

ПРОБЛЕМЫ СБОРА ДАННЫХ О КАЧЕСТВЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Новиков Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ревинская И.И. – старший преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы сбора данных о качестве атмосферного воздуха, возникающие при модернизации сети наблюдений в рамках проектов международной технической помощи. Новое оборудование поставляется с программным обеспечением, которое не соответствует требованиям национальных нормативных документов по периодам усреднения и не интегрируется в существующие информационные системы. Предлагаются методы решения, основанные на разработке отечественного программного обеспечения, адаптированного к местным условиям и обеспечивающего автоматическую валидацию данных и их передачу в системы РИСАМОС и АС Паве́тра.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, международная техническая помощь, газоанализаторы *HORIBA*, *Derenda APM-2*, сбор данных, РИСАМОС, АС Паве́тра.

Введение. Качество атмосферного воздуха является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье населения. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, загрязнение воздуха ежегодно становится причиной 7 миллионов преждевременных смертей в мире. В Республике Беларусь действует система государственного мониторинга атмосферного воздуха Национальной системы мониторинга окружающей среды, включающая сеть стационарных пунктов наблюдения в промышленных городах республики.

В рамках проектов международной технической помощи осуществляется поэтапное обновление и расширение наблюдательной сети. В настоящее время реализуется проект по запуску 13 новых пунктов наблюдений, укомплектованных современным оборудованием. Кроме того, на 5 существующих пунктах выполнена замена морально и физически устаревших приборов на новое оборудование.

Набор оборудования новых постов включает:

- газоанализаторы *HORIBA* серии *APxA-370* для измерения концентраций NO , NO_2 , NO_x , SO_2 , CO , O_3 ;
- приборы *Derenda APM-2* для измерения содержания твердых частиц фракций PM_{10} и $PM_{2.5}$;
- хроматографы *AMA GC5000* для определения концентраций бензола, толуола и ксилолов (орто-, мета-, пара-);
- комплект метеорологических датчиков, измеряющих температуру воздуха, атмосферное давление, относительную влажность, скорость и направление ветра, количество осадков и солнечную радиацию.

Однако программное обеспечение, поставляемое с новым оборудованием, оказалось непригодным для прямого использования в белорусской системе мониторинга. В данной статье выполнен анализ этих проблем и предложены методы их решения, основанные на разработке отечественного программного обеспечения.

Основная часть. При сборе данных о качестве атмосферного воздуха с использованием нового импортного оборудования возникает ряд проблем, которые можно классифицировать следующим образом:

- несоответствие периода усреднения национальным нормативам;

- различие в единицах измерения;
- закрытость форматов данных в составе павильонов;
- отсутствие в разрабатываемом ПО необходимых механизмов проверки данных;
- необходимость передачи данных в форматы, принимаемые системами РИСАМОС и АС Паве́тра.

Проблема 1: Несоответствие периода усреднения. Иностранное программное обеспечение, поставляемое с газоанализаторами *HORIBA*, реализует часовое усреднение данных, что соответствует международной практике. Однако белорусские нормативные документы требуют 20-минутного осреднения для оценки соответствия предельно допустимым концентрациям (ПДК). Попытка использовать часовые данные для оценки соответствия 20-минутным ПДК некорректна, поскольку за час концентрации могут существенно меняться, и кратковременные превышения норматива могут быть сглажены при усреднении. Для решения данной проблемы необходимо разработать программное обеспечение, реализующее сбор данных с высокой частотой и последующее формирование 20-минутных средних значений.

Проблема 2: Различие в единицах измерения. Иностранное ПО выдает результаты в частях на миллион (*ppm*) или частях на миллиард (*ppb*), тогда как белорусские нормативы оперируют микрограммами на кубический метр (мкг/м^3). Теоретически пересчет из объемных долей в массовые концентрации требует знания текущих температуры и давления воздуха. Однако на практике для обеспечения стабильности и независимости результатов используется упрощенный подход: применяются универсальные коэффициенты пересчета при нормальных условиях (температура 0°C , давление 760 мм рт. ст.), заложенные в приборы производителем.

Коэффициенты пересчета для различных веществ составляют:

- *NO* – 1,34 (пересчет из *ppb* в мкг/м^3 при 0°C и 760 мм рт. ст.);
- *NO₂* – 2,05;
- *SO₂* – 2,86;
- *CO* – 1,25;
- *O₃* – 2,14;
- бензол – 3,49;
- толуол – 4,11.

Такой подход обеспечивает воспроизводимость результатов, исключает зависимость от дополнительных метеодатчиков и их поверки, а также гарантирует получение данных даже при отказах второстепенного оборудования.

Проблема 3: Закрытость форматов данных в составе павильонов. Сами газоанализаторы *HORIBA* имеют открытые протоколы обмена (*UDP*) и позволяют получать данные в режиме реального времени. Однако в составе поставляемых павильонов устанавливается дата-логгер со встроенным программным обеспечением для сбора и обработки данных компании *Orion*. База данных этого логгера закрыта, и попытки прямого доступа к ней не увенчались успехом. Предусмотренное производителем *API* позволяет забирать данные, но только с часовым осреднением, что не удовлетворяет требованиям национальных нормативов.

