

Д. С. Аминов, Н. Н. Зиятдинов, Д. А. Рыжов,  
А. А. Рыжова

## ПРОБЛЕМЫ ИЗБЫТОЧНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ДИАГНОСТИКИ

*Ключевые слова:* АСУТП, РСУ, сигнализация, аварийная сигнализация, система аварийной сигнализации, рационализация, эффективность управления, большие данные, диагностика, избыточные сигнализации, концепция аварийной сигнализации, проблемные сигнализации.

*Рост количества сигнализаций в современных системах управления приводит к значительным трудностям восприятия информации и обработке событий персоналом. Избыточные и некорректно настроенные сигнализации создают информационный шум, снижают эффективность принятия решений и затрудняют выявление первопричин технологических отклонений. В статье классифицируются основные типы проблемных сигнализаций: дребезжащие, быстрые, лавинообразные, постоянно активные и дублирующие. Для каждого типа рассматриваются характерные признаки и потенциальные причины возникновения, включая технические и проектные факторы. Отдельное внимание уделено проблемам применения стандарта ГОСТ Р МЭК 62682–2019, в частности неточностям перевода международного стандарта ISA 18.2, которые искажают понимание стадии рационализации и корректного документирования сигнализаций. Для решения задачи идентификации проблемных сигнализаций применяется аналитический подход к большим массивам исторических данных, включающий анализ временных рядов, корреляционный анализ и методы оценки схожести множеств. Эти методы позволяют выявлять дребезжащие, быстро исчезающие, дублирующие и лавинные сигнализации, а также оптимизировать их структуру для повышения информативности. Применение предложенных подходов обеспечивает объективное выявление неинформативных сигналов, снижение перегрузки операторов и создание базы для формализации корпоративных правил управления сигнализациями. Результаты исследования формируют основу для дальнейшей рационализации сигнализаций и анализа их взаимосвязей в сложных системах.*

D. S. Aminov, N. N. Ziyatdinov, D. A. Ryzhov,  
A. A. Ryzhova

## PROBLEMS OF REDUNDANT ALARMS IN DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS AND METHODS FOR THEIR IDENTIFICATION

*Keywords:* ICSS, DCS, alarm, alarm system, rationalization, control efficiency, big data, diagnostics, redundant alarm, alarm philosophy, nuisance alarm.

*The increasing number of alarms in modern control systems creates significant challenges for information perception and event processing by operators. Excessive and improperly configured alarms generate informational noise, reduce decision-making efficiency, and complicate the identification of root causes of deviations. This article classifies the main types of nuisance alarms: chattering, fleeting, flood, active, and duplicate alarms. For each type, characteristic features and potential causes are discussed, including technical and design-related factors. Special attention is given to the challenges in applying the standard GOST R IEC 62682–2019, particularly translation inaccuracies of the international standard ISA 18.2, which distort the understanding of the rationalization stage and proper alarm documentation. To address alarm identification, an analytical approach to large volumes of historical data is applied, including time series analysis, correlation analysis, and set similarity evaluation. These methods allow detection of chattering, fleeting, duplicate, and flood alarms, as well as optimization of alarm structures to enhance informativeness. The proposed approaches provide an objective basis for identifying non-informative alarms, reducing operator overload, and forming corporate guidelines for alarm management. The results serve as a foundation for further rationalization of alarms and analysis of their interrelationships in complex systems.*

### Введение

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в настоящее время являются основным инструментом обеспечения безопасного и эффективного функционирования промышленного оборудования [1]. Современной формой архитектуры АСУТП являются распределённые системы управления (РСУ), которые позволяют реализовывать сложные алгоритмы регулирования, повышают надёжность функционирования системы информативность операторского интерфейса, обеспечивают гибкость настройки [2].

Однако, одновременно с этими преимуществами наблюдается существенный рост количества сигнализаций. В условиях щитовой автоматики количество сигнализаций естественным образом ограничивалось трудоёмкостью монтажа, необходимостью прокладки кабелей, установкой физических индикаторов и приборов. В современных цифровых системах такие ограничения отсутствуют, что приводит к значительному увеличению числа сигнализации без достаточной оценки их необходимости и практической ценности для оперативного персонала [3].

