ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71979— 2025

Системы автоматического контроля выбросов и сбросов

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ. ПРЕДИКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Общие положения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «УралГИС» (ООО «УралГИС») совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 сентября 2025 г. № 1073-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Рост вычислительных мощностей, снижение стоимости вычислений, доступность больших массивов данных из многочисленных источников, алгоритмы, способные достигать или превосходить по скорости и точности уровень производительности человека при выполнении конкретных задач, сделали возможным практическое применение искусственного интеллекта (ИИ), делая ИИ все более важным во многих отраслях промышленности. ИИ успешно применяется при решении экологических задач, моделировании, измерении параметров окружающей среды, в том числе и в системах автоматического контроля выбросов (САКВ) загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу. В соответствии с ГОСТ Р 71508 для измерений параметров выбросов применяются САКВ как построенные на основе автоматических измерительных систем контроля выбросов (АИС КВ), так и на основе предиктивных автоматических измерительных систем контроля выбросов (ПАИС КВ). Допускается применение гибридных систем, где в одной САКВ применяются измерительные каналы как от АИС КВ, так и от ПАИС КВ. При этом стоит отметить, что в случае применения на объекте САКВ, построенной на основе АИС КВ, при превышении выбросов ЗВ система фиксирует факт нарушения, а при применении на объекте САКВ, построенной на основе ПАИС КВ, существует возможность предотвратить ненормативные выбросы за счет уведомления оператора технологических процессов, что в свою очередь предотвращает вред окружающей среде. Применение предиктивных систем позволяет сократить капитальные и эксплуатационные затраты предприятий. Применение предиктивных систем повысит уровень внедрения новых цифровых технологий управления производственным процессом на предприятии. Цифровые технологии позволят повысить энергоэффективность при уменьшении общего вреда окружающей среде, уменьшить выбросы парниковых газов, а также осуществить импортозамещение САКВ, и в кратчайшие сроки развить собственную отрасль отечественного приборостроения.

В настоящем стандарте содержатся основные положения и терминология, которые должны помочь широкому кругу заинтересованных сторон лучше понять и использовать технологию ИИ в области экологических измерений. Стандарт предназначен для разработчиков, испытателей САКВ, а также лиц, не имеющих соответствующего теоретического и практического опыта. В то же время применять отдельные разделы может быть удобнее при наличии более основательных знаний в области ИИ.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы автоматического контроля выбросов и сбросов

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ. ПРЕДИКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Общие положения

Automatic emission and discharge control systems. Automatic emission control systems. Predictive systems. General provisions

Дата введения — 2026—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на предиктивные системы автоматического контроля выбросов, используемые для измерений, учета и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, и устанавливает общие положения о составе, функциях данных систем.

Настоящий стандарт предназначен для использования организациями и специалистами, занимающимися разработкой, испытаниями и эксплуатацией средств измерений на основе искусственного интеллекта и машинного обучения для измерений параметров выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 71507 Системы автоматического контроля выбросов и сбросов. Системы автоматического контроля выбросов. Термины и определения

ГОСТ Р 71508—2024 Системы автоматического контроля выбросов и сбросов. Системы автоматического контроля выбросов. Классификация

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 71507, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

алгоритм машинного обучения (machine learning algorithm): Алгоритм определения параметров модели машинного обучения в соответствии с заданными критериями на основе данных.

Пример — Рассмотрим задачу определения параметров линейной функции с одной переменной $y(x) = \theta_0 + \theta_1 x$, ***где y — значение функции, x — независимая переменная,*** θ_0 ***— свободный член (значение функции при*** $x = 0$***) и*** θ_1 ***— коэффициент. В машинном обучении процесс определения свободного члена и коэффициентов линейной функции известен как линейная регрессия.***

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.6]

3.2

валидация (validation): Подтверждение посредством предоставления объективных доказательств того, что требования для конкретного предполагаемого использования или применения выполнены.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.5.18]

3.3

входные данные (input data): Данные, для которых развертываемая модель машинного обучения вычисляет прогнозируемый результат или вывод.

