

Младова Т. А., Муллер Н. В., Неведомский А. Д., Младов А. С.
T. A. Mladova, N. V. Muller, A. D. Nevedomsky, A. S. Mladov

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

MODELING OF ENVIRONMENTAL POLLUTION PROCESSES BY GAS STATION EMISSIONS

Младова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Кадастры и техносферная безопасность» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: vip.mladova@mail.ru.

Tatyana A. Mladova – PhD in Engineering, Associate Professor, Cadastre and Technosphere Safety Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: vip.mladova@mail.ru.

Муллер Нина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Кадастры и техносферная безопасность» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: only_nina@mail.ru.

Nina V. Muller – PhD in Engineering, Associate Professor, Acting Head of Cadastre and Technosphere Safety Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). Email: only_nina@mail.ru.

Неведомский Артур Денисович – магистрант кафедры «Кадастры и техносферная безопасность» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре).

Artur D. Nevedomsky – Master's Degree Student, Cadastre and Technosphere Safety Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur).

Младов Алексей Сергеевич – магистрант кафедры «Прикладная математика» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре).

Alexei S. Mladov – Master's Degree Student, Applied Mathematics Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur).

Аннотация. В статье проведены исследования и анализ выбросов вредных веществ в воздушную среду от автозаправочных станций (АЗС). В ходе исследования проанализированы зависимости валового выброса от мощности АЗС, сформированы расчётные модели. Предложены методы измерения загрязнения атмосферного воздуха при работе стационарных заправочных станций. Применительно к АЗС предложенная методика и модель помогут показать степень целесообразности строительства станции на выбранном участке, выявить плюсы и минусы.

Summary. The article studies and analyzes emissions of harmful substances into the air from gas stations. In the course of the study, the dependences of gross emissions on the capacity of gas stations were analyzed and calculation models were formed. The methods of solving atmospheric air pollution during the operation of stationary gas stations are proposed. With regard to gas stations, the proposed methodology and model will help to show the degree of expediency of building a station on the selected site, to identify the pros and cons.

Ключевые слова: АЗС, загрязнение окружающей природной среды, выбросы нефтепродуктов, экономический ущерб.

Key words: Gas stations, environmental pollution, oil product emissions, economic damage.

УДК 504.054

Проблема загрязнения окружающей среды приобрела особую остроту в современный период, характеризующийся высокими темпами роста производительных сил. Одним из наиболее распространённых источников загрязнения окружающей среды являются моторные транспортные

средства и предприятия по их обслуживанию. Стационарные и передвижные автомобильные средства доставки нефтепродуктов и сжиженного газа также стали источниками загрязнения водного и воздушного бассейнов.

Негативное влияние этих газов на окружающую среду проявляется в большей степени в крупных городах с высокой плотностью застройки и значительной концентрацией автотранспорта, причём потенциальная опасность этого влияния всё возрастает.

Вопросам влияния автозаправочных станций и автомобильных средств на окружающую среду и разработке методов её защиты уделяется значительное внимание в нашей стране и за рубежом.

Происходящие изменения в структуре и составе автомобильного парка и потребляемых им нефтепродуктах, а также быстрый рост автомобильных перевозок по стране вызывают необходимость в совершенствовании, развитии и специализации автозаправочных станций с учётом специфических условий эксплуатации и требований к заправке каждой группы автотранспорта.

В статье рассмотрены АЗС, расположенные на улицах Орловской, Дзержинского, Кирова, перекрёстке улиц Вокзальная – Димитрова, п. Майский (см. рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения АЗС

Ближайшие жилые дома для всех автозаправочных станций находятся на расстоянии более 300 м от площадок АЗС.

Проектируемые АЗС предназначены для заправки топливом легкового и грузового транспорта. Для этой цели на АЗС предусмотрена возможность хранения и раздачи трёх сортов неэтилированного бензина (АИ-92, АИ-95, АИ-98) и дизельного топлива. Значения существующих фоновых концентраций в районе проектируемой АЗС приняты в соответствии с письмом Росгидромета от 16 августа 2018 г. № 20-44/282 «О направлении временных рекомендаций “Фоновые концентрации вредных (загрязняющих) веществ на период с 2019 по 2023 гг.”».

Согласно приведённым значениям, фоновые концентрации по всем загрязняющим веществам в районе расчётной площадки не превышают значений 1,0 ПДК.

При анализе степени возможного загрязнения атмосферного воздуха жилой зоны выбросами проектируемой АЗС фоновые концентрации должны учитываться в сумме с расчётными значениями для веществ, приземные концентрации которых в жилой зоне превышают значение 0,10 ПДК.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются выбросы загрязняющих веществ от проектируемой АЗС, образующиеся в результате хранения автомобильного топ-

лива, слива топлива в резервуары и налива топлива в баки автомашин; работы двигателей автотранспорта во время въезда на территорию АЗС для заправки и выезда с территории.

Источниками выделения газовой смеси являются:

- резервуары с топливом при закачке и хранении;
- баки автомашин при заправке с топливораздаточных колонок;
- двигатели автотранспорта.

Источниками выбросов вредных веществ в атмосферный воздух являются:

- дыхательные клапаны резервуаров;
- топливные баки автомашин;
- выхлопные трубы автотранспорта.

Аварийные выбросы в атмосферу при эксплуатации АЗС отсутствуют.

Имеют место технологически предусмотренные залповые выбросы: в резервуарах с нефтепродуктами при загрузке; выброс углеводородов из дыхательного клапана резервуара.

Проведено исследование зависимости валового выброса выбрасываемых веществ от мощности станций.

Общий предполагаемый расход бензина и дизельного топлива на всех автозаправочных станциях представлен на рис. 2.

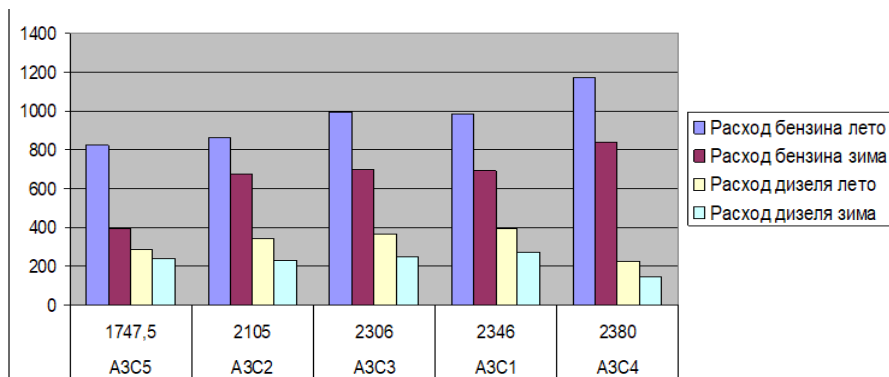


Рис. 2. Расход топлива на автозаправочных станциях

На рис. 2 видно, что наибольшую мощность будет иметь автозаправочная станция 1, которая находится на ул. Орловской при выезде из города, из-за высокой плотности автотранспорта.

Были смоделированы зависимости выброса вредных веществ в атмосферный воздух от мощности расхода топлива на станциях (см. рис. 3).

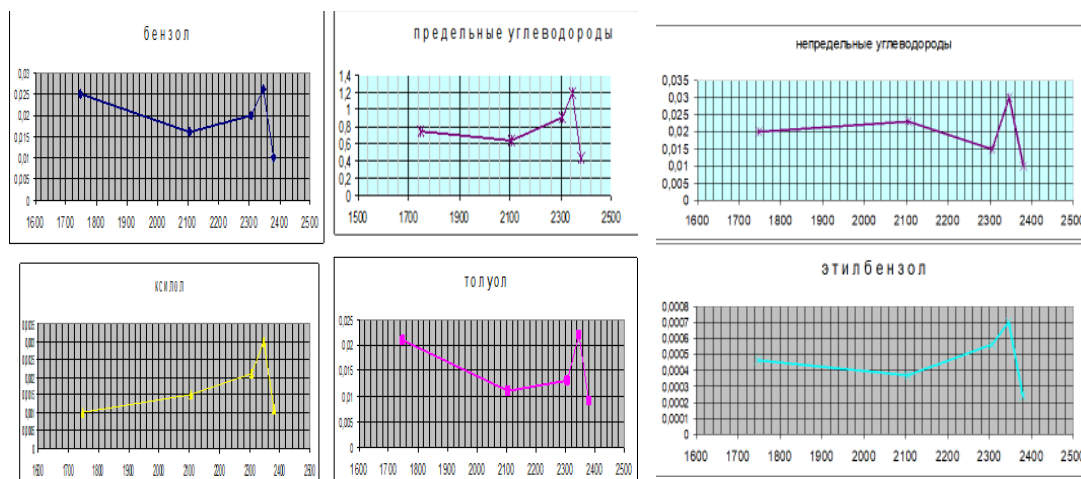


Рис. 3. Выбросы вредных веществ в атмосферу

Из графиков видно, что по мере увеличения мощности выбросы растут, а при наибольшей мощности выбросы вредных веществ на АЗС 1 самые низкие.

Оценивая графики, мы можем исследовать линейную зависимость, т. е. выбросы веществ имеют линейную связь с мощностью АЗС. Воспользуемся простой линейной регрессией и применим метод наименьших квадратов в выборочной совокупности для идентификации наилучшей модели:

– Бензол	$f(x) = 0,042 - 1,042 \cdot 10^{-5}t;$
– Тoluол	$f(x) = 0,036 - 9,353 \cdot 10^{-6}t;$
– Ксилол	$f(x) = -1,923 \cdot 10^{-3} + 1,683 \cdot 10^{-6}t;$
– Этилбензол	$f(x) = 3,455 \cdot 10^{-4} + 5,536 \cdot 10^{-8}t;$
– Предельные углеводороды C1-C5, C5-C10	$f(x) = 0,47 + 1,43 \cdot 10^{-4}t;$
– Непредельные углеводороды	$f(x) = 0,029 - 4,35 \cdot 10^{-6}t.$

При проектировании АЗС по выведенным формулам можно рассчитать количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, и оценить влияние выбросов на ближайшие селитебные зоны.

Произведём оценку потерь нефтепродуктов. При повышении температуры окружающей среды жидкости нагреваются и, как следствие, увеличиваются в объёме. Согласно п. 3.4 ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений» автоцистерна является мерой полной вместимости. В качестве методической основы послужил документ МИ 2632-2021 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность нефти и нефтепродуктов и коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости. Методы и программа расчёта» [4].

На основе фактических данных для каждого из шести основных видов нефтепродуктов были найдены их средние плотности при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Полученные результаты обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчётов

Показатель	Нефтепродукты					
	Бензины				Дизельное топливо	
	А-76 З	А-76 Л	А-92	А-95	ДТ З	ДТ Л
Средняя плотность при $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, г/см ³	0,72227	0,73833	0,76618	0,76415	0,82010	0,82999
Среднеквадратическое отклонение, г/см ³	0,00376	0,00569	0,00469	0,00783	0,00605	0,00351
Коэффициент вариации, %	0,52	0,77	0,61	1,02	0,74	0,42

Затем на интервале температур, характерных для Дальнего Востока (от -40 до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для бензинов) и до $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для дизельного топлива) [3]), были найдены расчётные плотности, соответствующие той или иной температуре.

Так, для плотностей при различных температурах легко найти линейные уравнения трендов, если использовать стандартный пакет анализа MS Excel. Точность аппроксимации R^2 оказалась почти 100%-й. Результаты полученных расчётов занесены в табл. 2.

Постоянные коэффициенты перед аргументом в функциях показывают, на сколько миллилитров изменится объём 1 литра нефтепродукта при изменении его температуры на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как видим, результаты по всем трём источникам довольно близки (см. табл. 3), но можно отметить, что ГОСТ Р 8.563-2009 и ГОСТ 58404-2019 выдают не совсем стабильные результаты. А потому в практической работе предпочтение следует отдавать всё же Р 50.2.040-2004 [4; 5; 6].

Таблица 2

Результаты расчёта значений аппроксимирующей функции

Показатель	Уравнение трендов	Аппроксимация
ДТ Л	$\rho(t) = -0,00071t + 0,84065$	$R^2 = 99,996 \%$
ДТ З	$\rho(t) = -0,00072t + 0,83082$	$R^2 = 99,996 \%$
А-92	$\rho(t) = -0,00088t + 0,77926$	$R^2 = 99,994 \%$
А-95	$\rho(t) = -0,00088t + 0,77729$	$R^2 = 99,994 \%$
А-98	$\rho(t) = -0,00089t + 0,75189$	$R^2 = 99,993 \%$

Таблица 3

Результаты расчётов

Показатель	Нефтепродукты				
	Бензины			Дизельное топливо	
	А-92	А-95	А-98	ДТ З	ДТ Л
Изменение объёма нефтепродукта при изменении температуры на 1 °С в расчёте на 1000 л					
Согласно Р 50.2.040-2004, л	0,88	0,88	0,88	0,72	0,71
Справочные данные					
Согласно ГОСТ Р 8.563-2009, л	0,76	0,76	0,80	0,69	0,67
Согласно ГОСТ 58404-2019, л	0,83	0,83	0,86	0,76	0,74

На основании проведённых исследований был произведён расчёт с наливного пункта на АЗС. Примем, что отгружен наиболее часто используемый бензин А-92 при температуре +17 °С, при этом указанный в товарно-транспортной накладной объём – 16 720 л – равен объёму автоцистерны согласно свидетельству о поверке.

По формуле объёма цилиндра найдём уменьшение номинального объёма продукта в горловине (с переводом в литры):

$$V_{\text{ц}} = \frac{\pi d^2 h}{4} \times 10^{-6},$$

$$V_{\text{ц}} = \frac{3,14 \cdot (900\text{мм})^2 \times 15\text{мм}}{4} \times 10^{-6} = 9,5 \text{ л.}$$

Используем коэффициент температурной сжимаемости бензина А-92; изменение объёма вследствие роста температуры продукта в цистерне в соответствии с Р 50.2.040-2004 составит 88,3 л.

Поскольку изменения носят характер, противоположный ожидаемому, то $9,5 + 88,3 \approx 98$ л, или почти пять 20-литровых канистр.

На основании вышеизложенного можно предположить, что будут произведены неучтённые переливы нефтепродуктов, что приведёт к дополнительному загрязнению окружающей среды.

Рекомендуется определять объём утраченного нефтепродукта в автоцистерне при каждой приёмке на АЗС согласно предложенной методике по Р 50.2.040-2004.

Проведённые исследования автозаправочных станций показали необходимость системного подхода при проектировании АЗС как любого промышленного объекта, расположенного в месте проживания населения [1; 2; 7].

Данный объект характеризуется рядом факторов, которые в данном случае целесообразно разбить на три группы:

1. оказание услуг населению (заправка автомашин топливом, кафе, магазин и т. д.), отчисление налогов в регион размещения и т. п.;

2. возможное ухудшение экологической обстановки, в том числе отражающееся на здоровье населения;

3. повышенная потенциальная опасность (взрывы топлива, угроза террористических актов и т. п.).

Таким образом, существует ряд противоречивых факторов, как положительных, так и отрицательных, с точки зрения размещения АЗС.

Применительно к АЗС предложенная методика и модель помогут показать степень целесообразности строительства станции на выбранном участке, выявить все плюсы и минусы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесникова, О. В. Влияние серийности на стратегию комплексной автоматизации управления машиностроительным производством / О. В. Колесникова, И. С. Рупинец // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2021. – № V-1 (53). – С. 38-46.
2. Кравченко, Е. Г. Оценка качества технологических процессов машиностроительных производств / Е. Г. Кравченко, Т. А. Отряскина, А. А. Шершнёв // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2021. – № VII-1 (55). – С. 79-87.
3. Теоретическая оценка величины отклонения разности между минимальным и максимальным значениями температуры окружающей среды / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, Пьей Зон Аунг, Е. В. Абрамсон // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № III-1 (43). – С. 81-93.
4. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений = State system for ensuring the uniformity of measurements. Procedures of measurements: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1253-ст: взамен ГОСТ Р 8.563.96: дата введения 2010-04-15 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»). – М.: Стандартинформ, 2023. – 20 с.
5. Р 50.2.040-2004. Рекомендации по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение учёта нефти при её транспортировке по системе магистральных нефтепроводов. Основные положения: приняты и введены в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2004 г. № 125-ст: взамен Инструкции по учёту нефти при её транспортировке по системе магистральных нефтепроводов ОАО АК «Транснефть»: дата введения 2005-01-01 / разработаны Федеральным государственным унитарным предприятием Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии (ФГУП ВНИИР). – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2004. – 70 с.
6. ГОСТ 58404-2019. Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации = Petrol filling stations and complexes. Rules of technical operations: Национальный стандарт Российской Федерации: утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 апреля 2019 г. № 167-ст: введён впервые: дата введения 2019-06-01 / разработан Публичным акционерным обществом «Нефтяная компания “Роснефть”» (ПАО «НК “Роснефть”»). – М.: Стандартинформ, 2023. – 53 с.
7. Бондарь, В. А. Операции с нефтепродуктами. Автозаправочные станции / В. А. Бондарь, Е. И. Зоря, Д. В. Цагарелли. – М.: ООО «Паритет Граф», 2000. – 407 с.