

*А.В. Толстых (АО «Нефтегазавтоматика»),
Бернер Л.И., А.В. Заграничный, А.С. Хадеев, (АО «АтлантикТрансгазСистема»)*

Системы экологической безопасности и контроля состояния окружающей среды

Рассматриваются вопросы разработки и внедрения систем автоматического контроля выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду (АСКВ) и автоматизированных систем экологического мониторинга состояния окружающей среды (АСЭМ), разработанных в партнерстве АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика» на базе программно-технических комплексов СТН-3000-Р и СПУРТ-Р.

Ключевые слова: система автоматического контроля выбросов и сбросов вредных веществ, окружающая среда, система экологического мониторинга, экологическая безопасность.

Введение

Защита и безопасность окружающей среды, декарбонизация мировой экономики, вновь принимаемые законы и общественное мнение формируют новую экологическую повестку, которой должны следовать промышленные предприятия. Особенно экологические аспекты чувствительны для предприятий с производственными процессами, предполагающими выбросы в атмосферу или слив в водоемы каких-либо отходов. Решение задач минимизации вредного воздействия на окружающую среду осуществляется по двум основным направлениям:

- совершенствование производственных процессов, применение более «чистых» технологий и/или совершенствование методов очистки отходов производства;
- осуществление постоянного мониторинга производимых выбросов в окружающую среду и экологической обстановке в районах расположения потенциальных источников загрязнения.

Рассмотрим вопросы решения второй задачи с учетом актуальных требований законодательства.

Решения, представленные в статье, разработаны совместно Центром нефтегазовых технологий корпорации «РОСТЕХ» АО «Нефтегазавтоматика и АО «АтлантикТрансгазСистема» (АО «АТГС»), обладающими многолетним практическим опытом создания и эксплуатации систем непрерывного контроля и управления за распределенными технологическими объектами и разработкой решений по автоматическому контролю экологической безопасности опасных производственных объектов. Это системы автоматического контроля выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду (АСКВ) и автоматизированные системы экологического мониторинга (АСЭМ), разрабатываемые на основе программно-технических комплексов СПУРТ-Р, СТН-3000-Р и набора специализированных датчиков и устройств «низовой автоматики» производства различных компаний-партнеров.

Законодательство в области экологии

Требования к контролю экологических показателей работы предприятия определены рядом законодательных актов РФ, который существенно обновлен и расширен в последние годы. Прежде всего, это № 7-ФЗ от 10.01.02 «Об охране окружающей среды» (в редакции от 09.03.2021, учитывающей дополнения № 219-ФЗ от 21.07.14 и № 252-ФЗ от 29.07.18).

Согласно законодательству, контроль и учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу должен производиться для каждого действующего, реконструируемого, строящегося или проектируемого предприятия или другого объекта, имеющего стационарные источники загрязнения атмосферы. Промышленными объектами - источниками выброса загрязняющих веществ от оборудования являются, прежде всего:

- производство нефтепродуктов;
- производство электрической энергии, газа и пара;
- металлургическое производство;
- производство неметаллической минеральной продукции;
- производство органических химических веществ, полимеров, химических синтетических волокон и нитей на основе целлюлозы, синтетического каучука, синтетических красителей, поверхностно-активных веществ;
- производство неорганических химических веществ и химических продуктов;
- осуществление деятельности по обезвреживанию отходов;
- производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона.

Постановлением Правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» определено, какие из оказывающих негативное воздействие на окружающую среду предприятий (объектов) относятся к I, II, III и IV категориям. К наиболее опасным с точки зрения экологии относятся объекты I категории (ОНВОС Iк). Распоряжением Правительства РФ от 13.03.2019 г. № 428-р определено, что на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду I категории, стационарные источники выбросов должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов загрязняющих веществ. При этом создаваемые автоматизированные системы контроля выбросов (АСКВ) должны удовлетворять требованиям Постановления Правительства РФ от 13.03.2019 г. № 262 «Об утверждении правил создания и эксплуатации систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ» и Постановление Правительства РФ от 13.03.2019 № 263. Кроме того, Приказ Минприроды России от 18.04.2018 г. № 154 определяет 300 наиболее опасных предприятий (ОНВОС Iк), вклад

которых в суммарные выбросы/сбросы по стране составляет не менее 60 % и которые к концу 2022 г. должны получить комплексные экологические разрешения по оснащению источников выбросов АСКВ. Оснащение данных предприятий системами контроля выбросов до 2026 г. предусмотрено Национальным проектом «Экология» (инициатива Проекта «Чистый воздух».)

