

## Литература

1. Казанский, В.Б. Изучение взаимодействия свободных радикалов с поверхностью твердого тела (силикагеля) по спектрам ЭПР / В.Б. Казанский [и др.] // Физика твердого тела. – 1963. – Т. 5. – Вып. 2. – С. 649–659.
2. Мамин, Г. В. ЭПР радиационно-индуцированных парамагнитных центров в аэрогеле / Г. В. Мамин // Письма в ЖЭТФ. – 2008. – Т. 88. – Вып. 4. – С. 281–285.
3. Бондаренко, С. Н. ЭПР-мониторинг дефектной структуры минеральных наполнителей / С. Н. Бондаренко, Э. Э. Русак // Материалы XV Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 65.
4. Тенчуков, М. Б. ЭПР-мониторинг сухих аэрозолей с использованием сорбентов / М. Б. Тенчуков, И. П. Лютоев // Вестник института биологии Коми НЦ УрО РАН. – С. 21–23.
5. Бондаренко, С. Н. Физико-химические аспекты активации поверхности песка / С. Н. Бондаренко [и др.] // Материалы XV Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 64.
6. Алесковский, В. Б. Химия твердых веществ / В. Б. Алесковский. – М. : Высшая школа, 1978. – 256 с.
7. Моррисон, С. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Моррисон. – М., 1980. – 488 с.

УДК 528.94; 625.72

## **Инструментальное обеспечение мониторинга токсичных выбросов в атмосферу в районе пересечения автомобильных дорог**

Бондаренко С.Н., Вишняков Н.В.  
Белорусский национальный технический университет

*Мониторинг загрязнений - система, позволяющая дать оценку загрязнений и динамику изменения содержания загрязнений во времени. Непосредственное измерение концентрации неполного сгорания токсичных продуктов автомобильного топлива является наиболее важным для экологической оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне, прилегающей к транспортной развязке. Контроль за выбросами токсичных компонентов в атмосферу особенно эффективен в случае использования газовых датчи-*

ков. Современные приборы дистанционного зондирования загрязнения атмосферы от мобильных источников на дороге позволяют осуществлять мониторинг загрязнения атмосферного воздуха токсичными выбросами автомобильных двигателей в непосредственной близости от дорожного полотна транспортной развязки в режиме реального времени.

*Monitoring of pollutions is such a system which allows to give an assessment and the pollution contents change. Direct measurement of incomplete combustion toxic products concentration of automobile fuel is the most importance for ecological assessment of atmospheric air pollution level in zone adjacent to the highway. The control for toxic components emissions into the atmosphere is particularly effective in the case of using gas sensors. This modern remote-sensing instruments of atmospheric pollution from mobile sources on the road allow to carry out monitoring of pollution in atmospheric air by toxic blowouts of automobile engines in close proximity to roadbed in real time regime.*

Мониторинг атмосферного воздуха – это система наблюдений за его качеством, которая позволяет дать оценку и прогноз основных тенденций изменения качества воздуха в целях своевременного выявления и устранения негативных последствий природных и техногенных воздействий. Экспертный прогноз показателей токсичных выбросов автомобильного транспорта и контроль изменения качества воздушной среды в результате работы автомобильного транспорта дает возможность принятия организационных и технических решений по регулированию и управлению безопасностью транспортных потоков. Проведение этих мероприятий обеспечивает снижение уровня концентрации вредных ингредиентов в воздухе и улучшает качество экологической обстановки в зоне дорожного движения. Исходным показателем для такой экологической оценки и принятия соответствующих решений в данном случае являются концентрации массового выброса автомобильным транспортом загрязняющих веществ.

Оценка состояния атмосферного воздуха на автомагистралях и в прилегающей жилой застройке может быть проведена на основании определения в воздухе компонентов выхлопных газов (оксида углерода, углеводородов, оксидов азота, формальдегида, акролеина, соединений свинца).