Неконтролируемый рост сигнализации формирует комплекс проблем, влияющих на безопасность и надёжность технологического

процесса. Избыточность сигнализаций отрицательно влияет на «дружественность» интерфейса: увеличивает когнитивную нагрузку оператора, снижает его способность к своевременной реакции, затрудняет анализ первопричин аварийных ситуаций и препятствует выполнению корректирующих действий [4].

Таким образом, избыточное количество сигнализаций нивелирует техническую надежность АСУ ТП и становится источником риска. Решение этой проблемы требует системного подхода, включающего формализацию методов идентификации избыточных сигнализаций, их классификацию, методы снижения их количества для возможности дальнейшей рационализации сигнализаций.

Следует отметить, что, несмотря на наличие нормативного документа ГОСТ Р МЭК 62682–2019 [5], регулирующего отдельные аспекты проектирования сигнализации и терминологию в данной области, в отечественной практике данный стандарт носит рекомендательный характер. Кроме того, российский перевод документа содержит неточности по сравнению с оригинальным международным стандартом ISA 18.2 [6], что может приводить к неправильному пониманию стадий жизненного цикла сигнализацией, в частности стадии рационализации. В результате предприятия самостоятельно определяют логику формирования и отображения сигнализаций, что приводит к значительным различиям в подходах и отсутствию единообразия.

Целью настоящей статьи является систематизация типов проблемных сигнализаций, рассмотрение методов диагностики на основе анализа больших данных и изложение формализованных методов снижения количества сигнализаций, применимых в современных САС. Дополнительно внимание уделяется трудностям, связанным с интерпретацией и переводом международных стандартов, которые могут влиять на корректность применения методов управления сигнализацией и инженерную практику.

Материал статьи служит основой для последующих исследований, посвящённых анализу взаимосвязей сигнализаций, построению корреляционных моделей, выявлению первопричин лавинообразных срабатываний и их минимизации.

## Проблематика сигнализации в АСУТП

### 1. Классификация проблемных сигнализаций

На основе промышленной практики, анализа журналов событий и стандартов по управлению сигнализацией выделяются следующие основные типы проблемных сигнализаций:

**Дребезжащие (chattering) сигнализации** – это сигнализации, многократно переходящие между нормальным и аварийным состоянием в короткие промежутки времени [7]. Типичными причинами их возникновения являются [4]:

- нестабильные уставки;
- помехи на линии связи;

- неисправности датчиков;
- колебания регулируемой величины около порога срабатывания.

Высокая частота активаций приводит к «засорению» журналов событий и снижает внимание оператора.

**Быстрые (fleeting) сигнализации** – это подкатегория дребезжащих сигнализаций. Эти сигнализации появляются и исчезают очень быстро (слишком быстро, чтобы оператор мог принять меры), но не обязательно повторяются [7].

Наши исследования на промышленных установках показывают, что доля дребезжащих и быстрых сигнализаций в реальных производственных системах может достигать 90 % от их общего количества. В частности, анализ сигнализаций установки производства этилена, результаты которого представлены в разделе, посвящённом практическому применению методов, продемонстрировало, что до 65 % всех зарегистрированных сигнализаций относятся к категории быстрых, а до 39 % — к категории дребезжащих. Полученные значения количественно подтверждают масштаб проблемы и подчёркивают необходимость её системного исследования.

**Лавинообразные (flood) сигнализации**, это сигнализации, которые возникают одновременно в большом количестве в короткий промежуток времени. Они значительно затрудняют определение первопричины отклонения [7]. Лавины сигнализаций особенно опасны, поскольку:

- затрудняют восприятие информации оператором;
- приводят к перегрузке интерфейсов и журналов;
- увеличивают вероятность ошибочных действий оператора.

Как правило, лавинообразные сигнализации возникают в результате переходных процессов, таких как пусковые/остановочные операции или аварийные режимы на производстве вследствие влияния первопричины на значения различных физических величин, описывающих данное явление, а также в связи с дублированием сигнализаций различной физической природы.