Автоматические и автоматизированные системы, разрабатываемые для решения задач экологического мониторинга, должны соответствовать перечисленным законодательным актам и руководящим документам. Основной упор, согласно Национальной программе, должен делаться на оснащение ими предприятий, отнесенных к I категории опасности (ОНВОС Iк).

АСКВ и АСЭМ – цели, задачи и функции

Целями создания АСКВ и АСЭМ являются обеспечение экологического контроля в местности расположения экологически вредного производства, получение достоверной информации о количестве загрязняющих веществ, автоматизация процесса сбора, обработки, хранения, отображения информации и передача ключевых показателей в автоматизированные системы органов государственного экологического мониторинга и контроля.

Основными задачами при этом можно считать (с учетом законодательных требований):

- осуществление государственного технологического надзора, в том числе контроль за выполнением условий, предусмотренных комплексными экологическими разрешениями;
- передача в государственные органы информации о показателях выбросов/сбросов;
- оптимизация (сокращение) выбросов за счет модернизации технологических процессов и применения современных методов и средств очистки выбросов газа и сточных вод.

АСКВ и АСЭМ в целом выполняют взаимосвязанные задачи для достижения единой цели – обеспечения экологической безопасности. Различия между АСКВ и АСЭМ заключаются в контролируемых объектах и их показателях. АСКВ контролирует стационарные источники выбросов и сбросов, то есть первопричину попадания в атмосферный воздух, на почву или в водоемы загрязняющих вещества.

Функциональность АСКВ:

- 1) измерение мгновенных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водоемы в заданных контрольных точках выбросов /сбросов;
- 2) прием измеренных мгновенных и интегральных значений выбросов от других источников;
- 3) расчет мгновенных и интегральных значений выбросов и сбросов от технологических установок и по предприятию;
- 4) отображение информации на мониторах АРМ эколога;
- 5) ведение архивов, построение трендов, отчетов;
- 6) предоставление данных по выбросам в систему управления предприятия;
- 7) передача данных по выбросам в контрольные органы.

Табл. 1. Вариант контролируемых показателей выбросов

1	Взвешенные вещества	3 кг/ч
2	Серы диоксид	30 кг/ч
3	Оксиды азота (сумма азота оксида и азота диоксида)	30 кг/ч
4	Углерода оксид как показатель полноты сгорания топлива	5 кг/ч
5	Углерода оксид во всех остальных случаях	100 кг/ч
6	Фтористый водород	0,3 кг/ч

Перечень основных показателей зависит от характера производства (табл. 1).

АСЭМ фактически контролирует результаты воздействия источников вредных выбросов на экологию в границах заданной территории – предприятия, жилого поселка,

города, и т.д. АСЭМ замеряет содержание вредных веществ в воздухе жилой и промышленной зон или в водоемах, что в силу целого ряда факторов не всегда непосредственно связано с интенсивностью и содержанием выбросов/сбросов, так как важное (и порою принципиальное) значение для экологической обстановки играют рельеф местности, роза ветров и другие факторы. АСЭМ обеспечивает предоставление достоверной и своевременной информации о текущей экологической обстановке на объекте и в зоне его влияния, а также прогноза ее развития лицу, принимающему ответственные решения по снижению техногенной нагрузки на окружающую среду, риска возникновения нештатной и аварийной ситуации на опасных производственных объектах и, как следствие, повышению уровня здоровья населения и качества окружающей среды в зоне нахождения объекта.

Функциональность АСЭМ:

- 1) непрерывное измерение содержание вредных веществ в атмосферном воздухе в заданных точках контроля.
- 2) измерение содержание вредных веществ в атмосферном воздухе и водоемах с заданной периодичностью с помощью передвижных лабораторных комплексов (средств измерений);
- 3) измерение (ввод) метеоданных;
- 4) прогнозирование изменения содержания вредных веществ в атмосфере, в том в связи с изменениями метеоусловий и т.д.;
- 5) отображение информации на мониторах АРМ эколога;

- 6) ведение архивов, построение трендов, отчетов;
- 7) выдача предупредительных и аварийных сигналов в аварийных ситуациях, связанных с экологической обстановкой в зоне контроля, для принятия мер по устранению источника загрязнения и при необходимости предупреждения и эвакуации населения;
- 8) предоставление данных по выбросам в систему управления предприятия;
- 9) передача данных по выбросам в государственные и контрольные органы.