Примечание — Специалисты по машинному обучению также называют входные данные данными вне выборки, новыми данными и производственными данными.

[ГОСТ Р 70462.1—2022, пункт 3.3]

3.4

измерять (measure) (глагол): Производить измерение.

[ГОСТ Р ИСО/МЭК 25000—2021, пункт 4.19]

3.5

интерфейс: Совместно используемая граница между двумя функциональными единицами, определяемая различными функциональными характеристиками, параметрами физического соединения, параметрами взаимосвязи при обмене сигналами, а также другими характеристиками в зависимости от задаваемых требований.

Примечание — Примерами интерфейсов являются RS232, RS422, RS485 и радиоинтерфейс.

[ГОСТ 33707—2016, статья 4.447]

3.6

качество данных: Степень, с которой набор характеристик, присущих данным, отвечает установленным, ожидаемым или обязательным требованиям.

[Адаптировано из ГОСТ Р ИСО 8000-2—2019, статья 3.8.1]

3.7

машинное обучение; МО (machine learning, ML): Процесс оптимизации параметров модели с помощью вычислительных методов таким образом, чтобы поведение модели отражало данные и/или опыт.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.5]

3.8

машинное обучение с учителем; контролируемое обучение (supervised machine learning): Машинное обучение, при котором в процессе обучения используются только размеченные данные.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.12]

3.9

модель (model): Физическое, математическое или иное представление системы, объекта, явления, процесса или данных.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.1.23]

3.10 **модель валидации датчиков:** Компьютерная модель, описывающая взаимосвязь параметров технологического процесса друг с другом, получаемых с датчиков автоматизированной системы управления технологическим процессом для конкретного стационарного источника выбросов с использованием программного обеспечения предиктивной системы автоматического контроля выбросов.

3.11 **модель выбросов загрязняющих веществ:** Компьютерная модель, описывающая взаимосвязь между параметрами технологического процесса и параметрами выбросов загрязняющих веществ для конкретного стационарного источника выбросов с использованием программного обеспечения предиктивной системы автоматического контроля выбросов.

3.12

модель машинного обучения (machine learning model): Математическая конструкция, генерирующая логический вывод или прогноз на основе входных данных и/или информации.

Пример — По результатам обучения модели, представленной в виде линейной функции с одной переменной $y(x) = \theta_0 + \theta_1 x$***, с использованием линейной регрессии, итоговая модель могла бы выглядеть как*** $y(x) = 3 + 7x$***.***

Примечание — Модель машинного обучения является результатом обучения на основе алгоритма машинного обучения.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.7]

3.13 **модуль для визуализации данных:** Часть программного обеспечения предиктивной системы автоматического контроля выбросов, позволяющая визуализировать получаемые данные с помощью пользовательского интерфейса.

3.14 **модуль вычисления параметров:** Часть программного обеспечения предиктивной системы автоматического контроля выбросов, содержащая программный код вычисления параметров выбросов загрязняющих веществ на основе параметров технологического процесса.

3.15 **модуль для обучения модели:** Часть программного обеспечения предиктивной системы автоматического контроля выбросов, содержащая программный код управления процессом обучения или дообучения модели выбросов загрязняющих веществ.

3.16

нейронная сеть; искусственная нейронная сеть (neural network, NN, neural net, artificial neural network): <искусственный интеллект> Сеть из двух или более слоев, состоящих из нейронов, соединенных взвешенными связями с регулируемыми весовыми коэффициентами; при этом каждый нейрон получает входные данные и вырабатывает результат.

Примечания

1 Нейронные сети являются ярким примером коннекционистского подхода.

