

УДК 504.054, 504.064.3

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДИК КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Януш Д.Н.¹, Вольнов А.С.¹

¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,

e-

mail: danil_yanush@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru

Установлено, что степень загрязнения воздуха в кабинах водителей транспортных средств существенно зависит от содержания выбросов отработавших газов двигателей автомобилей, продуктов изнашивания шин, тормозных механизмов, дорожного полотна, а также фоновых концентраций загрязняющих веществ на автомобильных дорогах. Предлагается внести в перечень токсичных веществ, контролируемых при специальной оценке условий труда водителей транспортных средств ацетон, бензол, ксилолы, толуол, акролеин, формальдегид, взвешенные частицы PM10 и PM2.5, бенз(а)пирен для всех типов двигателей. Для контроля загрязняющих веществ в кабине водителя транспортного средства с использованием метода стрелочных диаграмм выбраны стандартизованные методики (методы) измерений. При выборе учтены наиболее значимые факторы-критерии: диапазон измерений; погрешность метода; время отбора проб; стоимость основного оборудования. Для контроля концентраций загрязняющих веществ при специальной оценке условий труда водителей транспортных средств выбраны следующие методики измерений: ацетона, бензола, ксилолов (п-ксилола, м-ксилола, о-ксилола), толуола по ФР.1.31.2014.17787; стирола по ФР.1.31.2016.23996; взвешенных частиц PM10 и PM2.5 по РД 52.04.830-2015; акролеина по МУК 4.1.2472-09; формальдегида по МУК 4.1.2469-09; бенз(а)пирена по МУК 4.1.1273-03.

Ключевые слова: транспортное средство, специальная оценка условий труда, кабина водителя, зона дыхания, загрязняющие вещества, методики (методы) измерений.

JUSTIFICATION AND SELECTION OF QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS METHODS FOR CONDUCTING SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF VEHICLE DRIVERS

Yanush D.N.¹, Volnov A.S.¹

¹Orenburg State University, Orenburg, e-mail: danil_yanush@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru

It has been established that the degree of air pollution in the cabins of vehicle drivers depends significantly on the content of exhaust gases from car engines, wear products of tires, brake mechanisms, roadways, as well as background concentrations of pollutants on highways. It is proposed to add acetone, benzene, xylenes, toluene, acrolein, formaldehyde, PM10 and PM2.5 suspended particles, benz(a)pyrene for all types of engines to the list of toxic substances controlled by a special assessment of the working conditions of vehicle drivers. To control pollutants in the driver's cab of a vehicle using the method of arrow diagrams, standardized measurement techniques (methods) were selected. When choosing, the most significant factors-criteria were taken into account: measurement range; method error; sampling time; the cost of basic equipment. To control the concentrations of pollutants during a special assessment of the working conditions of vehicle drivers, the following measurement methods were selected: acetone, benzene, xylenes (n-xylene, m-xylene, o-xylene), toluene according to FR.1.31.2014.17787; styrene according to FR.1.31.2016.23996; suspended particles PM10 and PM2.5 in accordance with RD 52.04.830-2015; acrolein according to MUK 4.1.2472-09; formaldehyde according to MUK 4.1.2469-09; benz(a)pyrene according to MUK 4.1.1273-03.

Keywords: vehicle, special assessment of working conditions, driver's cabin, breathing zone, pollutants, measurement techniques (methods).

В процессе своей профессиональной деятельности водители транспортных средств (ТС) подвергаются воздействию неблагоприятных факторов. К числу таких факторов, влияющих на здоровье и безопасность участников дорожного движения, относится воздействие загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых в атмосферный воздух. Согласно

