

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

На правах рукописи



ХРЕСТЕНКО РУСЛАН ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ОТ ПРОЛИВОВ БЕНЗИНА И
ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ АВТОТРАНСПОРТА И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЕГО СНИЖЕНИЯ**

2.1.10. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Азаров Валерий Николаевич

Волгоград

2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5	
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....		11
1.1 «Малые» проливы нефтепродуктов в городской среде.....		11
1.2 Методики определения поступления нефтепродуктов в атмосферный воздух от объектов городской среды.....		16
1.3 Анализ мероприятий для предотвращения и устранения «малых» проливов нефтепродуктов и минимизации их воздействия на окружающую среду на урбанизированных территориях		20
1.3.1 Анализ требований к санитарно-защитным зонам для объектов городской среды	20	
1.3.2 Обращение с нефтепродуктами в городской среде для предотвращения «малых» проливов	22	
1.3.3 Анализ существующих методов сбора «малых» проливов нефтепродуктов	26	
1.3.4 Анализ способов накопления и хранения нефтесодержащих отходов, образовавшихся в результате сбора «малых» проливов.....	29	
1.4 Моделирование и прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха городских территорий нефтепродуктами.....	31	
1.5 Выбор направления исследований.....	34	
1.6 Выводы по первой главе.....	36	
2. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ «МАЛЫХ» ПРОЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ КАК ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ (на примере г.		38

Волгограда).....	38
2.1 Анализ источников возникновения «малых» проливов	38
2.2 Анализ свойств наиболее широко используемых нефтепродуктов, характерных для городской среды	42
2.3 Исследование характеристик «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.....	46
2.3.1 Объёмы «малых» проливов и частота их возникновения.....	47
2.3.2 Исследование зависимости площади «малых» проливов от свойств пролитой жидкости и характеристик процесса пролива.....	51
2.3.3 Влияние свойств подстилающей поверхности на площадь «малых» проливов	61
2.4 Анализ влияния метеорологических условий на рассеивание в воздушной среде вредных веществ от «малых» проливов	68
2.5 Выводы по второй главе.....	80
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ...	82
3.1 Моделирование загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов бензина в городской среде.....	82
3.2 Расчёт и определение закономерностей рассеивания вредных веществ в атмосфере от «малых» проливов в городской среде.....	88
3.3 Расчёт валовых выбросов бензина в атмосферу от «малых» проливов..	102
3.4 Сбор «малых» проливов в городской среде.....	105
3.5 Уточнение закономерностей распределения «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.....	109
3.6 Выводы по третьей главе.....	110
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	111
4.1 Определение оптимального времени реагирования на «малый» пролив бензина.....	111
4.2 Рекомендации по обработке материалом «малого» пролива	112
4.3 Анализ материалов, применяемых для сбора «малых» проливов	

нефтепродуктов в городской среде.....	114
4.4 Требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.....	115
4.5 Анализ существующих требований к контейнерам для хранения и накопления нефтесодержащих отходов, образовавшихся при сборе «малых» проливов.....	119
4.6 Дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления нефтесодержащих отходов в городской среде.....	120
4.6.1 Показатели экологической безопасности.....	120
4.6.2 Показатели стойкости к внешним воздействиям.....	126
4.6.3 Показатели стойкости к внутренним воздействиям.....	127
4.6.4 Показатели удобства эксплуатации.....	128
4.6.5 Показатели транспортабельности.....	128
4.7 Выводы по четвертой главе.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	135
Приложение А. Справка ООО УК «Тандем»	155
Приложение Б. Акт о внедрении ООО УК «Мишино».....	156
Приложение В. Акт о внедрении МУ «АВХ Волгограда».....	157
Приложение Г. Справка МБУ «Северное»	158
Приложение Д. Письмо департамента городского хозяйства администрации Волгограда	159
Приложение Е. Акт о внедрении ООО ПКП «СТАВПРОМКОМПЛЕКТ»..	160
Приложение Ж. Справка ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой».....	161
Приложение З. Письмо Облкомприроды № 10-14-02/20640 от 17.09.2021 г..	162
Приложение И. Письмо ИАиС ВолгГТУ.....	163
Приложение К. Письмо Облкомприроды № 10-14-02/22322 от 12.10.2021 г.	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Основная часть населения РФ проживает в городах, в связи с чем, охрана атмосферного воздуха урбанизированных территорий является важной государственной задачей. Развитие городов неразрывно связано с обращением автотранспорта, что неизбежно обуславливает загрязнение окружающей среды. Одним из источников загрязнения являются так называемые «малые» проливы нефтепродуктов, происходящие на АЗС, на стоянках и парковках. Это проливы топлива и технических жидкостей автотранспорта (моторные и трансмиссионные масла, тормозные жидкости и другие). Объём такого единичного пролива, как правило, незначителен. Однако, они распространены практически на всей городской территории и постоянно происходят в любой момент времени, в связи с чем, проблема изучения их влияния на экологическую безопасность, особенно атмосферного воздуха, является актуальной. Учёт влияния «малых» проливов нефтепродуктов необходим при разработке проектной документации и строительстве новых объектов в городской среде, а также при реконструкции существующих объектов.