**Постоянно активные и просроченные сигнализации** — это сигнализации, находящиеся в активном состоянии длительное время. При отсутствии реакции персонала такие сигналы перестают выполнять информационную функцию и становятся фоновым шумом системы. Подобные сигнализации могут указывать на:

- технологические проблемы, требующую вмешательства;
- неверно установленные уставки;
- избыточность этих сигнализаций, когда одно и то же событие регистрируется несколькими датчиками.

Так, в частности, анализ работы установки производства этилена, упомянутый выше, показал, что 3,6 % сигнализаций в рассматриваемом периоде относились к категории просроченных. Данный факт указывает на отсутствие своевременных

корректирующих действий со стороны оперативного персонала, что может свидетельствовать о низкой критичности или практической незначимости соответствующих сигнализаций. В таких условиях обоснованность включения этих сигнализаций в систему требует пересмотра, поскольку отсутствие реакции со стороны персонала фактически нарушает базовый принцип и определение сигнализации, согласно которым каждая сигнализация должна инициировать обязательное оперативное вмешательство.

**Избыточные и дублированные сигналы:** это сигнализации, информирующих об одном и том же отклонении, или сигнализации, не несущие реальной оперативной ценности для управления процессом.

Дублирование может возникать:

- при наличии нескольких сигнализаций на одно и то же технологическое отклонение, что увеличивает объём данных;
- при взаимосвязанных событиях, формирующих сигнализации, в частности, появление сигнализаций различной физической природы, первопричиной которых является одно физико-химическое явление протекающего технологического процесса;
- каскадные (вторичные) сигнализации, когда одна неисправность вызывает цепную реакцию в системе;

Дублированные сигнализации представляют собой распространённый тип проблемных сигналов. Так, проведённый корреляционный анализ исторического журнала событий установки производства этилена выявил 559 уникальных случаев дублирования, при этом суммарная частота их возникновения достигла 22 456 срабатываний за анализируемый период (ноябрь 2022 – май 2023). К дублированным сигнализациям относились различные типы сигнализаций, сформированных одним и тем же первичным измерительным каналом, включая ситуации с одинаковыми уставками аварийной и предупредительной сигнализации, взаиморезервируемые датчики, а также технологически взаимозависимые параметры, формирующие несколько сигнализаций при одном и том же отклонении процесса.

## 2. Проблемы интерпретации ГОСТ и некорректных переводов международных стандартов

Кроме проблем операторского уровня, существуют системные и нормативные пробелы в отечественной практике, а именно:

- Рекомендательный характер применения ГОСТ Р МЭК 62682–2019 на всех предприятиях РФ.
- Различия в подходах к проектированию и отображению сигнализаций на разных предприятиях, что снижает единообразие инженерной практики.
- Неточности перевода стандарта, приводящие к неправильной интерпретации рекомендаций.

Особое внимание следует уделить примерам неточностей в переводах международных стандартов, влияющим на практику проектирования систем сигнализации. Один из наиболее показательных случаев связан с переводом положения о стадии «rationalization» стандарта ISA-18.2, (п.5.2.2.4).

Оригинальный английский текст гласит [6]:

*“The rationalization stage reconciles the identified need for an alarm or alarm system change with the principles and definitions in the alarm philosophy... The output of rationalization is documentation of the alarm, including any advanced alarm techniques, which can be used to complete the design.”*

В отечественной адаптации это положение было переведено следующим образом [5]:

“На стадии рационализации выполняют согласование выявленной потребности в системе аварийной сигнализации или в изменении существующей с принципами концепции аварийной сигнализации... В результате рационализации формируется документация на систему аварийной сигнализации...”

Такой перевод содержит две принципиальные неточности:

1) Смысл рационализации искажен.

В оригинале речь идёт о согласовании необходимости **каждой конкретной сигнализации** (alarm) или изменения уже существующей. Перевод же гласит, что согласование проводится относительно необходимости согласования **системы аварийной сигнализации**, что существенно меняет содержание процесса.

