



ПАЗ-Чек: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНЖИНИРИНГА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Д.В. Агафонов, В.М. Дозорцев, А.Ю. Новичков, В.П. Погорелов
(ООО «Центр цифровых технологий» МФТИ)

Описывается комплексное решение по инжинирингу систем противоаварийной защиты, реализующее функции мониторинга и диагностики срабатываний, тестирования конфигурации, оценки текущего и анализа исторического уровня промышленного риска, связанного с предаварийной защитой, оценки готовности процессов и оборудования к сложным технологическим процедурам и поддержки их проведения.

Ключевые слова: системы противоаварийной защиты (ПАЗ-системы), распределенные системы управления, аварийные события, исполнительные механизмы (ИМ), первопричины и первоисточники срабатываний ИМ, Software-in-the-Loop (SIL), промышленные риски, модель причинно-следственных связей.

Введение

Системы противоаварийной защиты (ПАЗ) первоначально важны для обеспечения безопасности технологических установок, поскольку в случае потенциальной опасности должны обеспечить остановку технологического процесса (ТП), чтобы предотвратить возникновение аварийных событий (АС). Остановка ТП реализуется ПАЗ-системой посредством запорной арматуры, которая таким образом является "конечным элементом" любой системы промышленной безопасности.

Анализ статистики аварийных инцидентов заставляет оперирующие промышленные компании следить за работой ПАЗ-систем и инвестировать средства в различные методы мониторинга и диагностики, позволяющие получить представление о текущей работоспособности систем и оценить уровень безопасности производства. В случае вновь строящихся или модернизируемых объектов проектирование и развертывание таких средств относительно просты. Соответствующая инфраструктура для тестирования (кабели, питание, программное обеспечение распределенных систем управления (PCY)) может быть определена заранее и включена в проект. Однако для существующих объектов такая инфраструктура часто недоступна: интеллектуальные позиционеры, интеллектуальные клапаны или сложные on-line системы их мониторинга требуют значительных затрат, трудно обосновываемых в рамках операционных бюджетов предприятий.

Производственникам остается искать другие, не столь затратные инструменты инжиниринга ПАЗ-систем. Согласно [1, п. 227], АСУТП на базе средств вычислительной техники должна обеспечивать «регистрацию срабатывания и контроль за работоспособным состоянием средств ПАЗ», но в реальности

PCY предоставляют довольно скромные возможности в этом плане [2, 3]. На мировом рынке предлагаются современные IoT-решения по удаленной диагностике, включающие полевые устройства, устанавливаемые на клапанах и передающие данные, которые анализируются в облаке специальными диагностическими приложениями [4]. Однако их применение (особенно на отечественных предприятиях) ограничено необходимостью как дополнительного оборудования, так и облачной инфраструктуры. Кроме того, функциональность предлагаемых решений (в том числе от PCY-вендеров) существенно уже потребностей практиков, которые среди прочего предполагают

- автоматическую проверку корректности работы ПАЗ-систем на соответствие проектной документации;
- анализ истории срабатывания ПАЗ-систем и развития аварийной ситуации, приведшей к срабатыванию;
- поддержку решений по поиску первоисточников и первопричин срабатывания;
- анализ времени перехода исполнительных механизмов (ИМ) в безопасное состояние и автоматическое выявление проблемных ИМ;
- анализ нахождения управляемого технологического объекта в опасной зоне;
- тестирование работы клапанов в реальном времени в условиях симулированной аварийной ситуации.

В настоящей работе описывается отечественная разработка ПАЗ-Чек, реализующая указанную выше функциональность, и обсуждаются практические аспекты ее реализации.

Архитектура и функциональные подсистемы ПАЗ-Чек

Архитектура системы представлена на рис. 1 и включает модельную, вычислительную и коммуникативную части. Показаны также источники данных и нормативной информации о работе объекта и ПАЗ-системы.