Степень разработанности темы. Вопросами защиты воздуха городской среды от выбросов, разработкой методов мониторинга и прогнозирования занимались исследователи: В.Н. Азаров, М.Е. Берлянд, Н.С. Буренин, А.Н. Васильев, М.В. Волкодаева, К.В. Гармонов, Д.В. Иванов, О.В. Ложкина, М.С. Лысенко, С.А. Новикова, Т.В. Носкова, Н.П. Садовникова, В.Ф. Хватов, Е.Г. Цыплакова, А.Р. Шагидуллин, Р.Р. Шагидуллин, Л.О. Штриплинг, Т. Ottosen, R. Berkowicz, M. Ketzel, J. Kukkonen, J. Härkönen, J. Walden, E.L. Genikhovich и другие.

Исследованиями материалов, применяемых для сбора нефтепродуктов, занимались ученые: Т.А. Байбурдов, Е.А. Баннова, Е.С. Белик, Ю.А. Булавка, Е.А. Бухарова, Е.В. Веприкова, В.Ф. Желтобрюхов, Ю.Н. Каҳраманлы, П.Б. Кащеева,

В.А. Корнев, Л.А. Лапушова, А.А. Околелова, Н.А. Самойлов, Е.С. Свешникова, Н.А. Таратанов, А.Г. Ушаков, Б.В. Цомбуева, Л.О. Штриплинг, М. Franus, G. Józefaciuk, V. Lapkovskis, V. Mironovs и другие.

Изучению свойств разливов и проливов нефти и нефтепродуктов посвящены работы В.А. Алексеева, Г.Л. Генделя, И.Н. Карькина, А.В. Краснова, А.С. Лохова, В.В Смелова, С.В. Субачева, В.Д. Халикова, Ф.Ш. Хафизова и других учёных.

Исследованием влияния отходов на экологическую безопасность городской среды занимались ученые: В.Н. Азаров, Л.Н. Бельдеева, В.И. Беспалов, В.Л. Гапонов, В.О. Долгова, А.И. Климова, Э.С. Косицына, О.Н. Кулиш, М.А. Лихоманова, Н.В. Нечипорук, В.Ф. Сидоренко, В.Г. Систер, С.Г. Шеина и другие.

Вопросы загрязнения окружающей среды нефтесодержащими отходами отражены в исследованиях Д.Е. Быкова, А.В. Васильева, В.А. Дронченко, С.В. Золотокоповой, Т.А. Литвиновой, С.В. Мещерякова, А.В. Панина, А.А. Пименова, Г.Г. Поповой, С.П. Шкаруппы, Л.О. Штриплинга и других учёных.

Однако, вопросы, связанные с исследованием влияния «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде, процессов их сбора, отходов, образующихся при их сборе, на атмосферный воздух, являются недостаточно изученными.

Настоящая работа выполнялась в рамках научно-исследовательских работ, выполняемых ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», с поддержкой Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области.