Перечень параметров, контролируемых АСЭМ, также определяется характером экологической опасности, то есть имеющимися опасными производствами и их выбросами/сбросами. В целом определение номенклатуры контролируемых показателей является важной методической задачей, решаемой с учетом законодательных требований, характера производства и других факторов на этапе проектирования.

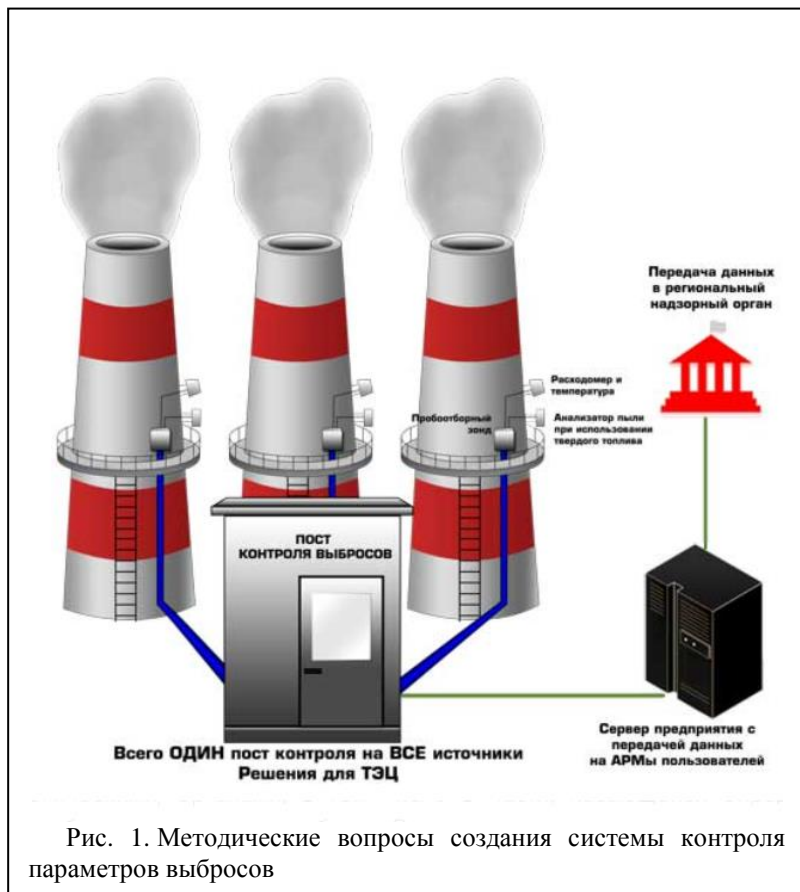


Рис. 1. Методические вопросы создания системы контроля параметров выбросов

АСКВ технически представляет собою территориально-распределенную многоуровневую систему, география охвата которой соответствует расположению контролируемых источников выбросов и сбросов (рис. 2).

Построение АСКВ и АСЭМ

Разработка и внедрение АСКВ и АСЭМ являются сложными методическими и инженерно-техническими задачами, которые решаются в тесной кооперации Центром нефтегазовых технологий государственной корпорации «РОСТЕХ» АО «Нефтегазавтоматика» и разработчиком программно-технических комплексов для создания сложных территориально-распределенных систем АО «АТГС».

АО «Нефтегазавтоматика» разработаны основные принципы построения систем¹. Сформированы основные функции АСКВ и АСЭМ, структура систем, состав приборно-технических и программных средств, используемые методы и алгоритмы.

Структура на рис. 1 поясняет общий принцип построения системы. Рассмотрим системотехнические и инженерные вопросы создания АСКВ и АСЭМ, использующих указанные методические разработки и учитывающих требования современного законодательства.

АСКВ – контроль источников загрязнения

¹ Патент на изобретение № 2657085 «Автоматизированная система контроля параметров выбросов технологических установок»;