На практике рационализация предназначена для оценки необходимости каждой сигнализации и документирования её атрибутов. Неверная трактовка приводит к недопониманию сути процесса и снижает его эффективность.

2) Искажение результата рационализации.

Оригинальный текст указывает, что выходом стадии является **документирование атрибутов конкретной сигнализации (условий срабатывания, приоритета, действий оператора, дополнительных методов и т.п.)**. В переводе же сформулировано как «**документация на систему аварийной сигнализации**», что опять же переносит фокус с индивидуальной сигнализации на систему в целом.

## 3. Психологические проблемы оператора-технолога при избыточной сигнализации

Наличие избыточной звуковой и отображаемой на мнемосхемах информации о состоянии объекта управления оказывает определяющее влияние на качество принимаемых решений оператором-технологом:

- усталость и состояние стресса приводит к снижению внимания и выгоранию;
- происходит снижение скорости реакции на фильтрацию информации и принятия оперативного решения;
- неадекватное восприятие аварийной ситуации может привести к катастрофе;

- простой вышедшего из строя оборудования, неоптимальность режимов работы ведет к экономическим потерям.

### **Идентификации проблемных сигнализаций. Анализ больших данных**

В современных АСУ ТП из-за избыточного количества сигнализаций формируются значительные массивы исторических данных. Производители систем управления предусматривают развитый функционал регистрации событий, фиксирующий моменты возникновения и исчезновения сигнализаций, последовательность их активации и действия оператора. Эти данные создают основу для аналитической обработки и позволяют применять специализированные методы для выявления различных типов проблемных сигнализаций. Ниже приведены ключевые аналитические подходы и их назначение.

1. Анализ временных рядов для идентификации дребезжащих и быстрых сигнализаций, а также постоянно активных и просроченных сигнализаций [8].

Методы анализа временных рядов используются для выделения сигнализаций, обладающих атипичными временными характеристиками. Обработка исторических данных включает:

- расчёт длительности активного состояния сигнализации;
- определение интервалов между последовательными срабатываниями;
- анализ статистических распределений длительностей и частоты появления событий.

Эти метрики позволяют обнаруживать паттерны, характерные для дребезжащих и быстропереходящих сигнализаций: чрезмерно короткие длительности, частые переключения, малые межсобытийные интервалы, а также устойчивую повторяемость таких событий во времени.

Преимуществом этого метода является возможность оценить настроечные параметры, которые могут быть применены для сокращения сигнализаций. В частности, анализ временных рядов позволяет оценить величину сокращения частоты срабатывания быстрых сигнализаций при внедрении временной задержки на активирование сигнализации. (Временная задержка является рекомендованной мерой для снижения частоты возникновения сигнализаций).

2. Корреляционный анализ для выявления дублированных сигнализаций [9]

Корреляционный анализ (включая парный и множественный) применяется для выявления сигнализаций, которые срабатывают согласованно и демонстрируют устойчивую взаимосвязь. Метод опирается на вычислении коэффициентов корреляции между сигнализациями.

Высокая степень корреляции между несколькими сигналами указывает на их функциональную или логическую близость. Это позволяет идентифицировать дублирующие сигнализации и выделять сигналы, отражающие одно и то же

технологическое событие, либо передаваемые от разных источников.

3. Метод анализа схожести множеств для идентификации лавинных сигнализаций [10]

Для выявления групп сигнализаций, возникающих совместно или последовательно после первичного технологического отклонения, эффективным методом является анализа схожести множеств сигнализаций. Подход включает:

- формирование множеств сигналов, активировавшихся в пределах одного временного окна;
- оценку их пересечения и повторяемости;
- анализ последовательностей событий и временных интервалов между ними.

Сравнение множеств позволяет идентифицировать лавинные паттерны — устойчивые группы событий, срабатывающие в фиксированной связке. Эти данные могут быть использованы для выделения первичных сигнализаций и оптимизации структуры уведомлений путём исключения вторичных и избыточных сигнализаций.