Статистика показывает, что основной источник загрязнения воздушного бассейна г. Минска – автотранспорт, вклад которого в общий объем выбросов по городу составляет 85 %. Одним из критериев оценки экологической безопасности атмосферного воздуха, подверженного воздействию автомобильного транспорта в придорожной зоне, являются среднесуточные и максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. При экологической оценке уровня загрязнения воздушной

среды в районе автомобильных дорог наибольшую значимость имеет непосредственное измерение концентрации токсичных продуктов неполного сгорания автомобильного топлива. Особенно эффективен контроль за выбросами в атмосферу токсичных компонентов с использованием газовых сенсоров – современных датчиков на содержание оксида углерода (СО), углеводородов и продуктов их неполного сгорания ( $C$ ,  $C_xH_y$ ,  $C_xH_yO_z$ ), а также диоксида азота ( $NO_2$ ). Современные средства дистанционного зондирования атмосферных загрязнений от подвижных приземных источников позволяют проводить непрерывный мониторинг загрязнений атмосферного воздуха токсичными выбросами автомобильных двигателей (в непосредственной близости от дорожного полотна) в режиме реального времени.

Существует большое разнообразие современных датчиков для зондирования загрязнений атмосферного воздуха в основу работы которых положены различные принципы.

Эти датчики, особенно целесообразно использовать для контроля загрязнений воздуха в местах транспортных развязок и пересечений автомобильных дорог.

Следовые количества постоянных газов (оксид и диоксид углерода, оксид азота (I) и пары воды) можно определить в воздухе с помощью ультразвукового детектора, электрохимического детектора, в котором используют реакцию окисления СО на платиновом электроде, аргонового ионизационного детектора, а также с помощью масс-спектрометра, имеющего высокую чувствительность к оксидам углерода и азота.

Традиционно для анализа микропримесей оксида углерода используют датчики, принцип работы которых основан на регистрации разности теплопроводности компонентов анализируемой смеси отработанных газов, содержащих продукты неполного сгорания органического топлива.

Очень перспективен для анализа микропримесей некоторых выхлопных газов, особенно оксида углерода, пирозлектрический катарометр, пирозлектрическим элементом которого служит кристалл танталата лития. Этот детектор имеет чувствительность в 500 раз выше, чем у обычного катарометра, и способен обнаружить в воздухе  $5 \cdot 10^{-5}$  % (объемных) оксида углерода при относительной ошибке определения всего лишь  $\pm 5$  %.

Принцип действия оптико-акустического газоанализатора СО основан на измерении степени поглощения оксидом углерода (II) инфракрасного излучения. Газоанализатор такого типа представляет собой прибор непрерывного действия, который предназначен для определения содержания оксида углерода (II) в атмосферном воздухе.

На принципе лазерного возбуждения ИК-флуоресценции работает прибор для определения содержания оксида углерода в воздухе в интервале концентраций 0—2—10—3 %. Точность измерений  $\pm 1\%$ .

Для определения в воздухе оксидов, в том числе оксида углерода и азота, используют высокочувствительные газоанализаторы, работающие на принципе хемилюминесценции.

За рубежом хемилюминесцентные газоанализаторы выпускают фирмы «Horiga» (модель АРНА-0500, Япония), «Tosiba — Bekman» (модель 104, Япония), «КЕМ» (модели 642 и 652, США), «Termo-Electron» (модель 14 D8A, США) и др. В США, Японии и ряде других стран создана серия портативных газоанализаторов, работающих на принципе вольтамперометрии для определения в атмосфере и воздухе придорожной зоны оксидов азота и углерода (в том числе и CO). Определение газов и конкретно оксида углерода может проводиться в автоматическом режиме.

Для анализа CO можно эффективно использовать комбинацию методов обогащения пробы и последующей конверсии. Для обогащения воздуха оксидом углерода анализируемый воздух пропускается через колонку с молекулярными ситами, а затем обогащенный оксидом углерода воздух можно пропускать над никелевым катализатором, на котором CO в присутствии водорода превращается в метан. Метод конверсии до метана также используют для анализа смеси оксидов углерода.