2 Хотя первоначально источником идей для проектирования нейронных сетей послужило функционирование биологических нейронов, в настоящее время большинство работ по нейронным сетям уже не подвержено такому влиянию.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.4.8]

3.17

обучающие данные (training data): Данные, используемые для обучения модели машинного обучения.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.16]

3.18

обученная модель (trained model): Результат обучения модели.
[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.14]

3.19

параметр; параметр модели (parameter, model parameter): Внутренняя переменная, влияющая на то, как модель вычисляет свои выходные измерительные данные.

Примечание — Примерами параметров могут служить веса в нейронной сети и вероятности перехода в марковской модели.

[ГОСТ Р 71476—2024, пункт 3.3.8]

3.20

предиктивная автоматическая измерительная система контроля выбросов; ПАИС КВ: Система на основе программно-аппаратных средств, устанавливаемая на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, использующая для оценки содержания ЗВ в отходящих газах физико-химические или статистические модели технологических процессов.

Примечания

1 В качестве входных параметров для модели выбросов используют информацию от системы управления технологическим процессом на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду.

2 В зависимости от типа моделей, лежащих в основе ПАИС КВ, различают ПАИС на основе моделей, описывающих физико-химические закономерности процессов (с учетом стехиометрии, термодинамики и кинетики химических реакций) и на основе эмпирических (статистических) моделей, использующих корреляционную связь между рабочими параметрами технологического процесса и химическим составом отходящих газов. В последнем случае используются методы множественной регрессии с использованием элементов искусственного интеллекта (нейросетевые модели) с оптимизацией модели в процессе обучения путем сравнения результатов расчета с результатами прямых измерений выбросов.

[ГОСТ Р 71507—2024, статья 6]

Примечание — Для ПАИС КВ в составе САКВП допускается создание системы на основе только программных средств.

3.21 **рабочий диапазон входных данных предиктивной системы автоматического контроля выбросов:** Диапазон входных данных, на которых проводились испытания системы и подтверждены ее заявленные метрологические характеристики.

Примечание — Подтверждается при испытаниях в целях утверждения типа средств измерений.

3.22 **гибридная система автоматического контроля выбросов:** Система автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ, состоящая из комбинации измерительных каналов системы автоматического контроля выбросов и предиктивной системы автоматического контроля выбросов.

3.23 **предиктивная система автоматического контроля выбросов:** Система автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ, использующая для измерений показателей выбросов загрязняющих веществ из стационарных источников выбросов предиктивную автоматическую измерительную систему.

3.24 **технологическая информация:** Совокупность информации, поступающей с датчиков автоматической системы управления технологическим процессом предприятия.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АИС КВ — автоматическая измерительная система контроля выбросов;

ЗВ — загрязняющие вещества;

ИК — измерительный канал;

ПАИС КВ — предиктивная автоматическая измерительная система контроля выбросов;

ПО — программное обеспечение;

САКВ — система автоматического контроля выбросов;
САКВП — система автоматического контроля выбросов предиктивная;
ССОД — система сбора и обработки данных.

5 Применение предиктивной системы автоматического контроля выбросов

5.1 САКВ с использованием ПАИС КВ представляет собой комплекс решений, направленных на мониторинг и измерение параметров выбросов ЗВ в атмосферу промышленными предприятиями.

5.2 САКВП имеют ограничения в применении, а именно:

- технологические процессы на объекте должны быть медленно меняющиеся (изменения в технологическом процессе не чаще одного раза в 3—5 лет), иметь конечное количество режимов работы, физико-химические параметры используемого сырья должны быть стабильны в заданных пределах;
- если используется несколько различных видов сырья и/или топлива — модель выбросов САКВП должна быть валидирована для всех видов;
- входные измерительные данные технологического процесса должны быть валидированы до их подачи в модель;
- система должна измерять параметры выбросов только в пределах рабочего диапазона. В случае выхода входных данных за диапазоны система должна сигнализировать о данном событии.