Цели и задачи. Целью работы является снижение и прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха городских территорий от «малых» проливов бензина и технических жидкостей автотранспорта.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Анализ степени исследованности проблематики «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.
2. Исследование свойств «малых» проливов нефтепродуктов, характерных для городской среды.

3. Установление зависимости между площадью «малого» пролива и объёмом пролитого нефтепродукта с учётом свойств подстилающей поверхности и характеристик процесса пролива.
4. Экспериментальное исследование загрязнения атмосферного воздуха при «малых» проливах бензина и технических жидкостей с транспортных средств в городской среде.
5. Расчёт валовых выбросов в атмосферу от «малых» проливов на примере бензина и технических жидкостей.
6. Расчёт загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий вредными веществами от «малых» проливов на примере бензина.
7. Экспериментальное исследование по совершенствованию сбора «малых» проливов, в том числе определение оптимального времени реагирования на «малый» пролив бензина в городской среде, улучшение технологии обработки «малого» пролива и повышение эффективности хранения и накопления отходов, образовавшихся при сборе «малых» проливов.
8. Анализ свойств применяемых материалов и разработка требований к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов.
9. Анализ требований к контейнерам для хранения и накопления нефте содержащих отходов, образующихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде, и разработка дополнительных требований к контейнерам.

Научная новизна.

1. Впервые разработан способ расчёта суммарных валовых выбросов вредных веществ от малых» проливов бензина и технических жидкостей автотранспорта в воздушную среду города на основании характеристик «малых» проливов.
2. Впервые доказано, что законы распределения случайных величин площадей «малых» проливов в городской среде подчиняются усечённым нормальным распределениям.

3. Впервые получены коэффициенты линейной связи между площадями и объёмами пролитых нефтепродуктов в зависимости от параметров «малых» проливов, свойственных для городской среды (характер пролития, расстояние от места истечения до подстилающей поверхности, объём жидкости).
4. Экспериментально получены зависимости, позволяющие на основании характеристик «малого» пролива, метеоусловий и расстояния от места возникновения «малого» пролива, рассчитать концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе урбанизированных территорий.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Усовершенствован подход к оценке загрязнения воздуха урбанизированных территорий от «малых» проливов нефтепродуктов.
2. На основании экспериментальных исследований получены закономерности распределения «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.
3. Определено оптимальное время реагирования на «малый» пролив бензина.
4. Усовершенствована технология обработки «малого» пролива нефтепродукта при его сборе с целью минимизации загрязнения атмосферного воздуха.
5. Обоснованы и разработаны применительно к городской среде требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов.
6. Обоснованы и разработаны дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов.

Результаты работы использованы на объектах г. Волгограда и г. Ставрополя: при обслуживании многоквартирных жилых домов ООО УК «Мишино» и ООО УК «Тандем» в г. Волгограде, на АЗС «Октан» в г. Ставрополь позволили снизить реальные выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и уменьшить объём образующихся отходов и в МУ «АВХ Волгограда» для улучшения экологической обстановки и снижения негативного воздействия на дорожные покрытия.

Решения по сбору «малых» проливов нефтепродуктов, образующихся на городских дорогах г. Волгограда, имеют практическое значение для улучшения

качества атмосферного воздуха и были оценены МБУ «Северное», обслуживающее автомобильные дороги в г. Волгограде.

Разработанные требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде и требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся на урбанизированных территориях, при сборе «малых» проливов, представляют практический интерес для городского хозяйства и согласованы департаментом городского хозяйства администрации Волгограда.

Результаты исследований загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов нефтепродуктов переданы в Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, который указал на актуальность данной работы для населенных пунктов с широко развитой транспортной инфраструктурой, и будет использовать полученные результаты при осуществлении регионального экологического надзора и государственного экологического мониторинга.

Методология и методы исследования включали следующее: анализ и обобщение информации из научных публикаций, нормативно-технических документов, натурные наблюдения, моделирование изучаемых процессов в лабораторных условиях, выполнение экспериментальных исследований, обработку результатов с применением специализированных программ и проведение испытаний на объектах городской среды.