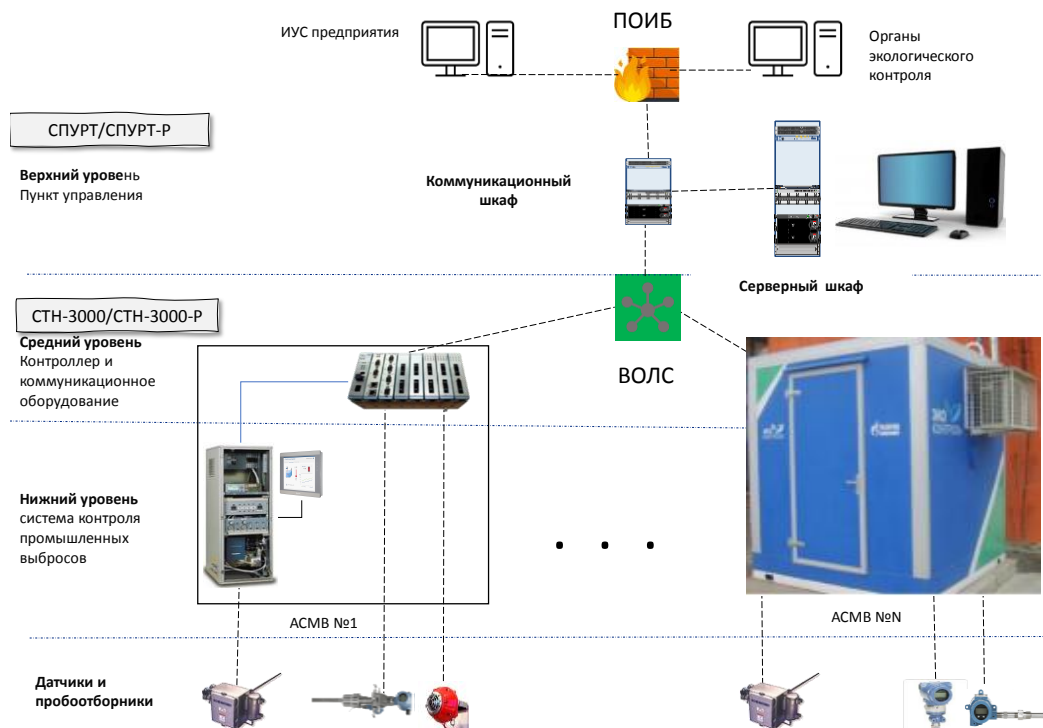


Рис.2. Структурная схема АСКВ (вариант реализации).

В системе выделено три уровня, исходя из решаемых задач и применяемых программно-технических средств.

1) Нижний уровень включает датчики и пробоотборники, размещаемые непосредственно на источниках выбросов и рядом с источниками сброса в водоемы. К нижнему уровню также относятся (в рассматриваемом варианте) газоанализаторы и другие приборы, которые устанавливаются в блок-боксах (шельтерах).

2) Средний уровень – ПЛК, осуществляющие взаимодействие с оборудованием нижнего уровня и производящие обработку информации на месте, для снижения нагрузки на вышестоящий уровень управления и коммуникационную системы и для повышения производительности АСКВ в целом.

3) Верхний уровень представляет собою компьютерную системы для консолидации данных, поступающих от ПЛК, их обработки и представления специалисту-оператору. Кроме того, верхний уровень реализует необходимые информационные обмены, прежде всего, передавая информацию в контролирующие органы и в систему управления предприятием (при её наличии).

Табл. 2. Вариант подбора средств автоматического контроля

№	Показатели выбросов	Средств автоматического контроля
1	Концентрации загрязняющих веществ отходящих газов	Стационарные многоканальные автоматические газоанализаторы с принудительным отбором проб, оптические пылемеры, спектрометры аэрозольей
2	Объемный расход отходящих газов	Автоматические измерительные системы скорости потока, объемного расхода
3	Температура и давление отходящих газов	Поточные датчики температуры и давления
4	Содержание кислорода и влажность отходящих газов	Автоматизированные измерительные системы концентрации кислорода, паров воды

Для реализации нижнего уровня используются специализированные приборы различных производителей в зависимости от целого ряда факторов – особенностей производства, предпочтений заказчика, требований к импортозамещению и др. (табл. 2).

Для реализации верхнего и среднего уровней применяются современные программно-технические средства, а также скоростные и надежные линии связи:

1) резервируемые технические средства на базе современных серверов, компьютеров и коммуникационного оборудования;

2) сертифицированные средства измерения, сбора, обработки, хранения, отображения, текущих и валовых вредных выбросов на базе SCADA продуктов;

3) новые программные продукты и алгоритмы вычисления параметров загрязнения, сравнения их с нормативными требованиями;

4) программные продукты, реализующие запатентованные методы контрольной, предупредительной и аварийной сигнализации вредных выбросов.

Вариант комплекса технических средств АСКВ представлен на рис. 3.