5.3 Преимущества применения САКВП:

- оптимизация производства: опционально анализ данных помогает выявить неэффективные процессы и предложить способы их улучшения, снижая затраты на производство и повышая производительность;
- повышение экологической ответственности: постоянный контроль выбросов способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и улучшению имиджа компании;
- раннее обнаружение проблем: опционально система может предупреждать о возможных превышениях норм выбросов, что позволяет оперативно принять меры и избежать штрафов и санкций;
- сокращение капитальных и эксплуатационных затрат при внедрении и эксплуатации САКВ.

6 Состав и классификация предиктивной системы автоматического контроля выбросов

6.1 САКВП в общем случае состоит из следующих составных частей:

- ПАИС КВ;
- ССОД показателей выбросов;
- комплекс вспомогательного оборудования.

Примечание — Источники измерительной технологической информации не являются составной частью САКВП.

6.2 Допускается использование в одной САКВП измерительных каналов как ПАИС КВ, так и АИС КВ. Такие системы называются гибридные.

Примечание — Пример гибридной системы: измерения параметров концентрации ЗВ с помощью измерительных каналов ПАИС КВ, измерения параметров объема выбросов с помощью соответствующих измерительных каналов АИС КВ.

6.3 Классификацию САКВП проводят по следующим признакам:

- по типу модели технологического процесса, использующейся для определения содержания ЗВ в отходящих газах;
- по количеству и номенклатуре измерительных каналов ПАИС КВ.

6.4 При разработке САКВП для конкретного объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, в части выбросов ЗВ допускается использовать несколько подходов к обучению моделей, которые различаются по сложности и уровню детализации:

- физико-химические модели основаны на законах физики и химии, описывающих процессы образования выбросов. Они могут быть очень точными, но требуют глубоких знаний о процессах внутри системы;
- машинное обучение с учителем позволяет строить модели, используя размеченные данные: входные технологические параметры и параметры выбросов источника загрязнения.

6.5 Классификация по количеству и номенклатуре измерительных каналов ПАИС КВ — по ГОСТ Р 71508—2024 (пункт 5.4.3).

7 Общие положения

7.1 САКВП представляет собой единый комплекс программных и технических средств, осуществляющих автоматические измерения и учет показателей выбросов ЗВ, обработку, визуализацию, хранение и передачу отчетной информации о показателях выбросов ЗВ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

7.2 Для измерений показателей выбросов ЗВ САКВП использует данные параметров технологического процесса (например, давление, температура технологического процесса, объемный расход), данные о составе топлива или сырья и иные данные, используемые на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду.

7.3 Для обеспечения качества поступающих в САКВП данных по контролируемым параметрам технологических процессов должна быть предусмотрена модель валидации датчиков для конкретного технологического процесса.

7.4 Функциональная схема САКВП показана на рисунке 1.