Применение специализированных методов анализа временных рядов, корреляционных зависимостей и анализа множеств обеспечивает эффективную идентификацию различных типов проблемных сигнализаций. Полученные результаты служат основой для оптимизации настроек сигнализации, корректировки порогов, устранения дубликатов. Кроме того, данные и выявленные паттерны служат для формирования критериев и правил, которые далее могут быть закреплены корпоративным стандартом по сигнализациям — документом «Концепция аварийной сигнализации» и далее использоваться при проведении рационализации.

### **Практическое применение методов**

Разные методы анализа были применены для идентификации проблемных сигнализаций на установке печей пиролиза и первичного разделения пирогаза завода по производству этилена, состоящей из 9 печей пиролиза, узла первичного фракционирования и водной закалки пирогаза, включая узел получения пара разбавления.

Ниже приведены результаты, полученные с помощью методик анализа временных рядов и корреляционного анализа [7,8].

Для анализа использовался электронный журнал исторических событий за период 5 месяцев. За этот период было выявлено 195000 сигнализаций разных параметров технологического процесса, а также диагностические сигнализации. В частности, в большом количестве возникали сигнализации по режимным параметрам печей пиролиза, включая расход метана в печь, температура пирогаза на верху колонны водной закалки. Доля сигнализаций технологического процесса в общем количестве сигнализаций составила 69%. Оставшаяся часть сигнализаций, 31% — это диагностические и системные сигнализации, которые также создают дополнительную нагрузку на оперативный персонал.

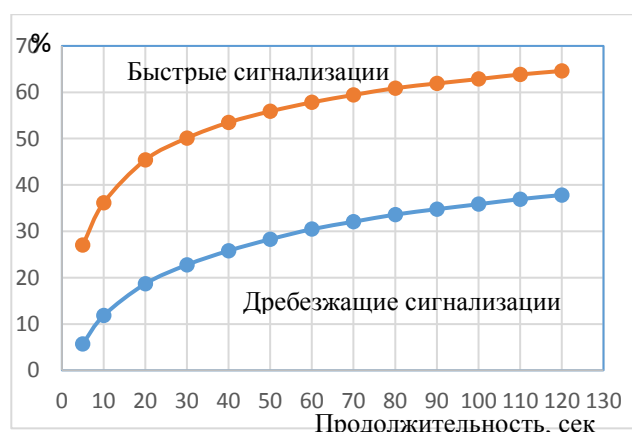
В таблице 1 приведены критерии, которые были выбраны для выявления дребезжащих и быстрых сигнализаций.

**Таблица 1 - Критерии дребезжащей и быстрой сигнализации**

**Table 1 - Criteria for chattering and fast signaling**

| № | Критерий   | Величина      |
|---|--|---------------|
| 1 | Временной интервал между срабатыванием одной и той же сигнализации | До 120 секунд |
| 2 | Минимальное количество последовательных срабатываний сигнализаций  | 3 раза        |

Анализ временных рядов показал результаты, отображенные на рисунке 1. Согласно графику, представленному на рисунке 1, количество быстрых сигнализаций увеличивается от 27% до 65% от общего количества активированных сигнализаций в зависимости от продолжительности сигнализации. При этом количество дребезжащих сигнализаций в зависимости от продолжительности составило от 6% до 39%.



**Рис. 1 – Зависимость частоты возникновения сигнализаций от продолжительности сигнализаций**

**Fig. 1 – Dependence of the frequency of alarms on the duration of alarms**

На рисунке 2 приведен пример результата корреляционного анализа. Сигнализации в таблице сортированы в соответствии со степенью корреляции, где степень корреляции  $K = 1$  – это полное дублирование сигнализации, если  $K < 0$  – отрицательная корреляция и если  $K > 0$  – положительная корреляция. Ясно, что возрастание  $K$  свидетельствует об увеличении корреляции сигнализаций.