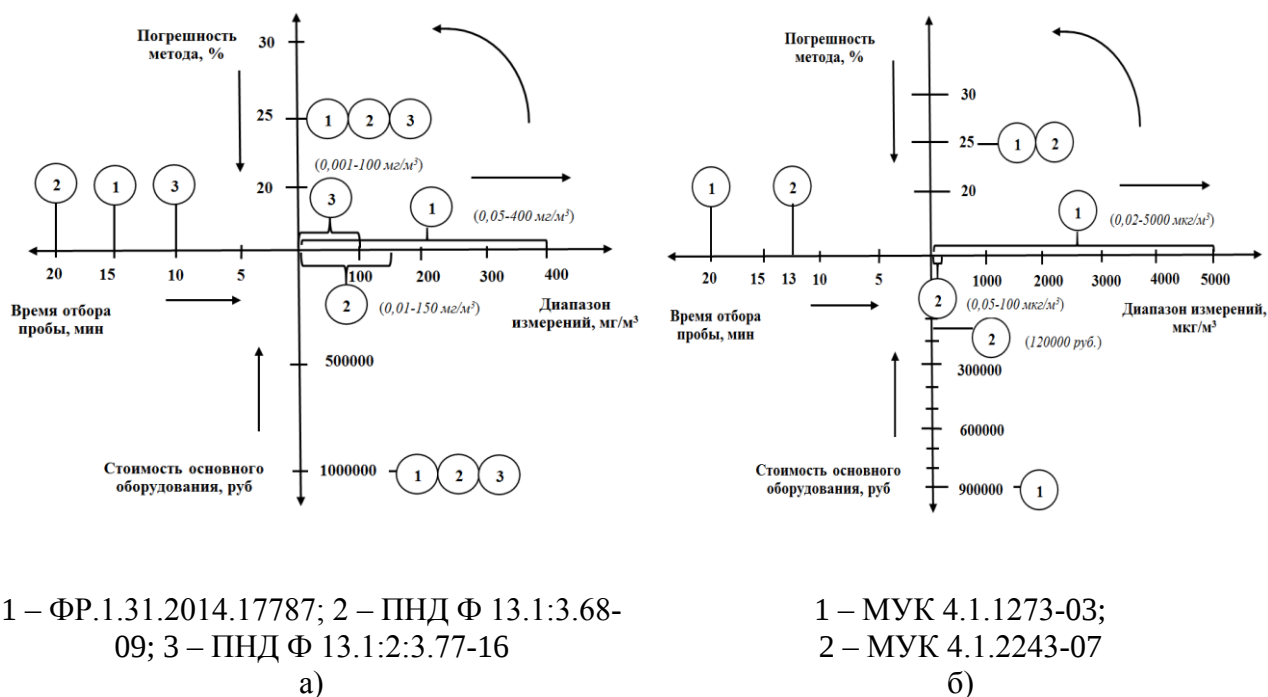
действующему законодательству, в частности Федеральному закону «О специальной оценке условий труда (СОУТ)» [1], содержание в воздухе рабочей зоны ЗВ является одним из вредных и опасных производственных факторов, которые подлежат обязательному лабораторному исследованию в случае их предварительной идентификации на рабочем месте конкретного предприятия. Содержание ЗВ на рабочем месте выражается сравнением фактического уровня содержания вещества с его предельно допустимой концентрацией. Однако при поступлении из окружающей среды в зону дыхания водителя ТС воздух может содержать как нормируемые при СОУТ ЗВ (согласно МУ 2.2.5.2810-10), так и не нормируемые ЗВ: дисперсные частицы, формальдегид, ряд ароматических углеводородов, алифатические и полициклические соединения, в том числе канцерогенные, обладающие наибольшей токсичностью. Результаты исследований [2-6] показали, что увеличение содержания в кабинах ТС дисперсных частиц (PM2.5, PM10) и других органических веществ связано не только с выбросами отработавших газов (ОГ) двигателей ТС, продуктов изнашивания шин, тормозных механизмов, дорожного полотна, но и с фоновыми концентрациями ЗВ на автомобильных дорогах, которые очень часто превышают требования ГН 2.1.6.3492-17. Некоторые ЗВ могут вызвать аллергическую реакцию – слезотечение, кашель и чихание, в результате чего у водителя может возникнуть затруднение в управлении ТС, что снижает безопасность движения. Приведенные выше аргументы доказывают необходимость расширения номенклатуры подлежащих контролю ЗВ, а также выбор и обоснование методик их измерений.

