УДК 551.46

© А. А. Кондратюк, аспирант
© А. Е. Пушкарев, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sanytch2@ya.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-6-305-309

© А. А. Kondratiuk, post-graduate student
© А. Е. Pushkarev, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: sanytch2@ya.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СПЕЦАВТОТРАНСПОРТА В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ

INCREASING THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF SPECIAL PURPOSE VEHICLES USING ALTERNATIVE FUELS

Одна из основных тенденций развития современного общества — защита окружающей среды. Проблема экологической безопасности является актуальной для крупных городов, где 60–80 % вредных выбросов связано с работой транспорта и коммунального хозяйства. Проведен анализ экологической ситуации Северо-Западного региона, проанализированы экологическая безопасность при использовании спецавтотранспорта в городской агломерации и пути ее повышения. Также для повышения уровня экологической безопасности Северо-Западного региона при эксплуатации спецавтотранспорта, бензиновые и дизельные двигатели внутреннего сгорания переводятся на альтернативные газомоторные топлива: природный газ, пропан-бутан и водород.

Ключевые слова: экологическая безопасность, выбросы, спецавтотранспорт, концентрации, агломерации, газомоторное топливо.

One of the main trends in the modern society development is the environment protection. The problem of environmental safety is a topical issue for the large city, where from 60% to 80% of harmful emissions is the result of transport and communal service utilities' work. The article analyzes the environmental situation of the North-Western region of the Russian Federation, and considers the problem of the environmental safety when using special transport in urban agglomeration, as well as the ways of improving the situation. Another measure of increasing the level of environmental safety of the North-Western region during the operation of special vehicles, in the opinion of the authors, would be converting gasoline and diesel internal combustion engines to alternative gas engine fuel, namely, natural gas, propane-butane and hydrogen.

Keywords: environmental safety, emissions, special transport, concentration, agglomeration, gas engine fuel.

Северо-Западный экономический регион играет огромную роль для РФ. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области развито машиностроение, электротехническая, оборонная, строительная промышленность, транспорт и сельское хозяйство. Мурманская область знаменита рыбной отраслью, черной и цветной индустрией, судоремонтом, морским транспортом, производством электроэнергии и оленеводством. В Архангельской области развиты лесная, рыбная, нефтехимическая промышленности, а также расположен космодром в г. Плесецеке.

Загрязнение атмосферы происходит через работу промышленных предприятий, которые можно ассоциировать как стационарные источники и до 70 % от общих объемов загрязнения падает на выхлопные газы автотранспортных средств [1, 2].

Экологическая обстановка Северо-Западного региона ухудшается из-за поступления вредных веществ из близлежащих стран. Например [1–3], экология Новгородской области ухудшается через поступление выбросов соединений серы из соседних стран, которое составляет величину в 40 раз больше, чем величины выбросов соб-

ственных предприятий, а величина выбросов оксида азота из-за границы в 160 раз больше, чем внутриобластное.

Экологическую ситуацию Северо-Западного региона ухудшают выбросы соединений серы со стороны Польши, Германии, Белоруссии, Эстонии и Украины. Около 50 % объемов выбросов оксида азота производится из Польши и Германии. Оставшиеся 50 % вредных веществ поступают из Финляндии, Швеции и Великобритании.

В соответствии с данными [1–3] в Сибирском секторе вместе с осадками выпадают хлориды, которые составляют самое большое количество, далее идет сера и азотные соединения.

Для большей части Северо-Западного региона РФ в зимний период 2014–2016 гг. было характерно воздействие фоновых потоков серы, выпадающей вместе с осадками — до 20 кг/км²·мес. Самый большой уровень выпадения серы приходится на Мурманскую область — до 80 кг/км²·мес. и выше.

Анализ загрязнения воздуха Северо-Западного региона РФ показывает, что величины концентраций находятся на повышенном и очень высоком уровнях. Во всех агломерациях Северо-Западного региона величина среднегодовых концентраций оксида углерода ниже установленного ПДК. Однако практически во всех административно-территориальных единицах концентрация оксида углерода превышает среднюю величину по РФ. Это связано с выбросами промышленных предприятий, а также автотранспортных средств. Практически во всем Северо-

Западном регионе величина среднегодовых концентраций формальдегида превышает ПДКс.

Для всех агломераций Северо-Западного региона концентрация диоксида и оксида азота не превышает допустимые значения; также не превышает ПДК концентрация бенз(а)пирена, меньшая по сравнению со средним значением по РФ.

На рисунке показана динамика годового хода бенз(а)пирена в агломерациях Северо-Западного региона в 2017 году. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области концентрация бенз(а)пирена выше, чем допустимая в других агломерациях, особенно во время зимнего периода.

Во всех агломерациях Северо-Западного региона величина максимальной разовой концентрации превышает ПДК. Кроме того, в г. Архангельске установлено наблюдение за выбросами бензола, ксилола, толуола, этилбензола и метилмеркаптана. В г. Мурманске контролируется процесс выброса бензола, ксилола, толуола и этилбензола. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области за всеми выбросами также ведется наблюдение.

Санкт-Петербург в 2017 году — один из самых загрязненных городов РФ, а величина выбросов в воздух составляет 488 тыс. тонн в год. По загрязненности атмосферы Санкт-Петербург стоит на третьем месте после Норильска и Москвы. Основной источник выбросов — автотранспортные средства, на долю которых приходится более 80 % от всех выбросов. Из официального доклада об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2017 году средняя концентрация составила 0,6 ПДКс., т. е. снизилась относительно 2016 года

Динамика годового хода бенз(а)пирена в агломерациях Северо-Западного региона в 2017 году

(0,9 ПДКс.). Максимальная концентрация, превысившая ПДКм.р. в 2 раза, была измерена в марте в Красногвардейском районе (пост № 27). В течение года среднемесячные концентрации по городу изменялись в пределах 0,6–0,9 ПДКс., наибольшие из них отмечались в мае и июле. Наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДК за год составила 0,8 %. Средняя концентрация пыли за год превысила среднесуточную ПДК в 1,3 раза только на посту № 8, расположенном в Московском районе, на остальных постах среднегодовые концентрации не превосходили 0,8 % ПДКс. Уменьшению запыленности атмосферы способствовали обильные осадки, наблюдавшиеся в апреле и с июня по октябрь. Средние и максимальные разовые концентрации диоксида серы были значительно ниже установленных санитарных норм: среднегодовая концентрация составила 1 мкг/м³, максимальная разовая — 31 мкг/м³ (0,1 ПДКм.р.). Средняя концентрация растворимых сульфатов за год составила 1 мкг/м³, максимальная разовая — 17 мкг/м³; средняя концентрация оксида углерода за год составила 0,7 мг/м³ (0,2 ПДКс.), максимальная из разовых концентраций была измерена в декабре на посту № 6 в Центральном районе и превысила ПДКм.р. в 1,1 раза. Наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДК составила 0,1 %.

Проанализированный уровень экологической безопасности городской агломерации Северо-Западного экономического региона показывает [1–3], что актуальной задачей в ее повышении является сохранение и развитие системы защиты окружающей среды. Развитие экологической безопасности городской агломерации, соблюдение норм международных стандартов по использованию топлив и норм выбросов вредных веществ дает способствует созданию условий по обеспечению здоровой окружающей среды, увеличению продолжительности и качества жизни населения, что позволит экономически развиваться регионам всей РФ.

Проблема экологической безопасности использования спецавтотранспорта в городской агломерации — одна из важных составляющих экологической безопасности всей страны.

В соответствии со Стратегией экологической безопасности России до 2025 года к основным

целям по обеспечению экологической безопасности можно отнести:

- формирование, развитие и совершенствование государственной системы управления на муниципальном уровне, которая ориентирована на снижение негативных воздействий различной деятельности на окружающую среду;
- разработку и реализацию всех мероприятий для деятельности различных отраслей экономики с включением внедрения новейших экологически безопасных технологий или же оборудования, которые обеспечат уменьшение техногенной нагрузки на окружающую среду;
- развитие систем экологического мониторинга;
- укрепление и расширение деятельности служб, которые обеспечивают защиту природных ресурсов;
- обеспечение условий для общественных организаций по активному участию в охране окружающей среды.

Для того чтобы достигнуть цели в сфере обеспечения экологической безопасности, необходимо соблюсти принципы, которые заключаются:

- в совершенствовании структуры всех природоохранных органов;
- разработке методологической базы по оценке рисков и последствий для поддержания экологической безопасности;
- формировании доступа к информационным базам, которые включают решения, пригодные для реализации на предприятиях всех отраслей городской агломерации, направленные на минимизацию техногенных воздействий на окружающую среду;
- развитии сети научных и научно-исследовательских лабораторий, которые обеспечат возможность проведения работ для повышения уровня охраны окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов с разработкой новых технологий или рациональных предложений, направленных на обеспечение экологической безопасности;
- развитии и совершенствовании системы подготовки кадров;
- создании и совершенствовании информационных ресурсов, которые позволяют общественным организациям и населению принимать участие в деятельности, связанной с контролем

за хозяйственной или же другой деятельностью предприятий с последующим предотвращением действий, которые могут привести к ущербу экологических систем;

- развитии систем, связанных с производственным экологическим контролем, экологическим аудитом, системами мониторинга биоресурсов, которые позволяют адекватно выполнять соотношение уровней техногенных воздействий на окружающую среду, в том числе на ее состояние с биологическим разнообразием.

На данный момент для достижения экологической безопасности и здоровья населения городской агломерации, соблюдения нормативного качества окружающей среды и уменьшения выбросов возможно применение газодизеля [2–5], в котором основное топливо — сжатый природный газ или пропан-бутановая смесь [3]. Ранние стадии процесса горения в газодизеле протекают гетерогенно, несмотря на предварительную природу основной массы заряда. Первоначально большая часть сгорания происходит преимущественно в центральных областях цилиндра, вдали от стен. Вблизи границ топливной струи создаются идеальные условия для сгорания топливоздушной смеси, а при определенной температуре сгорание заканчивается за сравнительно короткое время, чему способствует турбулентное движение предварительно смешанного топлива и воздуха. В объеме цилиндра для локально богатых топливоздушных смесей кислород быстро сгорает, после чего следуют реакции высокотемпературного эндотермического риформинга, которые будут приводить к снижению температуры при потреблении непрореагировавшего топлива и дальнейшему выделению продуктов частичного окисления. Гетерогенная природа области смеси в окрестности струи пламени напоминает стратифицированный подход к сжиганию обедненной смеси, который использовался в некоторых устройствах при сжигании для уменьшения локализованного производства оксидов азота. Этот эффект способствует снижению общего производства оксидов азота по сравнению с прямым сгоранием дизельных двигателей. Поскольку стехиометрическое сжигание присутствует в расширенных участках струи с предварительно смешанным зарядом, необходимо оптимизировать процессы смешивания

и сжигания, чтобы добиться лучшей производительности и снижения уровней выбросов NO_x и твердых частиц [5].

Кроме того, для повышения экологической безопасности при использовании спецавтотранспорта в городской агломерации возможно применение двигателя, работающего на водороде [5], который можно рассматривать как носитель энергии. Он недоступен в применении естественным образом и в свободном состоянии, а требует, чтобы он производился из известных составляющих, таких как вода, но с большой затратой энергии, которая выделяется при горении. Он широко используется в нефтехимической промышленности, например, для производства широкого спектра химических веществ и для повышения качества бензинов и других видов топлив. Разумеется, жизнеспособность водорода в качестве топлива критически зависит от эффективного и экономичного решения ряда проблем, связанных с его изготовлением, поскольку для этого требуется много энергии и капитальных затрат. В настоящее время водород в качестве моторного топлива используется ограниченно. Большая часть его производится из ископаемых топлив — природного газа, нефти и угля с помощью парового риформинга или процессов частичного окисления. При этом используются как каталитические, так и некаталитические подходы. Большая часть водорода в настоящее время производится в установках большой мощности.

При использовании двигателей с высоким коэффициентом сжатия, использующих водород в качестве топлива, его характеристики горения, такие как высокие скорости распространения пламени и расширенные эксплуатационные пределы обедненной смеси, позволяют несколько лучше сократить выбросы NO_x , чем другие обычные углеводородные топлива. Однако основными препятствиями для использования водорода в качестве моторного топлива, особенно на автотранспорте, остаются размеры топливной системы, ее вес, сложность конструкции, а также стоимость хранения водорода на автотранспортном средстве. Также можно отметить, что молярная концентрация водорода во впускном заряде двигателя внутреннего сгорания намного выше, чем для других газообразных

топлив, что приводит к существенному смещению части всасываемого воздуха, снижая соответствующую общую концентрацию кислорода. Это будет иметь большое влияние на соответствующие процессы горения и выходную мощность в газодизельных двигателях с водородным топливом.

В качестве основного топлива в газодизеле применяют сжатый природный газ [3]. Характеристика сжатых природных газов, используемых в качестве моторного топлива, должна соответствовать требованиям ТУ 51-166-83, устанавливающим две марки газа: А и Б. Эти газы при обычной температуре окружающей среды и высоком (до 20 МПа) давлении сохраняют газообразное состояние. Основным компонентом природного газа является метан, представляющий собой полноценное топливо с хорошими антидетонационными характеристиками и достаточно высокой удельной теплотой сгорания, однако, помимо основного топлива в газодизеле, также применяют пропан-бутановую смесь, но в связи с отсутствием достаточного объема данных по данной тематике остается нерешенным ряд научно-технических вопросов.

Заключение

Для повышения уровня экологической безопасности Северо-Западного региона предложены пути ее повышения, для чего рекомендуется использовать водородные двигатели и газодизели вместо бензиновых и дизельных двигателей внутреннего сгорания. Требуется провести анализ полученных в конце XX века данных по указанной тематике, а также продолжить изучение проблемы экологической безопасности при использовании спецавтотранспорта.

Библиографический список

1. Хачиян А. С. Сравнительная оценка выбросов двуокиси углерода различными двигателями // Перспективы развития энергетических установок для автотранспортного комплекса: сб. научных трудов МАДИ (ТУ). М., 2016. С. 4–9.
2. Области применения газодизельных двигателей. Транспорт. URL: <https://www.drive2.ru/o/b/2805789> (дата обращения: 12.09.2019).
3. Karim G. A. The Combustion of Bio-Gases and Low-Heating Value Gaseous Fuel Mixtures, *International Journal of Green Energy*, 8, 1–10, 2011. P. 159.
4. Karim G. A. Fuels, Energy and the Environment, CRC Press, Boca Raton, FL, 2012. P. 350.
5. Aisho Y., Yaeo T., Koseki T., Saito T., and Kihara R. Combustion and Exhaust Emissions in a Direct Injection Diesel Engine Dual-Fueled with Natural Gas, SAE Paper 950465, 1995.

References

1. Khachiyani A. S. *Sravnitel'naya otsenka vybrosov dvuokisi ugleroda razlichnymi dvigatelyami* [Comparative assessment of carbon dioxide emissions by various engines]. *Trudy MADI (TU) «Perspektivy razvitiya ehnergeticheskikh ustanovok dlya avtotransportnogo kompleksa»* [Proc. of MADI (TU) "Prospects of development of power plants for the motor transport complex"]. Moscow, 2016, pp. 4–9.
2. *Oblasti primeneniya gazodizel'nykh dvigateley. Transport*. [Areas of f gas-diesel engines application. Transport]. Available at: <https://www.drive2.ru/o/b/2805789> (accessed: 12.09.2019).
3. Karim G. A. Combustion of Bio-Gases and Low-Heating Value Gaseous Fuel Mixtures, *International Journal of Green Energy*, 2011, l. 8, no. 1–10, p. 159.
4. Karim G. A., *Fuels, energy and the environment*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2012, p. 350.
5. Aisho Y., Yaeo T., Koseki T., Saito T., and Kihara R., *Combustion and exhaust emissions in a direct injection diesel engine dual-fueled with natural gas*. SAE Paper 950465, 1995.