Положения, выносимые на защиту

1. Положение о том, что распределение площадей «малых» проливов нефтепродуктов, характерных для городской среды, подчиняется усеченному нормальному распределению.
2. Положение о том, что разработанная расчётная модель загрязнения атмосферного воздуха на городских территориях от «малых» проливов нефтепродуктов с высокой степенью точности оценивает загрязнение атмосферного воздуха городской среды.

3. Положение о том, что применение усовершенствованной методики сбора «малых» проливов нефтепродуктов на АЗС и придомовых территориях в городской среде позволяет эффективно собирать пролитые нефтепродукты и уменьшает их негативное воздействие на атмосферный воздух.

4. Положение о том, что дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде, обеспечивают повышение экологической безопасности урбанизированных территорий и учитывают необходимые требования по их безопасной и надежной эксплуатации.

5. Положение о том, что использование требований к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде обеспечит эффективный сбор «малых» проливов нефтепродуктов, способствует их широкому применению в городской среде и учитывает дальнейшее обращение с образовавшимися нефтесодержащими отходами.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность обоснована анализом большого числа нормативно-технической документации, научной литературы, объёмом экспериментальных исследований, использованием современной приборно-аналитической базы и программного обеспечения.

Основные положения и результаты работы докладывали и получили одобрение на научно-практическом семинаре «Современные проблемы техносферной безопасности» (г. Волгоград, 2018 г.); всероссийской научно-практической конференции «Региональная экономика, инвестиции, инновации, социально-экономическое развитие: теория, методология и концепции модернизации» (г. Михайловка, 2019 г.); конференциях инженеров-экологов «Проблемы охраны производственной и окружающей среды» (г. Волгоград, 2020-2021 гг.), XXII международном экологическом конгрессе «АТМОСФЕРА-2021» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.) и международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса» (г. Волгоград, 2021 г.).

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 «Малые» проливы нефтепродуктов в городской среде

Городская среда характеризуется наличием большого числа объектов, где происходит обращение с нефтепродуктами [1,2,3], что неизбежно обуславливает загрязнение окружающей среды. Основными объектами являются АЗС, автомастерские/центры (станции) технического обслуживания автомобилей, автостоянки и парковки, гаражи/гаражные кооперативы, автомобильные дороги и другие.

На АЗС загрязнение нефтепродуктами происходит в результате проведения технологических операций с топливом. Основными источниками загрязнения являются резервуары/емкости для хранения топлива, автоцистерны с топливом, топливораздаточные колонки, объекты в составе очистных сооружений, аварийные разливы нефтепродуктов, неплотности технологического оборудования и коммуникаций, системы вентиляции производственных помещений АЗС и объектов технического обслуживания на территории АЗС, выбросы выхлопных газов транспорта и контейнеры для хранения и накопления нефте содержащих отходов, образующихся в процессе деятельности АЗС. В автомастерских/центрах (станциях) технического обслуживания автомобилей, в гаражах/гаражных кооперативах загрязнение нефтепродуктами происходит при обслуживании транспорта – при замене различных эксплуатационных жидкостей. На парковках и автостоянках загрязнение нефтепродуктами происходит в результате утечек различных технических жидкостей и топлива. В литературе

встречаются работы [4, 5, 6], посвященные влиянию стоянок автотранспорта на экологическую обстановку городских территорий.

Для городской среды, в основном характерны следующие нефтепродукты: жидкие углеводородные топлива (автомобильные бензины, дизельное топливо) и технические жидкости из систем транспортных средств (масла моторные и трансмиссионные, тормозные и амортизационные жидкости, антифризы и другие). Одним из видов загрязнения нефтепродуктами урбанизированных территорий являются многочисленные проливы, встречающиеся практически на них повсеместно. Функционирование городской среды сложно представить без развития транспорта [7, 8], эксплуатация и обслуживание которого, подразумевают использование нефтепродуктов. В РФ предпринимают попытки развивать электротранспорт [9]. Однако, его применение, в основном, ограничено использованием троллейбусов, трамваев, электропоездов и другого общественного транспорта на электротяге. Личный автотранспорт, работающий только за счёт электроэнергии, является, в большинстве случаев, редким явлением в РФ. При этом, в системах электротранспорта используют различные смазочные материалы, поэтому проблема проливов также является актуальной. Более того, экологичность электротранспорта в целом можно поставить под сомнение. В работе [10] приводят пример, что типичный семейный автомобиль среднего класса за весь цикл производства и эксплуатации выбросит в окружающую среду углекислого газа 24 т, в то время как электрический автомобиль – 18 т.