При определении валовой концентрации наиболее токсичных автомобильных выбросов на малом кольцевом пересечении и на подъезде к этому пересечению на элементарных площадках длиной 0,01–0,02 целесообразно устанавливать датчики на оксид углерода (CO), на углеводороды и продукты их неполного сгорания (C, CH, CHO), а также на диоксид азота (NO<sub>2</sub>), регистрирующие загрязнение атмосферного воздуха компонентами отработанных газов: (см. рис. 1). После регистрации датчиком сигнала от упомянутых загрязняющих компонентов дальнейший расчет (и обработка управляющей информацией) производится по специальной компьютерной программе. В работе программы учитываются только пороговые (на уровне предельно допустимых) концентрации компонентов выбросов от точечных источников M<sub>i</sub>, которые будут регистрироваться только при наиболее неблагоприятных сочетаниях режимов работы двигателей автомобилей в течение определенного промежутка времени.

В последнее время, вследствие интенсификации автомобильного движения в воздушном бассейне наиболее загруженных районов г. Минска все чаще начали обнаруживать значительные концентрации CO. Оксид углерода, был первым газом, содержание которого в воздухе мест пересечения и развязок стали измерять автоматическими приборами и для регистрации которого были разработаны автоматические сигнальные устройства. При

длительном пребывании даже на открытом воздухе в непосредственной близости от работающих бензиновых двигателей всегда существует опасность отравления оксидом углерода. Особую опасность в этом отношении оксид углерода представляет в местах развязок и пересечения автомобильных дорог.

На рисунке 1 представлена схема мониторинга концентрации некоторых типов загрязнений выбросами от подвижных источников в местах развязок и пересечения автомобильных дорог с использованием датчиков концентрации отработанных газов. После регистрации датчиком сигнала от упомянутых загрязняющих компонентов дальнейший расчет производится по разработанной компьютерной программе. Вывод информации на ЭВМ осуществляется через интерфейс. В работе программы учитываются только пороговые (на уровне предельно допустимых) концентрации компонентов выбросов от точечных источников  $M_j$ , которые будут регистрироваться только при наиболее неблагоприятных сочетаниях режимов работы двигателей автомобилей в течение определенного промежутка времени.

Данная схема позволяет контролировать степень загрязнения атмосферного воздуха на пересечении с регулируемым движением и на малом кольцевом пересечении с саморегулируемым движением в зависимости от средних задержек на подъездах и определить пороговые уровни загрязнения атмосферного воздуха токсичными компонентами отработанных газов - оксидом углерода ( $CO$ ), углеводородами ( $C_xH_y$ ) и оксидом азота (в пересчете на диоксид азота)  $NO_2$ ) в режиме реального времени.



Рис. 1. Схема расположения датчиков отработанных газов от подвижных источников выброса (датчики отмечены точками)

## Литература

1. Вяхирев Д.А., Шушукова А.Ф. Руководство по газовой хроматографии. М.: Высш. школа, 1987. – 287 с.
2. Vamaura Hiro-yuki, Tamaki Jun, Moriya Koji, Miura Norio, Vamazoe Noboru // J. Electrochem. Soc. – 1996. – V.43. N 2. P.36–37.
3. Власов, В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, А.Б. Николаев, А.В. Постолиц, В.М. Приходько. – М.: Наука, 2006. – 288 с.
4. Власов, В.М. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе / В.М. Власов, В.М. Приходько, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов. – М.: МАДИ. – М.: ООО «МЭЙЛЕР», 2011. – 487 с.

УДК 625.7

### **Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения безопасности дорожного движения**

Бородич А.А., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Концепция управления транспортом, основанная на применении средств механизации, автоматизации и автоматизированного управления исчерпала себя. Инновационный путь развития требует создания новых методов эксплуатации, управления и контроля. Современным подходом реструктуризации и модернизации автомобильных дорог должны стать качественно новые подходы, одним из которых является применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Применение интеллектуальных транспортных систем во многих странах диктуется современным техническим развитием общества, уровнем технологий и требованием качественного развития транспортных систем.

Современное управление транспортом - это научное направление, интегрирующее комплекс научных направлений: теорию управления, геоинформатику, пространственные знания, системный анализ, теорию транспортных систем, дистанционное зондирование, геодезическое обеспечение, информационное моделирование, топологический анализ и др. По мере развития теории и методов управления транспортом появляется возможность управления все более сложными системами.