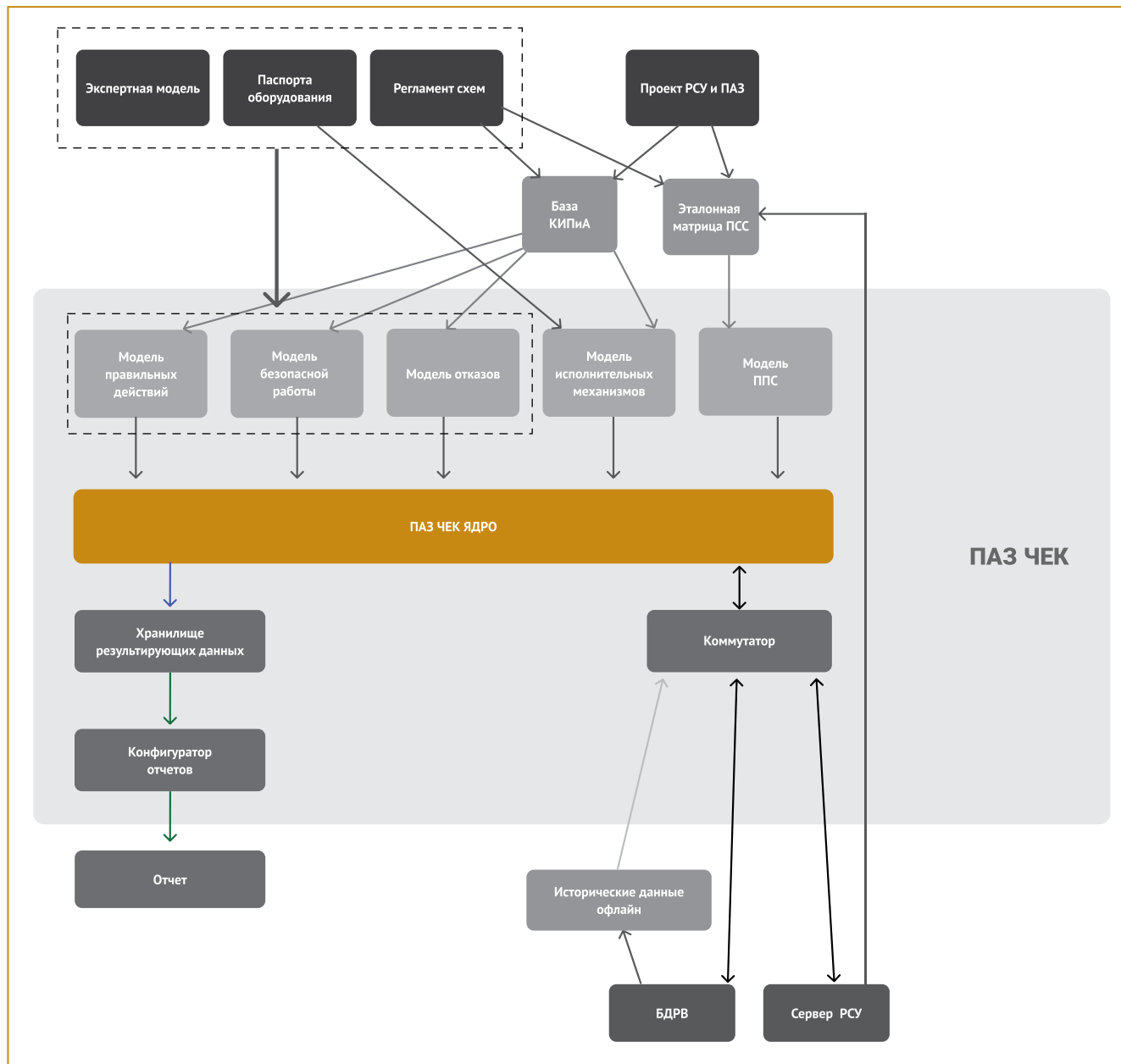


Рис. 1. Архитектура системы ПАЗ-Чек

Общая характеристика системы

ПАЗ-Чек представляет собой клиент-серверное решение на основе Web-технологий с возможностью просмотра отчетов на любом пользовательском рабочем месте. В систему могут быть загружены исторические данные из реальной системы управления для анализа развития аварийных ситуаций, определения первопричины, первоисточника и проверки корректности срабатываний ПАЗ-системы. Для автоматической проверки сконфигурированной логики ПАЗ используются математические модели исполнительных механизмов. При анализе истории и определения первоисточников срабатывания ПАЗ-системы используются упрощенные имитационные модели технологических процессов.

ПАЗ-Чек Диагност является off-line модулем. Для его работы используется информация, полученная

путем выгрузки исторических данных либо из базы данных реального времени (БДРВ), либо из исторического модуля АСУТП.

Два модуля системы (ПАЗ-Чек Помощник и ПАЗ-Чек Безопасность) работают в режиме реального времени и получают информацию из РСУ по ОРС-протоколу. При этом реализуется только односторонняя связь: ПАЗ-Чек не передает никакой информации в систему управления объектом.

Подсистема ПАЗ-Чек Тест служит для проверки новой или модернизированной логики ПАЗ и имитирует развитие аварийной ситуации на реальной конфигурации системы управления по принципу Software-In-The-Loop (SIL) [5]. Анализ проводится в условном on-line режиме путем сравнения с эталонной матрицей причинно-следственных связей