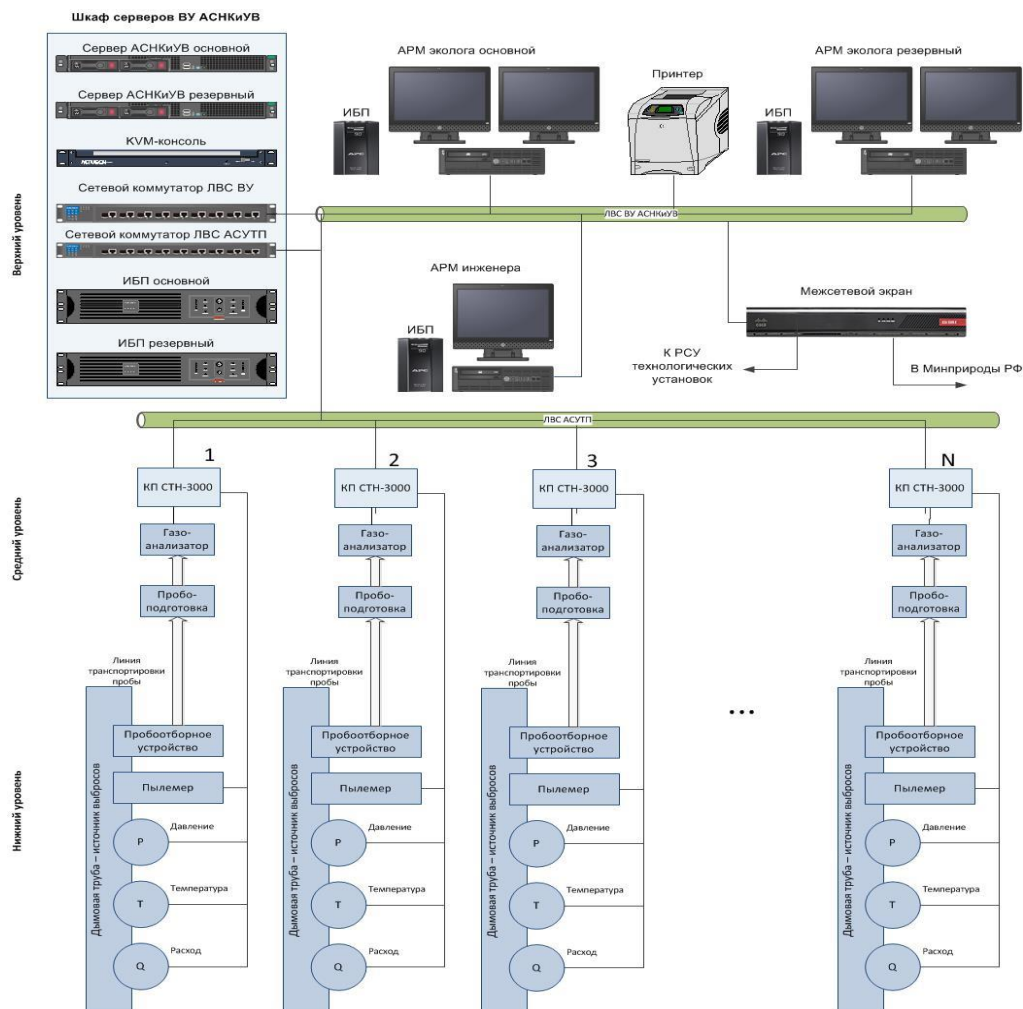


Рис. 3. Структурная схема комплекса технических средств АСКВ.

Кроме того, желательно использование программных продуктов, реализующих алгоритмы прогнозирования вредных/токсичных загрязнений на основе текущих измерений и архивных данных и расчета корректирующих воздействий на технологические установки.

Исходя из приведенных требований, при создании автоматизированных систем для реализации третьего (верхнего) и второго уровней АО «АТГС» применяются следующие современные комплексы [1,2]:

- 1) СТН-3000/СТН-3000-Р (модификация ПТК полностью на российских компонентах) — система телемеханики, в которую входит полный набор программно-технических средств для автоматизации территориально-распределенных технологических объектов;
- 2) СПУРТ/СПУРТ-Р (модификация ПТК полностью на российских компонентах) — программно-техническая платформа для создания АСУТП и ИУС диспетчерских пунктов.

Комплексы обладают высокой производительностью, гибкостью в настройке, расширяемостью, надежностью в эксплуатации, имеют опыт применения на предприятиях топливно-энергетического комплекса (более 2700 контролируемых пунктов и САУ на базе СТН-3000/СТН-3000-Р и порядка 200 систем на базе СПУРТ/СПУРТ-Р), необходимые для применения в промышленности сертификационные документы. Программное обеспечение комплексов включено в единый реестр российских программ и баз данных. Выбор конкретных конфигураций комплексов осуществляется на этапе проектирования в зависимости от особенностей объекта.

