} R_2 A_{j3}, A_{j3} R_3 A_{j4}, \dots A_{j(n-1)} R_n A_{jn}\}.$$

При использовании правила:

$$A_{ji} \geq A_{j(i+1)} \rightarrow P \equiv 1,$$

$$A_{ji} \leq A_{j(i+1)} \rightarrow P \equiv 0$$

можно получить кодовую двоичную последовательность, которая и будет являться эталоном для определения (распознавания) вещества j .

В этом случае, при решении задачи обнаружения вещества аварийного сброса полученные при измерении спектры веществ при параллельном лазерном зондировании должны быть приведены к соотношениям с использованием указанного выше правила. Далее происходит сравнение полученной двоичной последовательности с эталонами веществ.

Для проведения экспериментальных исследований веществ с целью построения эталонов распознавания необходимо использовать стенд измерений (рисунок 1), содержащий источники лазерного излучения ИИ1...ИИ n , излучающие на длинах волн $\lambda_1 \dots \lambda_n$, ампула с исследуемым веществом j , фотоприемники ФП1...ФП n , аналого-цифровые преобразователи АЦП и компьютер.

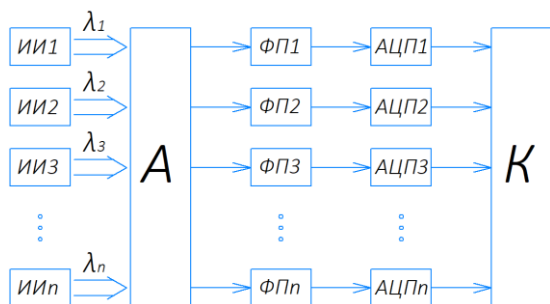


Рисунок 1 – Структурная схема стенда измерений спектра веществ аварийного сброса

Исследуемое вещество аварийного сброса помещается в ампулу. По управлению компьютера излучатели производят лазерное зондирование вещества в ампуле. Полученные сигналы (от-

клики) с фотоприемников преобразуются в цифровой код с помощью АЦП и принимаются компьютером. После этого полученные значения спектра вещества преобразуются в двоичную последовательность относительного описания и записываются в память эталонов. Эти операции выполняются для всех веществ аварийных сбросов.

Указанные процедуры построения эталонов возможно осуществить в системе устранения аварийных сбросов на производстве. В этом случае система должна иметь возможность помещения ампулы с исследуемым веществом в магистраль протекания потока стоков. При этом в компьютере управления системой должна быть установлена программная система формирования эталонов.

Для обеспечения обнаружения вредных веществ в реальном масштабе времени необходимо получать измеренные значения спектральных амплитуд веществ с построением относительного описания с параллельной обработкой данных. Двоичная последовательность относительного описания получается одновременно с обработкой данных в параллельных аналого-цифровых каналах. Сравнение соответствующих значений спектра происходит логическими схемами параллельно. Идеальным контроллером обработки данных является многопроцессорный контроллер.

Заключение. Таким образом, задача обнаружения аварийных сбросов для устранения последствий аварий, относящихся к запроектным авариям, может быть решена. Указанные виды аварий возможны на объектах нефтегазового оборудования, на объектах машиностроения и химического производства.

Рассмотренный подход построения систем локализации и устранения запроектных аварий полезен для специалистов, создающих лазерные системы, а также для студентов соответствующих специальностей.

Литература

1. Патент РФ 2771221 МПК G01N 21/31, G01N 21/85, G08B 21/12. Устройство селективного контроля аварийных сбросов / В. А. Алексеев, С. И. Юран, В. П. Усольцев, Д. Н. Шульмин. Оpubл. 28.04.2022.
2. System Eliminating Emergency Discharges in Industrial Facilities Waste Waters Using Relative Signal Description / V. A. Alekseev [et al.] // Devices and Methods of Measurements. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 105–111.
3. Использование многозондового модулированного лазерного излучения для идентификации сгустков веществ в потоке жидкости // В. А. Алексеев [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 3. – С. 207–213.