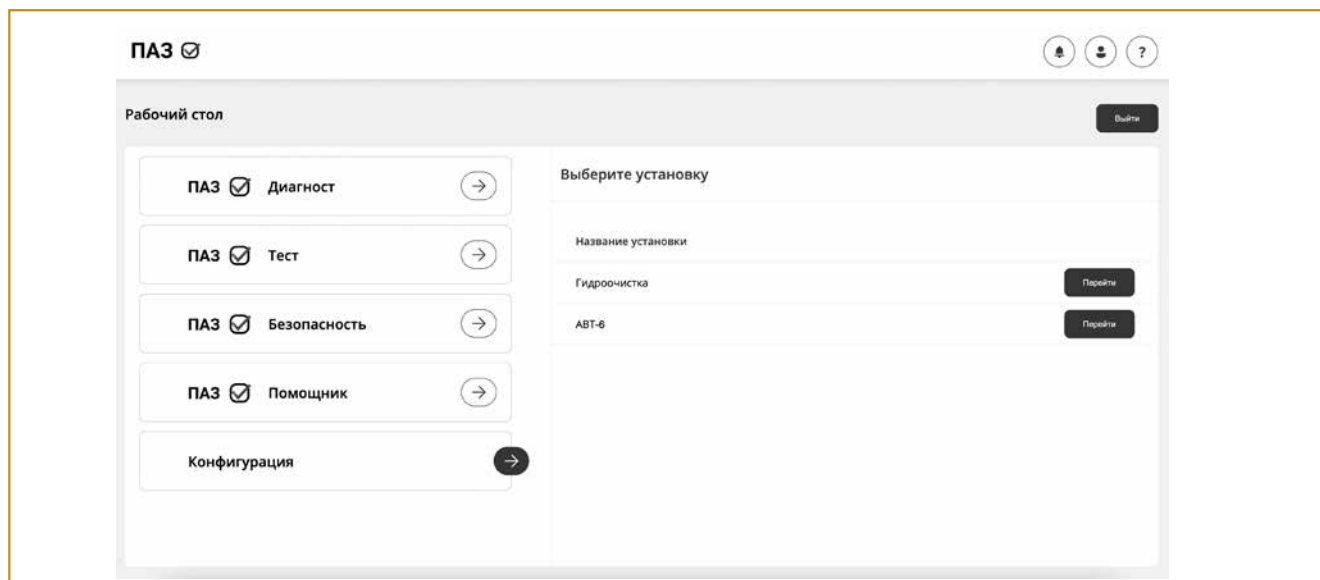


Рис. 2. ПА3-Чек: выбор установки и функционального модуля

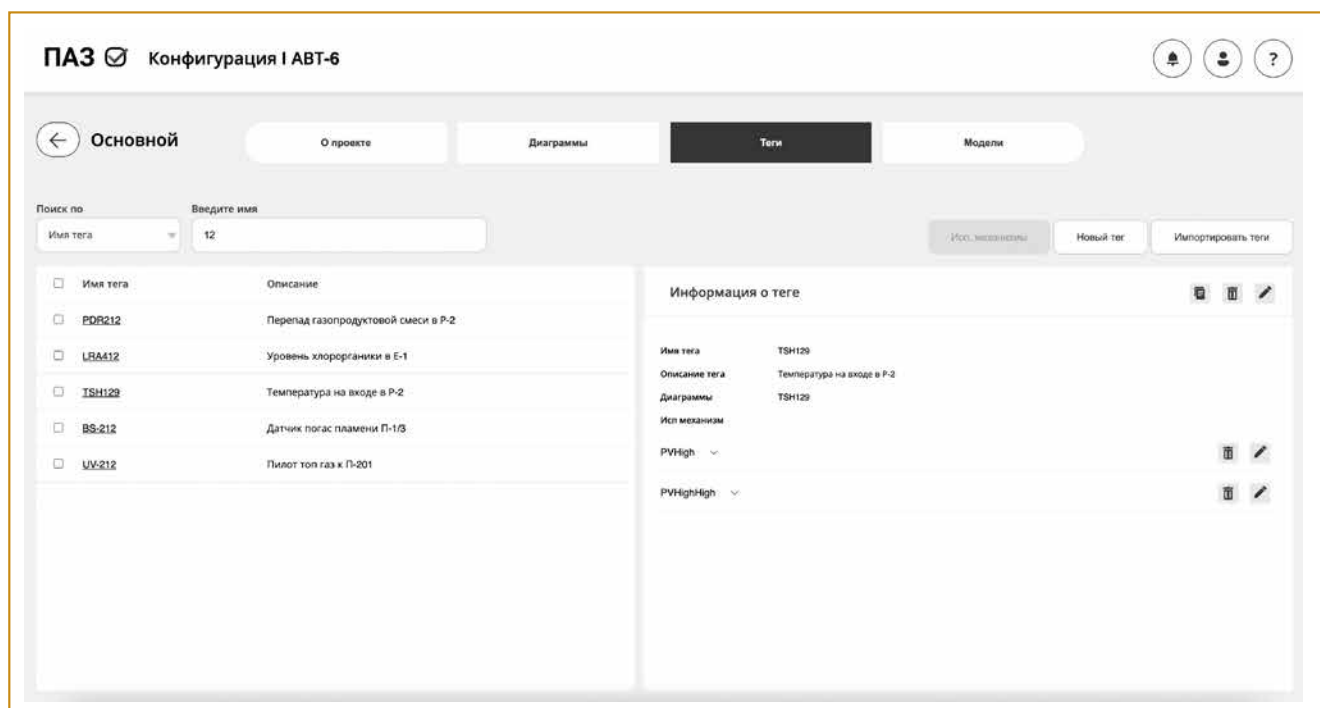


Рис. 3. ПА3-Чек: редактирование параметров тегов

в темпе работы объекта и ПА3-системы, но без связи с реальной установкой.