Вариант реализации «среднего уровня» (ПЛК и часть приборного парка в шельтере) иллюстрирует Рис. 44. Контроллеры СТН-3000-Р обладают современными эксплуатационными характеристиками, в том числе рабочим диапазоном температур $-50...70^{\circ}\text{C}$ без обогрева и охлаждения. Контроллер имеет низкое энергопотребление, широкие коммуникационные возможности, мощные средства программирования и настройки (в том числе удаленно, через коммуникационную сеть). В большинстве случаев при размещении ПЛК в одном шельтере с газоанализаторами и другими приборами требуется постоянное электропитание и отопление шельтера. Если проект предполагает установку в шкафу или блок-боксе только контроллера, можно применить решение без постоянного отопления/охлаждения, упростив решение.



Рис. 4. Пример реализации среднего уровня АСКВ. В центре – шкаф СТН-3000-Р.

АСЭМ – контроль экологической обстановки

Автоматизированная система экологического мониторинга (как и АСКВ) представляет собою географически-распределенную многоуровневую систему информационную систему, структура которой зависит от ряда факторов. Прежде всего, это площадь контролируемого района, места точек контроля и доступные линии связи. Во-вторых, это выбранные решения по мониторингу экологической ситуации: стационарные пункты контроля загазованности воздуха (ПЭК), передвижные экологические лаборатории

(ПЭЛ) или их сочетание. Современные средства автоматизации, связи и обработки информации, равно как и современные измерительные приборы позволяют создавать сложную систему из стационарных и подвижных пунктов контроля с возможностью ввода результатов лабораторных исследований, проводимых off-line по взятым пробам. Такой подход позволяет осуществлять комплексный анализ состояния не только атмосферного воздуха и



Рис. 5. Пример структуры системы экологического мониторинга

воды в водоемах, но и почв, грунтовых вод и др. Кроме того, наличие передвижных лабораторий позволяют оперативно реагировать на изменение экологической обстановки в чрезвычайных ситуациях, например, при техногенных авариях.

Передвижные экологические лаборатории выпускаются на базе популярных автомобильных марок специализированными заводами-изготовителями. Посты (пункты) контроля загазованности либо также приобретаются на специализированных заводах, либо создаются компанией интегратором на базе выбранного набора датчиков, а также контроллера и средства связи.

Вариант реализации территориально-распределенной системы экологического мониторинга со стационарными постами собственной комплектации компании-системного интегратора показывает Рис. 5. Применяется ПЛК СТН-3000-Р в необходимой комплектации, оснащенный выбранными для системы средствами связи. Посты экологического контроля, включая приборный парк, составляют нижний и средний уровни АСЭМ.

Верхний уровень реализуется на выбранной программно-технической платформе SCADA-системы, в рассматриваемом варианте – СПУРТ-Р. В дополнении к классической функциональности сбора, обработки, архивирования, отображения данных и передачи информации в соседние системы на верхнем уровне реализуется набор специальных алгоритмов для анализа экологической ситуации и прогнозирования её развития. В зависимости от требований проекта указанные вычисления могут проводиться встроенными процедурами СПУРТ-Р или путем интеграции в СПУРТ-Р специализированных программных приложений, включая системы моделирования распространения вредных веществ в атмосфере и водоемах. СПУРТ-Р также обеспечивает ввод данных лабораторных исследований, что повышает точность и достоверность анализа, моделирования и прогнозирования.