Для повышения экологической безопасности водителей ТС нами предлагается дополнить перечень ЗВ, контролируемых при СОУТ водителей ТС: ацетон, бензол, ксилолы, толуол, акролеин, формальдегид, PM10 и PM2.5, бенз(α)пирен для всех типов двигателей [2]. При этом объективная оценка и подбор метрологического обеспечения измерений концентраций ЗВ при СОУТ водителей ТС является достаточно сложной многокритериальной задачей. Метрологическая оценка методов количественного химического анализа (КХА) заключается в оценке метрологических характеристик устройств отбора проб, средств измерений (СИ), а также показателей точности используемого метода. Общая схема контроля ЗВ включает этапы: отбор пробы; обработка пробы с целью консервации измеряемого параметра и её транспортировки; хранение и подготовка пробы к анализу; измерение параметра; обработка и хранение результатов. Отбор проб может оказать существенное влияние на результат анализа, так как возможно загрязнение пробы, особенно когда речь идёт об измерении малых концентраций ЗВ. Здесь важен выбор места, средства отбора, а также стерильность тары для хранения пробы. Очевидно, чем меньше время от момента взятия пробы до её консервации (или анализа), тем лучше. Подготовка пробы к анализу может включать в себя либо концентрирование ЗВ, либо его химическую модификацию с целью

проявления аналитически наиболее выгодных свойств. Концентрирование достигается двумя путями: методом сорбции анализируемого компонента, методами уменьшения объёма пробы, содержащей компонент, например путём вымораживания, осаждения или выпаривания. Эффективность метода контроля при СОУТ водителей ТС предлагается оценивать следующей совокупностью показателей: диапазон измерений, точность, правильность, воспроизводимость измерений; чувствительность определения; экспрессность анализа. При этом основными требованиями к методам КХА при СОУТ водителей ТС являются:

- 1) применимость в широком интервале концентраций ЗВ, включающих как следовые значения, в незагрязнённых объектах фоновых районов, так и высокие концентрации в промышленных районах;
- 2) степень поглощения ЗВ в устройстве отбора проб должна быть не менее 95 %;
- 3) погрешность в измерении объёма отбираемой пробы не должна превышать ± 10 %;
- 4) максимальная суммарная погрешность методики не должна превышать ± 25 %;
- 5) предел обнаружения должен обеспечивать возможность определения анализируемого вещества на уровне 0,5 ПДК_{рз} или 0,8 ПДК_{мр};
- 6) избирательность метода (методики) должна обеспечивать достоверное определение ЗВ в присутствии примесей.

Для решения поставленных задач нами проведён анализ существующих методик измерений КХА, внесенных в государственный реестр. Анализируя, необходимость контроля углубленного компонентного состава ЗВ нами применён – метод стрелочных диаграмм, позволяющий в зависимости от направления изменения желаемого признака (критерия оценки метода) по совокупности признаков выбрать «лучший». При этом нами учтены наиболее значимые факторы-критерии: диапазон измерений; погрешность метода; время отбора проб; стоимость основного оборудования. Стрелочные диаграммы, позволившие сопоставить возможности методик по определению концентраций ароматических углеводородов (на примере толуола) и бенз(α)пирена представлены на рисунке 1. Для контроля концентраций толуола при СОУТ водителей ТС нами проведено сравнение трех методик, основанных на хроматографическом определении ароматических углеводородов: ФР.1.31.2014.17787, ПНД Ф 13.1:3.68-09, ПНД Ф 13.1:2:3.77-16. Для контроля концентраций бенз(α)пирена при СОУТ водителей ТС проведено сравнение двух методик МУК 4.1.1273-03 (метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием) и МУК 4.1.2243-07 (спектрально-флуоресцентный метод).