Система снабжена фабрикой отчетов, рассчитанных на широкий круг пользователей, вовлечённых в эксплуатацию и поддержку ПА3-системы.

На рис. 2, 3 представлены кадры конфигурирования и настройки ПА3-Чек, в ходе которых импортируется база тегов из действующего проекта РСУ/ПА3, добавляются новые теги, редактируются их параметры и описания.

Подсистема ПА3-Чек Диагност

Этот off-line модуль работает с историческими данными, выгруженными из БДРВ или из историчес-

кого модуля системы управления технологическим объектом. Модуль никак не связан с функционированием объекта в реальном времени.

Основная цель модуля – проверка корректности срабатывания ПА3-системы на основе сравнения исторических данных с эталонной моделью причинно-следственных связей, заложенной в систему. На рис. 4 показан отчет о срабатывании системы – об остановах ротационного оборудования, открытия и закрытия клапанов. По строкам таблицы – причины срабатывания (нарушения заданных границ различными технологическими параметрами), по столбцам – отработки ИМ (остановы, открытия и закрытия).

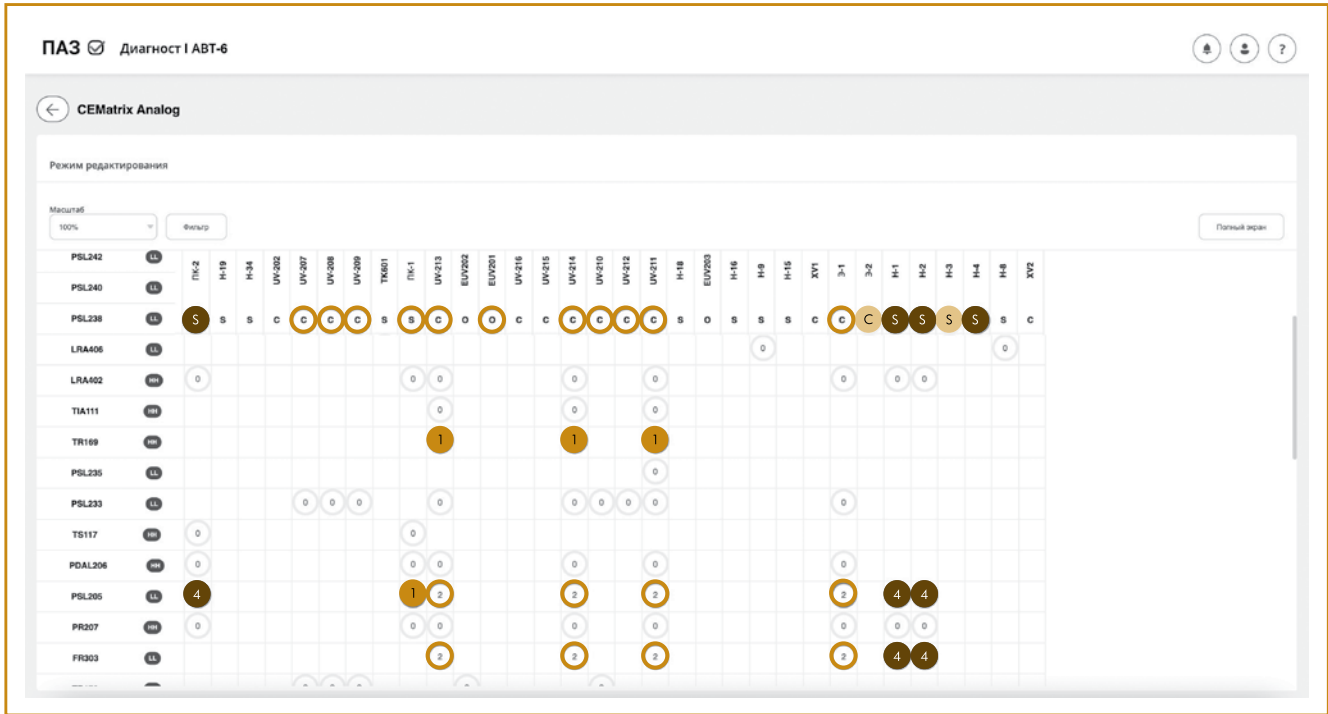


Рис. 4. ПАЗ-Чек Диагност: анализ срабатывания ПАЗ-системы

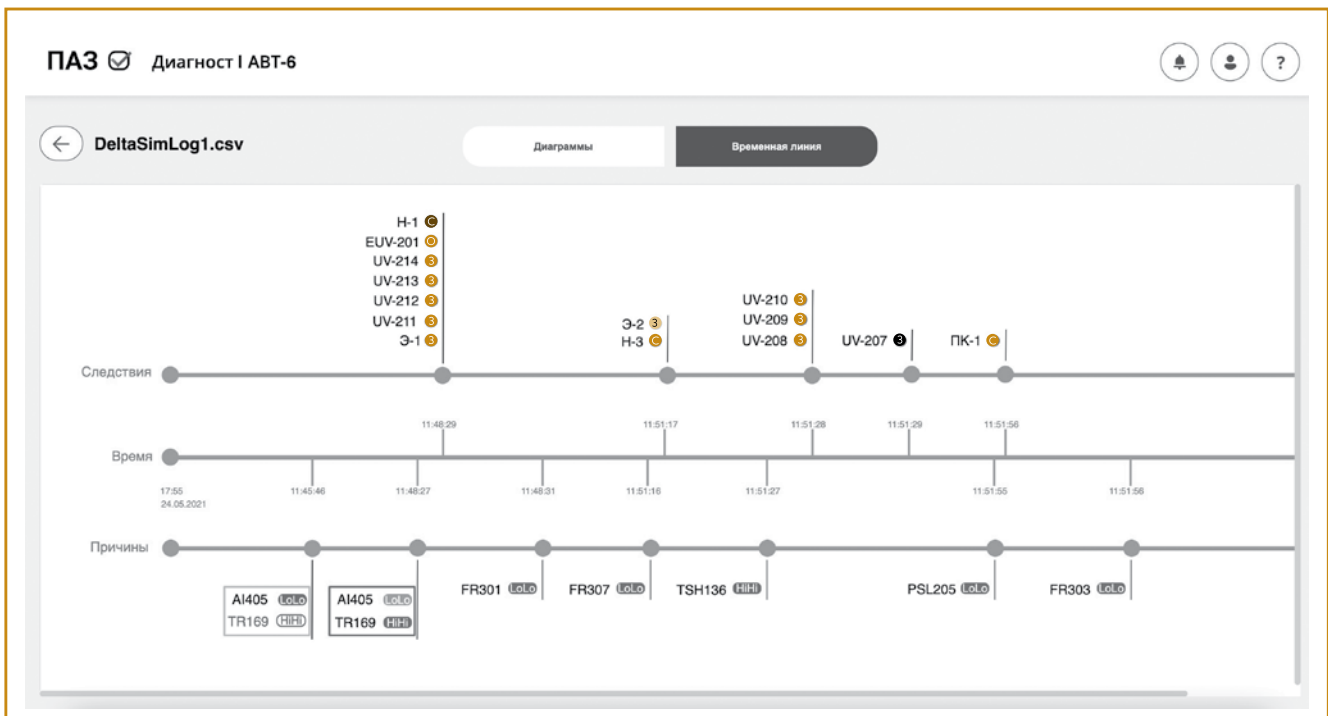


Рис. 5. ПАЗ-Чек Диагност: временная линия развития событий

Цветом выделены характеристики срабатывания: красный (темно-коричневый) – ИМ должен был сработать, но не сработал; желтый (светло-коричневый) – сработал с запаздыванием; зеленый (коричневый) – сработал корректно; без выделения – не должен был

сработать и не сработал¹. При этом, если иконка полностью залита цветом, то это первое срабатывание ИМ от данной причины; если же иконка только обведена зеленой линией, то на момент появления причины ИМ уже находился в указанном положении

¹ Теоретически возможно и несанкционированное срабатывание ИМ (не вызванное ПАЗ-системой), например, из-за вмешательства человека-оператора. Такое событие также отражается в отчете по срабатыванию, для чего используется синий (черный) цвет.