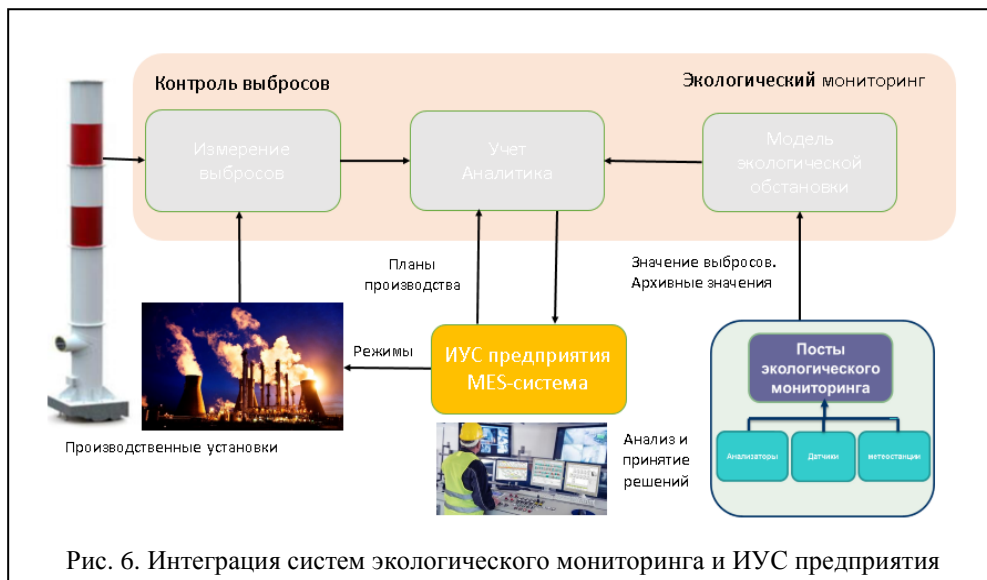


Рис. 6. Интеграция систем экологического мониторинга и ИУС предприятия

информационно-управляющей системой (ИУС) предприятия способно привести к принципиально новому результату (рис. 6).

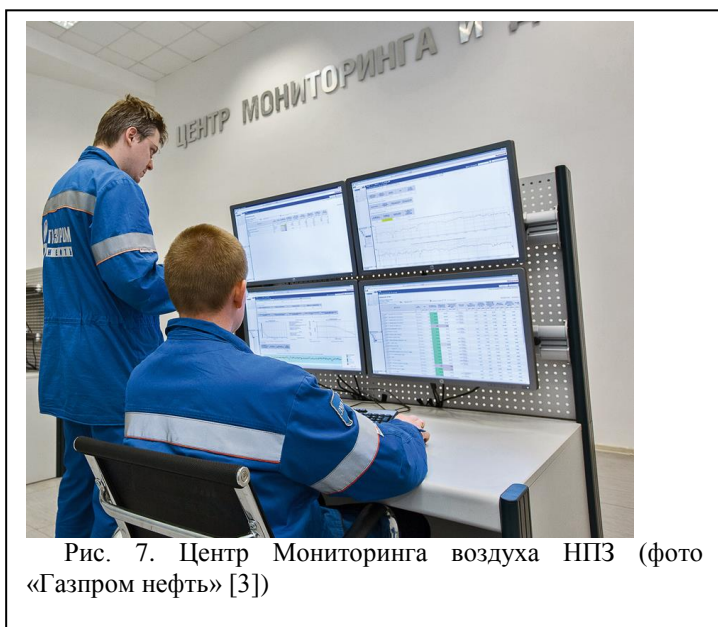


Рис. 7. Центр Мониторинга воздуха НПЗ (фото «Газпром нефть» [3])

обстановки и зная параметры выбросов каждого источника (то есть каждой установки), в большинстве случаев оператор (диспетчер, руководитель смены и другие уполномоченные лица) может получить баланс между выбранным режимом работы оборудования и благоприятной экологической обстановкой.

Интеграция АСКВ с ИУС производства для ряда отраслей имеет еще одно важное значение – учет «углеродного следа» для каждой партии продукта, то есть объема парниковых газов, выброшенных в атмосферу при производстве определенной партии продукции. В металлургии и других отраслях объем «углеродного следа» партии продукции часто играет критически важную роль при экспортных операциях, уплате пошлин и т.п.

Таким образом, интеграция различных систем экологического мониторинга с ИУС производства позволяют перейти от наблюдения и учета параметров окружающей среды к реальному сокращению выбросов и снижению негативного воздействия на природу.

Результаты внедрения АСКВ и АСЭМ

Внедрение АСКВ и АСЭМ разработки АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика» на предприятиях с объектами I категории (ОНВОС Iк) позволяет решать комплекс задач контроля и управления:

Во-первых, система отвечает всем требованиям Федерального законодательства и нормативных актов РФ к контролю экологической безопасности промышленного объекта:

- осуществляет технологический и экологический контроль, позволяющий ответственному лицу своевременно принимать превентивные меры по соблюдению нормативных требований, установленных надзорным органом к уровню выбросов по отдельным загрязняющим веществам;

Указанные принципы построения АСЭМ планируется осуществить АО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов, УР).

Интеграция АСКВ, АСЭМ и информационно-управляющей системы производства

Каждая из систем экологического мониторинга решает свою важную задачу. Однако объединение «усилий» АСКВ, АСЭМ с

- снижать техногенную нагрузку на окружающую среду в зоне нахождения ОНВОС Iк и обеспечивать сохранение здоровья работников предприятия и населения, попадающих под его экологическое влияние.