↘ – направление обхода при анализе;

→ – направление желаемого изменения рассматриваемого показателя

Рисунок 1 – Стрелочные диаграммы для выбора методик измерений концентраций толуола (а) и бенз(а)пирена (б) в кабине водителя ТС

Проведённый нами анализ преимуществ и недостатков основных методик измерений ЗВ (рисунок 1) позволил выбрать наиболее предпочтительные для СОУТ водителей ТС, обладающие широким диапазоном, минимальной погрешностью, экспрессностью (быстротой) проведения анализа, возможностью автоматизации отбора проб и определения массовой концентраций ЗВ при отсутствии влияния их физико-химических свойств на результат измерений. По итогам применения стрелочной диаграммы нами выбраны следующие методики измерений: ацетона, бензола, ксилолов (п-ксилол, м-ксилол, о-ксилол), толуола по ФР.1.31.2014.17787; стирола по ФР.1.31.2016.23996; дисперсных частиц PM10 и PM2.5 по РД 52.04.830-2015; акролеина по МУК 4.1.2472-09; формальдегида по МУК 4.1.2469-09; бенз(а)пирена по МУК 4.1.1273-03. К основным преимуществам методики ФР.1.31.2014.17787 относится возможность экспресс определения концентраций ЗВ в воздухе на полностью автономном портативном газовом хроматографе ФГХ-1 с применением высокочувствительного фотоионизационного детектора. Данный метод может применяться для анализа в любых условиях, поскольку не требует специальных и сложных для приготовления растворов и материалов. Кроме того, использование пробоотборных пакетов ПП-1-5,0 позволяет хранить пробы от 10 до 30 раз дольше, чем в стеклянных шприцах.

Таким образом, выбор метрологического обеспечения для проведения СОУТ водителей ТС требует более детального изучения, так как кабины водителей – рабочее место в условиях повышенного риска воздействия токсичных веществ, а отсутствие защиты органов дыхания следует считать нарушением техники безопасности. Поэтому идентификация и расширение номенклатуры ЗВ, выбор методов и средств контроля в воздушной среде кабин водителей ТС должны быть неотъемлемой составляющей при совершенствовании СОУТ.

Работа выполнена под руководством заведующего кафедрой метрологии, стандартизации и сертификации – академика РАН, д-ра техн. наук, доцента Третьяк Л.Н.

Список литературы

1 О специальной оценке условий труда [Электронный ресурс].: Федер. закон от 27 июля 2013 г. № 426-ФЗ // КонсультантПлюс : справочная правовая система / разработ. НПО «Вычисл. математика и информатика». – Москва : Консультант Плюс, 1997-2021. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/. – 13.02.2021.

2 Третьяк, Л.Н. К вопросу оценки экологически безопасных условий труда водителей транспортных средств [Электронный ресурс] / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 23-25 января 2020 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2020. – С. 1259-1265.

3 Сайкин, А.М. Обоснование и разработка комплексных методов снижения загрязнения в кабинах карьерных самосвалов отработавшими газами дизелей : дисс. доктора техн. наук: 05.05.03 / А.М. Сайкин. – Москва: Науч-исслед. автомоб. и автотранспорт. Ин-т «НАМИ», 2010. – 393 с.

4 Гуревич, К.Г. Факторы, влияющие на состояние здоровья профессиональных водителей городских автобусов / К.Г. Гуревич, В.А. Катаева, А.М. Попкова, Ю.В. Трофименко // Вестник новгородского государственного университета. – 2005. – №35. – С. 7-8.

5 Захаров, С.В. Формирование методических подходов к оценке условий труда водителей автомобильного транспорта / С.В. Захаров, Д.Н. Легусова // Вестник ИрГТУ. – 2012. – №5 (64). – С. 50-55.

6 Третьяк, Л.Н. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных потоков путём комплексного учёта выбросов вредных веществ и разработки организационно-технических мероприятий [Электронный ресурс] / Л. Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Д.А. Косых // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2017. – № 11. – С. 40-46.