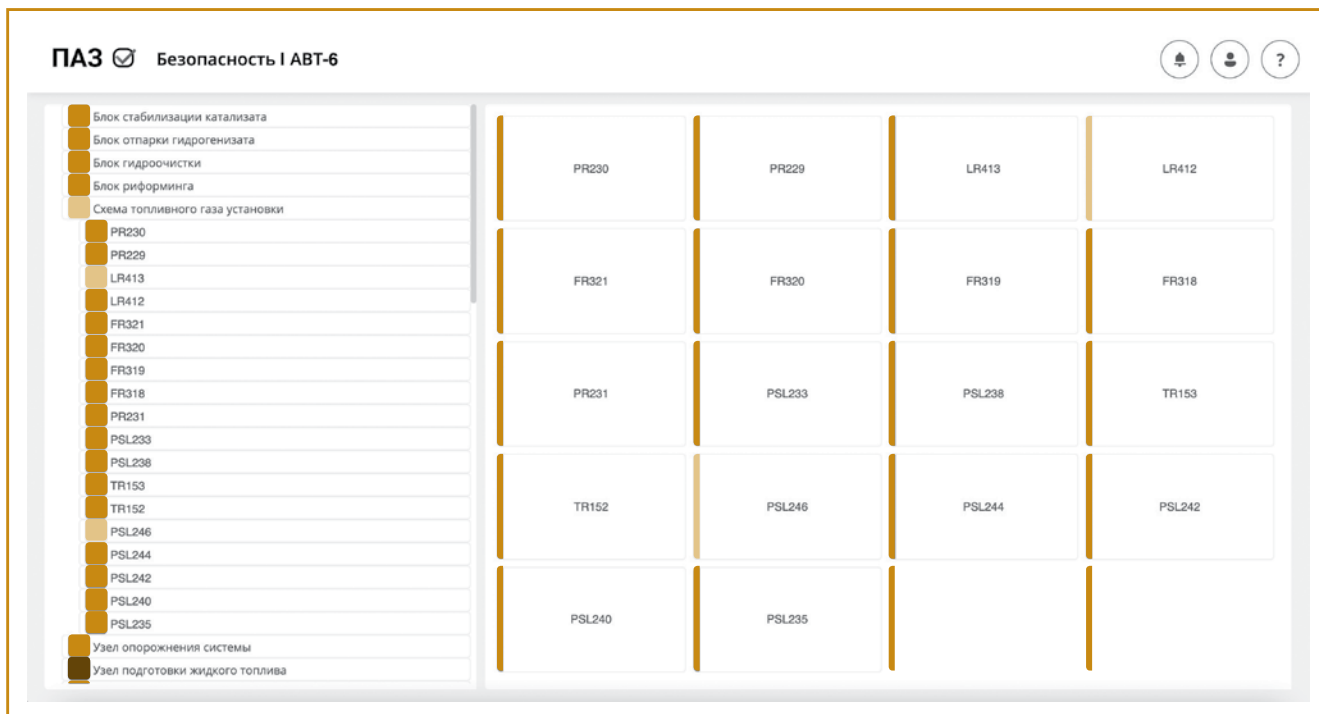


Рис. 6. ПАЗ-Чек Безопасность: тепловая карта установки с детализацией по блокам и технологическим позициям

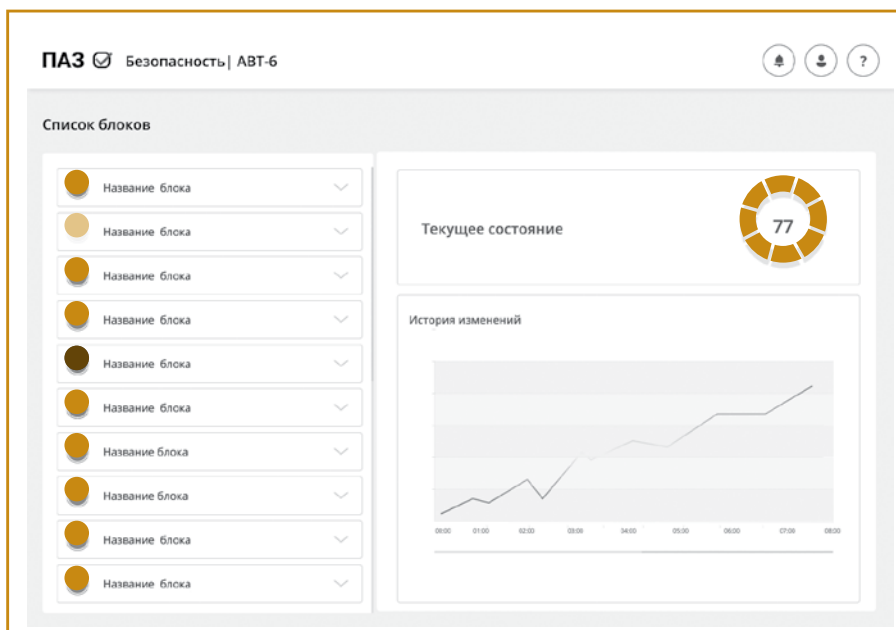


Рис. 7. ПАЗ-Чек Безопасность: обобщенная оценка безопасности установки

На рис. 5 показаны (снизу вверх) причины, то есть реализовавшиеся условия срабатывания (в жирной рамке); историческое время; следствия (собственно срабатывания ИМ). При этом используется та же семантика цветов, что и в отчете по срабатыванию на рис. 4.

В отличие от первопричины первоисточник аварийного события можно трактовать как исходную технологическую причину возникновения аварийного события. Это может быть, например, прогар змеевика, вызвавший в итоге превышение пороговых значений температуры печи. Первоисточник определяется с помощью модели отказов, основанной на взаимосвязи технологических параметров объекта.

ПАЗ-Чек Тест

Проверка логики ПАЗ — одна из важнейших функций инжиниринга ПАЗ-систем. Современные алгоритмы аварийной защиты слишком сложны, чтобы их можно было надежно проверить «аналитически»: срабатывания зависят от развития динамической ситуации на объекте, а ошибки вносятся в логику на всех стадиях ее реализации — от разработки алгоритма до конфигурирования ПАЗ-контроллера, причем отловить их достаточно трудно. Наличие имитационной (например, тренажерной) модели ТП позволяет существенно продвинуться в решении задачи [6, 7], но гарантии полной

(закрыт или остановлен). Специалист, работающий с системой, должен, прежде всего, обратить внимание на несработавшие или сработавшие с запаздыванием исполнительные механизмы.

ПАЗ-Чек Диагност позволяет также определить первопричину срабатывания на основе автоматически выстраиваемой временной линии развития аварийной ситуации (рис. 5), прослеживающей возникновение событий и дающей возможность детектировать появление сигнала, вызвавшего неминуемое срабатывание.

проверки все равно не дает, поскольку всякая имитационная модель обладает собственной погрешностью. В то же время ошибки на стадии перенесения логики в реальный ПАЗ-контроллер таким путем не могут быть выявлены.

Модуль ПАЗ-Чек Тест служит для проверки в условном on-line режиме новой (вводящейся в эксплуатацию) или обновленной (после существенной модернизации) логики ПАЗ. Модуль работает с реальной АСУТП, в которой уже сконфигурирована система ПАЗ.

Вначале на основе причинно-следственных диаграмм установка разбивается на блоки с учетом возможной сложной конфигурации логики, когда, например, имеются две работающие попеременно технологические ветки, причем неработающая ветка должна быть деблокирована. На основе тех же диаграмм и конфигурации исполнительных механизмов определяются границы «нормального» состояния для каждого блока.

Затем проводится последовательное тестирование блоков. Каждый блок переводится в «нормальное» состояние путем задания соответствующих значений аналоговых и дискретных датчиков; при этом ни одна из блокировок еще не сработала. Далее последовательно реализуются аварийные события по всем нужным датчикам с учетом конфигурации сложных причин и путем установки на них значений, выходящих за аварийные границы. Все срабатывания ПАЗ-системы сравниваются с эталонной матрицей причинно-следственных связей, а результаты сравнения сохраняются в отчетах. На основании этих отчетов специалист АСУТП детально проверяет проблемные места в тестируемой конфигурации логики ПАЗ в контроллере.

Принцип работы описываемой подсистемы аналогичен работе модуля Диагност, только, в соответствии с технологией Software-In-The-Loop [5], причины срабатывания искусственно воссоздаются в имеющейся конфигурации ПАЗ-системы. Важно, что это именно реальная конфигурация системы и, таким образом, исключаются возможные ошибки, вызванные расхождением конфигурации, загруженной в ПАЗ-контроллер, и автономной конфигурации, которую легче проверять в «лабораторном» режиме.

ПАЗ-Чек Безопасность

Этот модуль предназначен для on-line оценки степени безопасности текущего состояния ТП в зоне ответственности ПАЗ-систем. Такая оценка является необходимой предпосылкой эффективного управления рисками, обеспечивая визуализацию опасных участков производства (от установки и технологического блока до отдельной технологической позиции), структуризацию информации по состоянию безопасности и ранжирование рисков. В подсистеме ПАЗ-Чек Безопасность оценка рисков реализуется в форме тепловых карт, визуализирующих общую картину и дающих целостный взгляд на безопасность производства [8].

Никогда не знаешь, что хорошо, что плохо. Так, стенография возникла из дурного почерка, теория надежности - из поломок и отказов машин.

К. Прутков-инженер

Такой современный подход повышает внимание специалистов и руководства предприятия к определению так называемого «риск-аппетита» (уровня допустимого риска) [9] и способствует реализации согласованных действий по управлению рисками.

Пример тепловой карты на уровне установки приведен на рис. 6, где цветом обозначены следующие уровни безопасности: зеленый (коричневый) (безопасность 100%) – связанные с выделенным участком ключи блокировок не деблокированы, значение параметров находятся внутри и достаточно далеко от границ срабатывания, скорость движения к границам относительно невысокая; красный (темно-коричневый) (безопасность 0%) – критическое нарушение указанных условий; желтый (светло-коричневый) (безопасность между 0 и 100%) – в зависимости от тяжести нарушения условий (оценка безопасности рассчитывается по специальному правилу, учитывающему тяжесть нарушения условий).

Уровни безопасности отдельных позиций агрегируются на технологические блоки и установку в целом. На рис. 7 представлена результирующая тепловая карта по установке, использующая ту же семантику цветов и содержащая график изменения уровня безопасности во времени и его обобщенную оценку.

ПАЗ-Чек Помощник

Этот модуль в on-line режиме визуализирует срабатывание ПАЗ-системы при возникновении первоисточника и в этой части работает аналогично подсистеме Диагност, которая функционирует off-line, то есть по уже реализовавшемуся срабатыванию.

Также визуализируется готовность технологического процесса и/или оборудования к проведению важных технологических действий. При этом автоматически создается чек-лист для подготовки к запуску/останову сложного ротационного оборудования или для проведения сложных составных операций (холодная или горячая циркуляция, регенерация катализатора и т.п.).

Модуль используется также как советчик по правильному выполнению сложных технологических процедур на основе модели правильных технологических действий. Примеры таких процедур – розжиг печи или перевод установки на другой режим работы; как правило, они разбиты на отдельные этапы и операции. Модель правильных технологических действий содержит перечень этапов процедуры, условий их завершения и начала следующих,

а также условий, которые приводят к нарушению штатного выполнения процедуры и требуют возврата к ее началу.

ПАЗ-Чек Помощник, получая on-line данные, определяет факт завершения текущего этапа и возможность приступить к следующему. Если этого не происходит, модуль показывает, какие условия необходимо еще выполнить, чтобы текущий этап считался завершенным. Таким образом, Помощник последовательно «проводит» оператора через все необходимые этапы выполняемой технологической процедуры.

Выводы

Система ПАЗ-Чек представляет собой первое комплексное решение разнообразных задач инжиниринга ПАЗ-систем. Подсистема Диагност использует данные БДРВ или исторического модуля АСУТП для post factum проверки корректности срабатывания ПАЗ. Подсистема Тест проверяет сконфигурированную логику ПАЗ в режиме имитации аварийной ситуации. Модуль Безопасность в режиме реального времени по ОРС-протоколу получает из РСУ информацию для оценки и визуализации текущего состояния и истории безопасности установки (включая блоки и отдельные технологические позиции). Модуль Помощник также в режиме реального времени оценивает готовность процессов и оборудования к сложным технологическим операциям и используется как советчик оператора в их проведении.

Система снабжена развитой фабрикой отчетов, ориентированных на различных пользователей, и встраивается в регламенты эксплуатации и обслуживания ПАЗ-систем на предприятиях.

Описанная система инжиниринга противоаварийной защиты находится на уровне готовности TRL 7 (Демонстрация прототипа в условиях эксплуатации) [10] и близка к практическому внедрению на крупнейшем предприятии отечественного нефтяного комплекса.

Агафонов Дмитрий Витальевич – генеральный директор, Дозорцев Виктор Михайлович – д-р техн. наук, директор по развитию бизнеса, Алексей Юрьевич Новичков – консультант, Валерий Петрович Погорелов – ведущий инженер ООО "Центр цифровых технологий" МФТИ (ГУ). Контактный телефон +7(495)727-31-50. E-mail: info@mipt-cdt.ru

«Почта России» обрабатывает письма за корпоративных клиентов с помощью ABBYY FlexiCapture

«Почта России», федеральный почтовый и логистический оператор, запустила новый сервис для бизнеса по автоматической обработке входящей корреспонденции с помощью интеллектуальных технологий ABBYY. Услугу уже тестируют несколько крупных заказчиков из государственных организаций, медицинской и строительной отраслей.

Сервис «Почты России» позволит заказчикам в несколько раз снизить финансовые и временные затраты на курьерскую доставку, маршрутизацию, обработку, хранение и утилизацию документов, в том числе в условиях удаленной работы. Бумажные письма поступают в центры оцифровки «Почты». Сотрудники вскрывают конверты, наклеивают на письма штрих-коды и сканируют

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств". 2020. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/573200380?marker=65201M>
2. Gupta, M. S. Honeywell Provides a More Flexible and Scalable Safety Platform? 22.06.2018. – URL: <https://www.arcweb.com/blog/honeywell-provides-more-flexible-scalable-safety-platform>
3. Delta V SIS™ Process Safety System, 2017. – URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/brochure-deltav-sis-system-overview-deltav-sis-en-56616.pdf>
4. Myers, J. Monitoring Valve Health through IIoT, Sep 25, 2020. – URL: <https://imtex-controls.com/monitoring-valve-health-through-iiot/>
5. Chen X. et al. Simulation for control performance validation – a case study // Asia simulation conference, 2008. Pp. 499–503.
6. Дозорцев В.М. Современные компьютерные тренажеры для обучения операторов ТП: состояние и направления ближайшего развития // Автоматизация в промышленности. 2007. № 7. С. 30-36.
7. Дозорцев В.М., Агафонов Д.В., Назин В.А., Новичков А.Ю., Фролов А.И. Компьютерный тренинг операторов: непреходящая актуальность, новые возможности, человеческий фактор // Автоматизация в промышленности. 2015. № 7. С. 8-20.
8. How to communicate risks using a heat map / American Institute of Certified Public Accountants, Inc., 2012. – URL: <https://web.actuaries.ie/sites/default/files/erm-resources/communicate-risks-using-heat-map.pdf>
9. Hassani B. Risk Appetite in Practice: Vulgaris Mathematica (October 12, 2015) // The IUP Journal of Financial Risk Management, 2015. Vol. XII, No. 1, pp. 7-22. – URL: <https://ssrn.com/abstract=2672757>
10. Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В. Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // Экономика науки. 2018, Т. 4. № 1. С. 47-57.

документы. Платформа ABBYY FlexiCapture автоматически распознает текст письма и прилагаемых документов, извлекает ключевые поля для заполнения регистрационной карточки. Оцифрованная версия письма в формате pdf и регистрационная карточка поступают заказчику в личный кабинет или систему электронного документооборота, что избавляет его от необходимости отправлять курьеров за корреспонденцией в офисы «Почты России». Передача сведений в электронном виде занимает не более 1 мин.

Для защиты коммерческой и конфиденциальной информации «Почта России» предварительно подписывает с клиентами соглашение о неразглашении данных (NDA).

[Http://www.abbyy.com](http://www.abbyy.com)