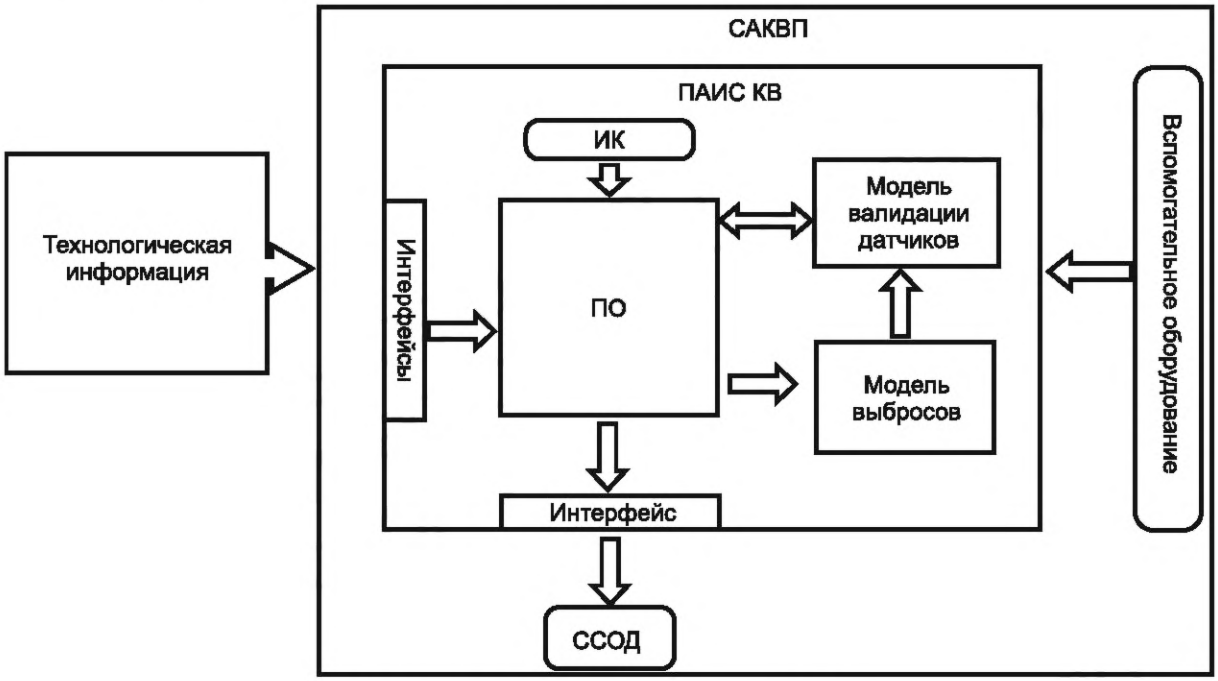


Рисунок 1 — Функциональная схема САКВП

7.5 В общем случае аппаратная часть САКВП включает в себя:
- сервер (компьютер) с операционной системой (или виртуальный сервер) и хранилищем данных;
- ССОД;
- дополнительные модули для промежуточного хранения данных.

7.6 В общем случае ПО САКВП включает в себя:
- ПО для создания САКВП:
  - инструменты для разработки моделей первичных преобразователей технологической информации (модель валидации датчиков);
  - инструменты для разработки моделей выбросов.
- ПО для эксплуатации и обеспечения качества САКВП:
  - модуль ПО считывания измерительной информации с преобразователей технологической информации;
  - модуль ПО валидации измерительной информации (модель валидации датчиков);
  - модуль ПО измерения параметров выбросов (модель выбросов);

- модуль ПО визуализации информации и ее архивирования;
- модуль ПО проверки целостности моделей выбросов.

7.7 Функциональная схема ПО САКВП, используемая для создания, эксплуатации и обеспечения качества системы, представлена на рисунке 2.