Решение заключается в разработке собственных парсеров для непосредственного опроса приборов *HORIBA (UDP)*, *Derenda APM-2 (TCP)*, метеодатчиков через модули *ADAM (Modbus)* и хроматографов (*MSSQL*) в обход закрытого дата-логгера.

Проблема 4: Необходимость валидации данных. В процессе эксплуатации выявлено, что по тем или иным причинам приборы могут выдавать некорректные значения. Например, при отключении метеодатчика или его неисправности может передаваться значение -40°C (начальное значение диапазона), которое не соответствует реальным условиям. Поскольку разработка собственного ПО ведется полностью самостоятельно, в него целесообразно заложить механизмы проверки поступающих данных.

Предлагаемая многоуровневая система валидации включает:

- проверку физически возможных значений (концентрации не могут быть отрицательными, скорость ветра ограничена);
- выявление резких скачков, нехарактерных для атмосферных процессов;
- анализ статусной информации приборов;
- проверку логических связей (например, соотношение $NO_x \approx NO + NO_2$);
- статистическую фильтрацию выбросов.

Проблема 5: Интеграция с национальными системами сбора данных. В Республике Беларусь функционируют две основные системы, аккумулирующие данные мониторинга окружающей среды: РИСАМОС (Республиканская информационная система автоматизированного мониторинга окружающей среды) и АС Паве́тра (автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха). Разрабатываемое программное обеспечение должно не только собирать и обрабатывать данные, но и передавать их в эти системы в форматах, которые они способны принимать.

Для этого необходимо реализовать модули экспорта данных, формирующие выходные файлы в соответствии с регламентами РИСАМОС и АС Паве́тра.

Предлагаемые методы решения. Для устранения выявленных проблем предлагается разработка отечественного программного обеспечения для сбора и анализа данных о качестве атмосферного воздуха на базе открытых технологий (*Python*, *PostgreSQL*). Основные компоненты такого решения включают:

- модули связи с приборами, реализующие асинхронный опрос газоанализаторов *HORIBA (UDP)*, приборов *Derenda APM-2 (TCP)*, метеодатчиков через модули *ADAM (Modbus)* и газохроматографов (*MSSQL*);
- модуль парсинга, преобразующий сырые данные от каждого типа приборов в унифицированный формат;
- модуль валидации, реализующий описанные проверки;
- модуль пересчета единиц измерения по фиксированным коэффициентам производителя;
- модуль агрегации для формирования 20-минутных, часовых, 8-часовых и суточных средних с контролем достаточности данных;
- модули экспорта данных в форматы, совместимые с РИСАМОС и АС Паве́тра.

Заключение. Выполнен анализ проблем сбора данных о качестве атмосферного воздуха, возникающих при модернизации сети наблюдений в рамках проектов международной технической помощи. Выявлены следующие недостатки штатного ПО: несоответствие периода усреднения белорусским нормативам, невозможность получения данных с требуемым осреднением из-за закрытости дата-логгеров, отсутствие в разрабатываемом ПО необходимых механизмов проверки данных и необходимость интеграции с национальными системами РИСАМОС и АС Паве́тра.

Предложены методы решения выявленных проблем, основанные на разработке отечественного программного обеспечения, осуществляющего прямой опрос приборов в обход закрытых компонентов. Разрабатываемая система обеспечивает сбор данных, их валидацию, пересчет по фиксированным коэффициентам производителя, формирование 20-минутных средних и экспорт в целевые системы.

Практическая реализация предложенных методов позволит успешно интегрировать 13 новых пунктов наблюдений и 5 комплектов замены в действующую систему мониторинга, обеспечив их соответствие национальным нормативам.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс] : Информационный бюллетень. – 2022. – Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). – Дата доступа: 10.03.2026.
2. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Газоанализаторы APXA-370 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/395108>. – Дата доступа: 11.03.2026.
3. Comde-Derenda. Air Pollution Monitor APM-2 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.comde-derenda.com/en/products/apm-2/>. – Date of access: 11.03.2026.
4. AMA Instruments. GC5000 Series Gas Chromatographs [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ama-sensor.com/en/products/gc5000/>. – Date of access: 11.03.2026.
5. ADVANTECH. ADAM-4000 Series User Manual. – Taipei : Advantech Co., 2008. – 312 p.
6. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. – Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.
7. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 103 от 30.06.2020 «Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к атмосферному воздуху населенных пунктов»». – Минск, 2020. – 25 с.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Novikov D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Revinskaya I.I. – Senior Lecturer of the Department of EET

Annotation. The article examines the problems of air quality data collection that arise during the modernization of the observation network within the framework of international technical assistance projects. New equipment is supplied with software that does not meet the requirements of national regulatory documents regarding averaging periods and does not integrate with existing information systems. Methods for solving these problems are proposed, based on the development of domestic software adapted to local conditions, providing automatic data validation and their transmission to the RISAMOS and AS PAVETRA systems.

Keywords: air quality monitoring, international technical assistance, HORIBA gas analyzers, Derenda APM-2, data collection, RISAMOS, AS PAVETRA.