По итогам анализа журнала событий было выявлено 559 сигнализаций, которые можно отнести к дублированным, при этом частота возникновения сигнализаций составила 22456 раз за рассматриваемый период.

|            | СИГ-ЦИЯ 1 | СИГ-ЦИЯ 2 | СИГ-ЦИЯ 3 | СИГ-ЦИЯ 4 | СИГ-ЦИЯ 5 | СИГ-ЦИЯ 6 | СИГ-ЦИЯ 7 | СИГ-ЦИЯ 8 | СИГ-ЦИЯ 9 | СИГ-ЦИЯ 10 | СИГ-ЦИЯ 11 | СИГ-ЦИЯ 12 | СИГ-ЦИЯ 13 | СИГ-ЦИЯ 14 | СИГ-ЦИЯ 15 | СИГ-ЦИЯ 16 | СИГ-ЦИЯ 17 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| СИГ-ЦИЯ 1  | 1         | -0        | 0         | 0.73      | -0        | -0        | 0.81      | -0        | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.03       | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 2  | -0        | 1         | 0.01      | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 3  | 0         | 0.01      | 1         | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 0.9        | 0.9        | 0.9        | 0.91       | 0.91       | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 4  | 0.73      | -0        | 0         | 1         | -0        | -0.96     | -0        | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.01       | 0.01       | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 5  | -0        | -0        | -0        | -0        | 1         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 6  | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 1         | -0        | 0.98      | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 7  | 0.81      | -0        | 0         | 0.96      | 0         | -0        | 1         | -0        | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0.02       | 0.02       | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 8  | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 0.98      | -0        | 1         | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 9  | -0        | -0        | -0        | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | 1         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 10 | -0        | -0        | 0.9       | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 1          | 1          | 1          | 0.97       | 0.97       | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 11 | -0        | -0        | 0.9       | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 1          | 1          | 1          | 0.97       | 0.97       | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 12 | -0        | -0        | 0.9       | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 1          | 1          | 1          | 0.97       | 0.97       | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 13 | -0        | -0        | 0.91      | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 0.97       | 0.97       | 0.97       | 1          | 1          | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 14 | -0        | -0        | 0.91      | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0        | 0.97       | 0.97       | 0.97       | 1          | 1          | -0         | -0         | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 15 | 0.03      | -0        | -0        | 0.01      | -0        | -0        | 0.02      | -0        | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | 1          | 1          | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 16 | 0.03      | -0        | -0        | 0.01      | -0        | -0        | 0.02      | -0        | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | 1          | 1          | -0         |
| СИГ-ЦИЯ 17 | -0        | -0        | -0        | -0        | 0         | -0        | -0        | -0        | -0        | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | -0         | 1          |

**Рис. 2 – Пример корреляционного анализа сигнализаций**

**Fig. 2 – Example of correlation analysis of alarms**

### Закключение

Проведенный анализ позволяет сделать ключевой вывод: без решения фундаментальной проблемы избыточности и низкого качества аварийной сигнализации дальнейшее развитие АСУ ТП будет неэффективным.

Современные тренды, такие как переход к распределенным киберфизическим системам и внедрение интеллектуальных агентов, требуют чистого, структурированного и релевантного информационного потока. Неконтролируемый рост сигнализаций создает среду, в которой невозможно развернуть и эксплуатировать перспективные технологии в их полной мере.

Важным и перспективным направлением развития видится применение строгих математических моделей технологических процессов, методов искусственного интеллекта и нейронных сетей для разумной минимизации избыточной сигнализации и выявления новых, скрытых причинно-следственных связей. Использование таких инструментов позволит перейти от статического управления сигнализациями к динамическим, адаптивным и прогностическим системам поддержки оператора.

Таким образом, работа по рационализации сигнализации является неотъемлемым и первоочередным этапом на пути цифровой трансформации промышленности, необходимым условием для создания надежных, эффективных и действительно автоматизированных систем управления будущего.

### Литература

1. Jiandong Wanga, Tongwen Chen, An online method to remove chattering and repeating alarms based on alarm durations and intervals. Computers & Chemical Engineering, Vol.67 (2014) P. 43-52.
2. Leonardo Pedroso, Pedro Batista, W.P.M.H. (Maurice) Heemels. Distributed design of ultra large-scale control systems: Progress, Challenges and Prospects. Annual Reviews in Control, Vol 59, 2025.
3. Iman Izadi, Sirish L. Shah, David S. Shook, An Introduction to Alarm Analysis and Design, Proceedings of the 7th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes Barcelona, Spain, 2009

4. NeilBrown, Alarm Management / The EEMUA Guidelines in Practice, Measurement+Control Vol 36, 2003
5. GOST R MEK 62682-2019, ALARM SYSTEMS FOR THE MANUFACTURING INDUSTRY, 2019.
6. ANSI/ISA-18.2-2009, Management of Alarm Systems for the Process Industries, 2009
7. Bill R. Hollifield, Eddie Habibi. Alarm Management: A Comprehensive Guide. International Society of Automation, 2011
8. Ross Guy, Best practice management of industrial process control alarm floods/ Best practice management of industrial process control alarm floods, 2013. Vinicius Barroso Soares, Jose Carlos Pinto, Mauricio Bezerrade Souza Jr., Alarm management practices in natural gas processing plants. Control Engineering Practice, Vol 55 (2016), p.185–196
10. Kabir Ahmed, Iman Izadi, Tongwen Chen, David Joe, and Tim Burton, Similarity Analysis of Industrial Alarm Flood Data, IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, VOL. 10, NO. 2, 2013

### References

1. Jiandong Wanga, Tongwen Chen, An online method to remove chattering and repeating alarms based on alarm durations and intervals. Computers & Chemical Engineering, Vol.67 (2014) P. 43-52.
2. Leonardo Pedroso, Pedro Batista, W.P.M.H. (Maurice) Heemels. Distributed design of ultra large-scale control

- systems: Progress, Challenges and Prospects. Annual Reviews in Control, Vol 59, 2025.
3. Iman Izadi, Sirish L. Shah, David S. Shook, An Introduction to Alarm Analysis and Design, Proceedings of the 7th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes Barcelona, Spain, 2009
4. NeilBrown, Alarm Management / The EEMUA Guidelines in Practice, Measurement+Control Vol 36, 2003
5. GOST R MEK 62682-2019, ALARM SYSTEMS FOR THE MANUFACTURING INDUSTRY, 2019.
6. ANSI/ISA-18.2-2009, Management of Alarm Systems for the Process Industries, 2009
7. Bill R. Hollifield, Eddie Habibi. Alarm Management: A Comprehensive Guide. International Society of Automation, 2011
8. Ross Guy, Best practice management of industrial process control alarm floods/ Best practice management of industrial process control alarm floods, 2013
9. Vinicius Barroso Soares, Jose Carlos Pinto, Mauricio Bezerrade Souza Jr., Alarm management practices in natural gas processing plants. Control Engineering Practice, Vol 55 (2016), p.185–196
10. Kabir Ahmed, Iman Izadi, Tongwen Chen, David Joe, and Tim Burton, Similarity Analysis of Industrial Alarm Flood Data, IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, VOL. 10, NO. 2, 2013

© **Д. С. Аминов** – аспирант каф. Системотехники, Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия, dinar-aminov@yandex.ru; **Н. Н. Зиятдинов** – д-р техн. наук, профессор каф. Системотехники, КНИТУ, nnziat@yandex.ru; **Д. А. Рыжов** – канд. техн. наук, доцент каф. Системотехники, КНИТУ, ryzhov.denis@inbox.ru; **А. А. Рыжова** – канд. техн. наук, доцент каф. Систем автоматизации и управления технологическими процессами, КНИТУ, alinagainullina0@yandex.ru.

© **D. S. Aminov** – PhD-student, Department of Process System Engineering (PSE), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, dinar-aminov@yandex.ru; **N. N. Ziyatdinov** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor of the PSE department, KNRTU, nnziat@yandex.ru; **D. A. Ryzhov** – PhD (Technical Sci.), Associate professor, the PSE department, KNRTU, ryzhov.denis@inbox.ru; **A. A. Ryzhova** – PhD (Technical Sci.), Associate professor, Department of Automation Systems and Process Control, KNRTU, alinagainullina0@yandex.ru

Дата поступления рукописи в редакцию – 20.11.25.

Дата принятия рукописи в печать – 05.12.25