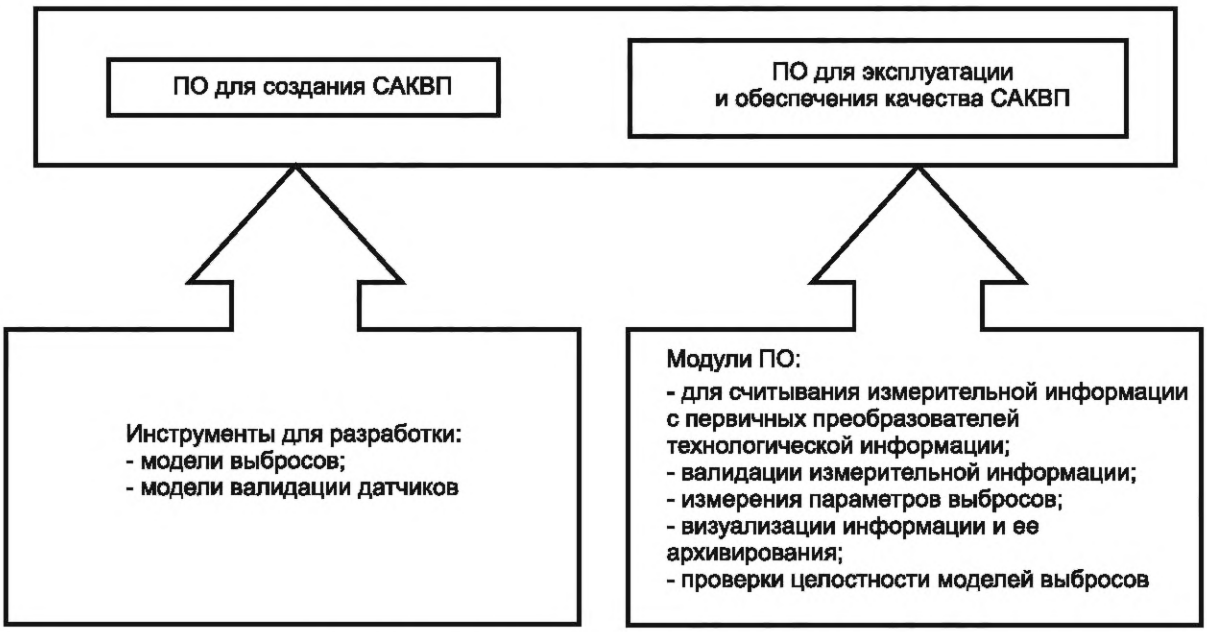


Рисунок 2 — Функциональная схема ПО САКВП

7.8 Модели выбросов зависят от конкретного производства. Для построения модели выбросов на основе алгоритмов машинного обучения требуются обучающие данные, состоящие из набора измерительных данных технологического процесса и параметров выбросов дымовых газов, синхронизированных по времени. Диапазон данных технологического процесса, на которых проверена корректная работа модели выбросов, определяет рабочий диапазон входных данных САКВП.

7.9 Модель валидации датчика обеспечивает точность и надежность САКВП. Модель валидации датчиков предназначена для проверки достоверности данных, поступающих от датчиков, и выявления возможных ошибок или отклонений.

7.10 Основные задачи модели валидации датчика:

- проверка достоверности данных: модель должна оценивать, соответствуют ли данные, поступающие от датчиков, установленным диапазонам;
- обнаружение неисправностей: модель должна выявлять неисправности датчиков, такие как дрейф, смещение или полное отключение;
- коррекция данных: в случаях выявления неисправностей датчиков модель должна заменять некорректную измерительную информацию (при наличии технической возможности) от датчика на восстановленную, чтобы минимизировать ошибки. При этом модель должна передать в ССОД сигнал о том, что входные данные восстановлены.

7.11 Процесс работы модели валидации датчика в общем случае состоит из следующих этапов:

- сбор данных: получение измерительных данных о параметрах технологического процесса;
- применение модели валидации: модель анализирует собранные данные в соответствии с декларируемой производителем настройкой;
- выдача результатов: модель выдает заключение о достоверности данных и состоянии датчиков.

7.12 Процесс разработки САКВП в общем случае состоит из следующих этапов:

- сбор данных для создания и обучения модели;
- предварительная обработка данных;
- разделение данных на обучающие данные, данные для валидации моделей и тестирования;
- разработка моделей валидации датчиков;
- выбор алгоритмов машинного обучения с учителем;
- обучение моделей;

- валидация полученных моделей, в том числе и моделей валидации датчиков;
- развертывание полученных модулей на объекте;
- испытания САКВП в целях утверждения типа;
- первичная поверка САКВП (после внесения системы в государственный реестр средств измерений);
- мониторинг работы САКВП во время эксплуатации, в том числе проведение периодической поверки.

7.13 В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды применяются только САКВП утвержденных типов, прошедшие поверку в соответствии с требованиями [1] (часть 1, статья 9) и [2].

Библиография

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Порядок проведения поверки средств измерений (утвержден приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510

УДК 681.5.015;004.89;006.91:006.354 ОКС 35.240.01

Ключевые слова: системы автоматического контроля, предиктивные системы, выбросы, автоматические измерительные системы, общие положения

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 19.09.2025. Подписано в печать 01.10.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru