

Чинакал В.О.

Об одном подходе к повышению производственно-технологической безопасности управления сложными промышленными объектами

Аннотация: Рассматривается подход к повышению безопасности и эффективности управления сложным распределенным промышленным объектом (СРПО) с использованием возможностей дополнительной интеллектуальной обработки оперативных и прогнозных данных о возможных изменениях ключевых технологических параметров (КТП) процессов и данных контроля состояния технологического оборудования (СТО). Предложена концепция модифицированного варианта системы усовершенствованного мониторинга AMS+ (AMS+ - Advanced Monitoring System Plus), разработаны основные требования и структура AMS+, реализующей оперативный мониторинг СРПО из класса непрерывных производств с использованием методов ситуационного анализа и предиктивной диагностики возможных изменений КТП и СТО.

Ключевые слова: безопасность управления, распределенный промышленный объект, непрерывное производство, ключевые технологические параметры, AMS

Введение

Развитие методов автоматизированного и автоматического контроля и управления в рамках концепции «Индустрия 4.0» является одним из перспективных направлений в повышении эффективности и безопасности управления сложными распределенными промышленными объектами (СРПО) в классе непрерывных производств. При управлении такими объектами необходимо обеспечивать решение ряда проблем, связанных со специфическими условиями и особенностями эксплуатации СРПО, а также высокими требованиями по производственно-

технологической, экологической, информационной и другим видам безопасности [1, 2].

Одной из таких актуальных проблем является необходимость существенного совершенствования систем оперативного мониторинга большого числа производственных процессов, ключевых технологических параметров (КТП) установок, а также постоянного контроля и диагностики состояния многочисленного технологического оборудования (СТО) и аппаратно-программных средств (АПС), используемых в системах контроля и управления в АСУТП.

В последние годы ведущие в мире фирмы в области автоматизации производства стали вкладывать значительные средства в разработку и создание новых перспективных систем усовершенствованного управления технологическими процессами – APC (Advanced Process Control) и улучшенного мониторинга – AMS (Advanced Monitoring System). При этом применяются современные информационные технологии, позволяющие создавать крупные интегрированные системы, использовать на различных платформах промышленный интернет вещей (IIoT), анализ Big Data, облачные и туманные вычисления, машинное обучение, методы и средства искусственного интеллекта, прогнозирования и другие технологии [1, 3-5].

Применение таких систем для крупномасштабных непрерывных и непрерывно-дискретных технологических производств (нефтепереработка, нефтехимия, энергетика и др.) позволяет получать значительный экономический эффект. Наибольший вклад в общий эффект достигается за счет:

- использования интегрированных систем улучшенного контроля и управления установками AMS&APC [4, 5], обеспечивающих стабилизацию и оптимизацию основных КТП (снижение излишних запасов по качеству продуктов), раннее обнаружение скрытых изменений технологических параметров КТП и СТО [5], снижение эксплуатационных затрат и др.;

- онлайн-диагностики аппаратно-программных средств АСУТП и основных параметров типового технологического оборудования (СТО) с применением различных технологий [1], включая облачные технологии для СТО [6, 7].

В то же время следует отметить, что разработка и внедрение в промышленность таких систем все еще требует проведения достаточно объемных и затратных работ. Работы при создании систем связаны с обследованием объектов, сбором статистики, построением моделей и моделированием, проектированием, привязкой проекта к объекту, внедрением в эксплуатацию. На этапе эксплуатации систем обычно требуется выполнять дополнительные работы по адаптации моделей, структуры, интерфейса и т.д. в связи с различными обстоятельствами (сменой сырья, продукции, технологий, аппаратуры, требований и т.п.). Для проведения этих работ необходимы высококвалифицированные специалисты, которых как обычно не хватает, и эффективность применения таких систем может значительно понизиться.

Кроме того, в крупных СРПО использование и модернизация АМС и/или АРС осуществляется, как правило, в составе отдельных АСУТП, что иногда может приводить к различным оценкам одних и тех же КТП в разных АСУТП. Статистика в каждой АСУТП часто пишется вся подряд, и нужно вручную выделять квазистационарные интервалы (по типам сырья, режимам, требованиям по выпуску продукции и т.д.). Также необходимо оценивать возможное влияние управления и различных нарушений на зафиксированные результаты измерений (сбои в линиях связи, ошибки лабораторного контроля или поточных измерений, частичные нарушения в работе датчиков и исполнительных и т.п.). В связи с этим программное обеспечение (ПО) АМС большинства фирм ориентировано на поддержку высококвалифицированного пользователя в режиме off-line обработки архивированных производственных данных. С учетом необходимости использования результатов мониторинга для оперативного управления, анализ и прогноз изменений КТП также должен быть on-line, чтобы иметь для управления более точные оценки КТП в реальном времени.

Для получения оценок СТО обычно используется типовые наборы сведений [6, 7], включающих паспортные данные оборудования, регламенты проверок, профилактики, капремонта, общее фактическое время работы и от последней профилактики, число ремонтов, диагностические карты, результаты онлайн-диагностики и т.п. Для выявления off-line предаварийных ситуаций, определения общего текущего уровня СТО, настройки и

планирования профилактических и ремонтных работ технологического оборудования этого вполне достаточно. Однако для оперативного анализа с помощью AMS возможных причин аномальных отклонений КТП и СТО из-за нарушений в реальном времени в работе АПС АСУТП (датчики, фильтры, исполнительные устройства, сети передачи данных и т.п.) этого недостаточно.

Необходимо дополнительно использовать методы автоматизации ситуационного анализа в реальном времени расширенной совокупности имеющихся данных [3], выяснить и устранить причины аномалий и затем определить корректирующее управление.

В данной работе рассматривается подход к разработке модифицированного варианта AMS+ с расширенными функциональными возможностями для автоматического получения в режиме «online» оценок текущих и прогнозных значений КТП и СТО, используемых при оперативном управлении СРПО.

Основная идея подхода состоит в циклическом использовании методов оперативной классификации текущих и прогнозируемых производственных ситуаций, и эволюционного выбора в различных ситуациях методов, моделей и динамической настройки параметров алгоритмов идентификации, адаптации и оперативной оценки текущих статистических характеристик КТП и СТО контролируемых и регулируемых технологических потоков. Для уточнения параметров КТП и СТО используется взвешенный прогноз значений оценок каждого параметра по различным альтернативным адаптивным моделям, известные методы и средства контроля и ранней диагностики аномальных нарушений в работе технологического оборудования [6, 7], дополненные анализом возможных скрытых изменений параметров потоков и технологических характеристик объекта [5].

Рассмотрим информационные связи AMS+, структуру и основные задачи, решаемые в системе.

Информационные связи AMS+

Основные информационные связи системы AMS+ с объектом и другими подсистемами представлены на рисунке 1.

Система AMS+ (блок 1) является внешней по отношению АСУТП (блок 2), получает исходную информацию от общей базы

данных измерений (блок 7) и передает оценки КТП и СТО в АСУТП, а также другим пользователям.

В АСУТП поступают данные от системы оперативно-диспетчерского управления (MES – блок 5) о плановых заданиях по выпуску продукции и доступным ресурсам по сырью. Эти и другие данные от АСУТП поступают в AMS+, где используются при оценке текущей и прогнозируемых ситуаций. Система противоаварийной защиты (ПАЗ - блок 3) в АСУТП обычно получает информацию по независимым каналам, а также дополнительно использует оценки КТП, СТО и оценки критических и предаварийных ситуаций из блока 1.

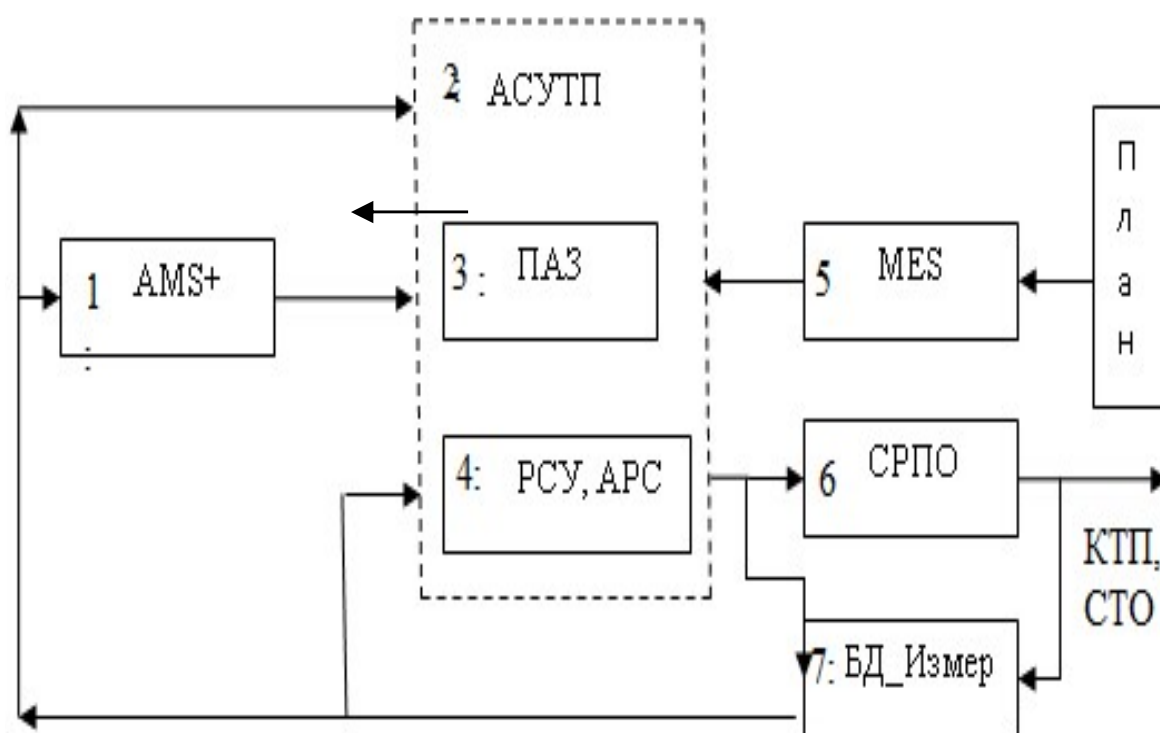


Рисунок 1 – Информационные связи AMS+ с основными подсистемами АСУТП и объекта

2. Структура и основные задачи, решаемые AMS+

Структура, основные функции и задачи, решаемые в AMS+ представлены на укрупненной структурно-функциональной схеме на рисунке 2.

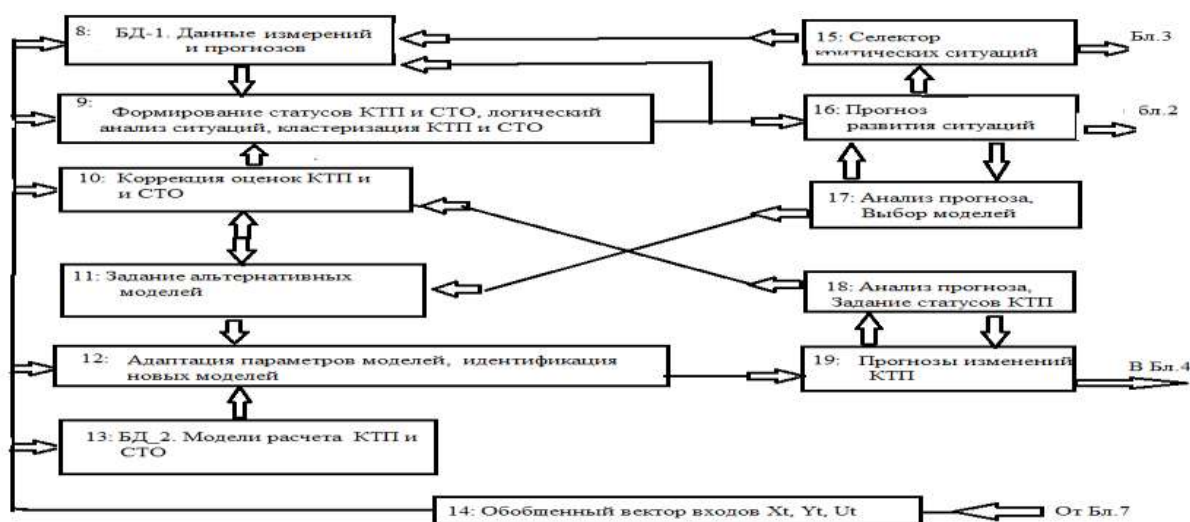


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема AMS+

Для удобства ссылок на информационные связи AMS+ на рисунке 1 нумерация блоков продолжена на рисунке 2 с привязкой соответствующих входов и выходов AMS+ к другим блокам.

В основе подхода к построению AMS+ лежит применение эволюционных методов, реализуемых в двух постоянно взаимодействующих автоматических подсистемах («А» и «В»). К подсистеме «А» относятся блоки: 8-10, 15-17, к подсистеме «В» - блоки: 11-13 и 18-19. В блоке 14 формируется для каждого интервала времени мониторинга t обобщенный вектор входов AMS+, состоящий из векторов текущего состояния объекта X_t , измеренных и вычисленных выходов объекта Y_t (качественные и количественные показатели потоков) и текущего управления U_t .

Подсистемы «А» и «В» циклически обрабатывают в реальном времени общую входную информацию из блока 14, а также информацию, накопленную в процессе функционирования AMS+ в базах данных БД-1 (блок 8) и БД-2 блок 11), данных, решая свои задачи и корректируя работу с учетом анализа результатов в каждой из подсистем.

Подсистема «А» классифицирует текущую ситуацию на объекте (блок 9), формируя статусы КТП и СТО на основе скорректированных предыдущих оценок (блок 10), выполняя логический анализ текущего и прогнозируемого развития ситуаций (блоки 16, 17) для технологического оборудования и АПС в каждом сеансе мониторинга, выделяя критические ситуации (блок 15), отправляемые в блок 3 и вырабатывает рекомендации по поиску

новых моделей для определения КТП и СТО для подсистемы «В» (блок 17).

Подсистема «В» в зависимости от ситуации (блоки 16,17) и имеющейся входной и накопленной информации (блок 13) формирует наборы из альтернативных моделей (блок 11), выполняет текущую адаптацию параметров рекомендуемых альтернативных моделей, идентифицирует новые модели (блок 12) определяет текущие и прогнозируемые значения оценок КТП и СТО (блок 19), выполняет анализ изменений КТП и СТО (блок 18), передавая их в блок 4 АСУТП и в подсистему «А» (блок 18).

Работа подсистем циклически повторяется, классифицируя и анализируя в реальном времени текущую и прогнозируемую ситуации, выполняя оперативную обработку имеющихся измерений и прогнозируемых возможных изменений КТП, СТО и АПС с учетом имеющихся ресурсов и плановых заданий. Алгоритмы реализации отдельных рассмотренных задач рассматривались ранее в [3-7].

Литература:

1. *Ицкович Э.Л.* Перспективная автоматизация агрегатов предприятий технологических отраслей. – М.: Горячая линия–Телеком, 2018. – 544 с.

2. *Чинакал В.О.* Проблемы проектирования подсистем оперативного оценивания состояния сложных промышленных объектов / Материалы 15-ой международной конференции САД/САМ/ PDM – 2015 «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта». – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 71-73.

3. *Чинакал В.О.* Применение интеллектуальных средств в системе мониторинга распределенного промышленного объекта / Материалы пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD'2011. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 386-389.

4. *Чинакал В.О.* Создание систем усовершенствованного мониторинга и управления для повышения эффективности и безопасности управления сложными промышленными объектами / Материалы XXIX Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем ПУБСС-2021 (Москва, 15 декабря 2021 г.). – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 493-499.

5. Чинакал В.О. Повышение безопасности управления сложными объектами в условиях скрытых изменений параметров технологических процессов / Материалы XXIX Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем ПУБСС-2021 (Москва, 15 декабря 2021 г.). – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 390-395.

6. Онлайн-диагностика машинного оборудования. – URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-csi-6500-chassis-options-deltav-ru-ru-38896.pdf> (дата обращения 30.10.2022).

7. Соколов Д.А., Соловьев С.Ю. Контроль и мониторинг промышленного оборудования с использованием платформы MindShere компании Siemens // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2018. – №4(76). – С. 17-22.

DOI: 10.25728/iccss.2022.18.11.044

**Лепешкин О.М., Остроумов М.А., Остроумов О.А.,
Кулаков В.В.**

Подход к обеспечению выполнения функций и задач в сложной технической системе

Аннотация: Процесс функционирования сложной технической системы определяется набором задач и функций, которые она и ее элементы выполняют. При этом нарушение его выполнения может привести к тяжелым последствиям. В работе предлагается подход к обеспечению выполнения функций и задач в системе, основанный на управлении задачами и функциями, а также использовании ресурсов системы для их выполнения.

Ключевые слова: устойчивость функционирования, сложная техническая система, функции, задачи, критичность

Сложность современных технических систем определяется, в первую очередь, количеством элементов системы и связей между ними. Увеличение количества элементов и их совершенствование, как правило, приводит к появлению у системы новых возможностей,