Во-вторых, путем прямых инструментальных замеров предприятие имеет реальную картину правомерности применения к нему штрафных санкций за несоблюдение нормативных требований по уровню выбросов.

В-третьих, ответственные лица, принимающие производственные решения на основе анализа экологической информации, могут потребовать принятия неотложных мер по предотвращению возможной нештатной (аварийной) экологической ситуации на уровне цехов.

В-четвертых, формируемая системами информация предоставляет ответственным лицам прогноз развития ситуации на ближайшую и дальнейшую перспективу (с учетом метеобстановки, рельефа местности, близости населенных пунктов и др.).

Полный цикл работ АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика».

При создании АСКВ и АСЭМ партнеры - АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика», - выполняют полный комплекс работ, включая:

- 1) исследовательские и проектные работы, проектную привязку объекта; разработку прикладного программного и информационного обеспечения;
- 2) разработку и производство средств автоматизации;
- 3) комплектную поставку программно-технических комплексов;
- 4) настройку систем на полигоне и проведение заводских приемо-сдаточных испытаний;
- 5) монтаж, пуско-наладку и сдачу систем «под ключ»;
- 6) обучение персонала, гарантийное и послегарантийное обслуживание систем.

В партнерстве АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика» реализовано несколько важных и ответственных проектов.

Примером комплексного решения по контролю за выбросами и сбросами вредных веществ является один из ведущих объектов энергетики РФ – Березовская ГРЭС, входящая в состав ПАО «Юнипро» и расположенная в Шарыповском районе Красноярского края. Проект по разработке и внедрению системы контроля выбросов выполнен АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика» с привлечением поставщиков СЕМС-2000 (ООО «Группа АЙ-СИ-ЭМ»).

В качестве вредных (загрязняющих) веществ взяты: взвешенные вещества азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, углерода оксид, хлористый водород, мышьяк и его соединения. Система метрологически аттестована, прошла приемочные испытания и введена в промышленную эксплуатацию в 2021 г..

Выполнены проектные работы по созданию АСКВ для филиала «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» г. Березники, предпроектные работы для АО «Рязанская НПК», ПАО «УРАЛКАЛИЙ». Ведутся предпроектные работы для АО «Новокуйбышевский НПЗ» и трех предприятий, входящих в состав ПАО АНК «Башнефть».

Заключение

Таким образом, в статье рассмотрены:

- актуальные вопросы обеспечения экологической безопасности с учетом современного законодательства РФ и мировых тенденций;

- основополагающие принципы и практические вопросы создания систем экологического мониторинга – контроля выбросов и сбросов вредных веществ АСКВ и мониторинга экологической обстановки АСЭМ на базе современных программно-технических комплексов.

Партнеры – АО «АТГС» и АО «Нефтегазавтоматика» продолжают работу по проектированию и практической реализации систем для заказчиков из списка 300 предприятий с наиболее опасными выбросами вредных веществ (предприятия ОНВОС Iк), отработывая применение новых технологий и ориентируясь в основном на программно-технические средства российского производства.

*А.В. Толстых – д.т.н., зам. ген.дир. по науке директора Центра нефтегазовых технологий
Государственной корпорации «РОСТЕХ» АО «НЕФТЕГАЗАВТОМАТИКА»*

Л.И. Бернер - д.т.н, генеральный директор АО «АтлантикТрансгазСистема»

*А.В. Заграничный - к.т.н., заведующий производственно-техническим отделом АО
«АтлантикТрансгазСистема»*

А. Хадеев - к.т.н, главный специалист сектора ППО отдела ИУС АО «АтлантикТрансгазСистема».

Список литературы

1) *Бернер Л.И., Зайнуллин И.М., Хадеев А.С.* Импортзамещение систем диспетчерского управления в газотранспортной отрасли с использованием ПТК СПУРТ-Р // Автоматизация в промышленности. 2019. № 3. с. 23-25.

2) *Роцин А.В., Тимофеев Р.Ю.* СТН-3000-Р – реализация программы импортзамещения компонентов системы телемеханики СТН-3000 производства АО «АтлантикТрансгазСистема» // Автоматизация в промышленности. 2017. №4. с. 6-8.

3) *Информационный ресурс <https://ekogradmoscow.ru/2012-11-25-08-46-00/2012-11-25-08-51-26/sistemy-avtomatizirovannogo-monitoringa-na-npz-gazprom-nefti-stali-primerom-dlya-promyshlennosti>*