Для городской среды типичны проливы нефтепродуктов, характеризующиеся малым объёмом пролитой жидкости. В нормативно-технической документации используют термины «пролив» и «разлив». Конкретных различий между терминами в документации встретить не удалось. По смыслу представляется целесообразным употреблять термин «пролив», хотя допускают употребление термина «разлив». В нормативно-технической документации термин «разлив» более часто используют применительно к большим объёмам жидкости, чем термин «пролив». В Постановлении Правительства Российской Федерации от 21

августа 2000 года №613 [11] используют термин «разлив». В том же документе указана классификация чрезвычайных ситуаций по категориям, при этом наименьшую из категорий представляет чрезвычайная ситуация локального значения – разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов до 100 тонн нефти и нефтепродуктов на территории объекта. В Приложении 2 «Значения нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации» к Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 3 марта 2003 года N 156 «Об утверждении Указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации» [12] для территорий населенных пунктов значение нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов составляет не менее 0,5 тонн.

В РД 153-39.2-080-01 «Правила технической эксплуатации автозаправочных станций» [13] используют термин «разлив». В ГОСТ Р 58404-2019 «Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации» [14], который устанавливает правила технической эксплуатации автозаправочных станций и комплексов, применяют в основном термин «пролив», однако в этом же документе использован термин «разлив» в ситуации с переполнением резервуара. В документе «Правила по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов» [15] применительно к требованиям по охране труда при эксплуатации автозаправочных станций используют термин «пролитые нефтепродукты». В том же документе в требованиях охраны труда, предъявляемых к транспортировке и хранению исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства используют термин «разлив». В методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 №404 [16], применяется термин «пролив». В литературном источнике [17] также используют термин «пролив». В п. 3 «Термины и определения» СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной

безопасности» [18] аварийный пролив топлива определяют, как топливо, поступившее из оборудования в окружающее пространство в результате аварийной разгерметизации указанного оборудования и/или нарушения требований к эксплуатации АЗС, к которым можно также отнести и ситуации с проливами топлива на топливораздаточных колонках. В научных публикациях авторы также не разграничивают термины «пролив» и «разлив». Например, в работе [19] указывают возможные источники разливов нефтепродуктов на территории АЗС, то есть применяется термин «разлив». В этой же публикации при рассмотрении пожаров на объектах АЗС используют термин «пролив».

В п. 17 «Действия в нештатных ситуациях в работе с нефтепродуктами» документа [14] указан порядок действий в случае пролива нефтепродукта. При его проливе до 10 литров при заправке транспортных средств на топливораздаточной колонке и до 50 литров при сливе автомобильной цистерны предусмотрен один порядок действий, а в остальных случаях по смыслу документа другой. Таким образом, значения 10 литров и 50 литров являются граничными.

В настоящей работе используем термин «малый» пролив. Для конкретизации термина «малый» пролив принят объём пролитой жидкости до 10 литров, то есть указанное значение пролива при заправке на топливораздаточной колонке. Такое решение обусловлено, тем, что вероятность возникновения пролива до 50 литров при сливе автомобильной цистерны относительно мала по сравнению с вероятностью пролива при заправке на топливораздаточной колонке. С другой стороны, величина до 10 литров для конкретизации «малых» проливов обусловлена также тем, что, как правило, объём технической жидкости, используемой для замены при проведении технического обслуживания транспортного средства, в подавляющем большинстве случаев не превышает этого значения. Таким образом, объём пролитой жидкости для образования «малого» единичного пролива составляет до 10 литров.

Важным вопросом является определение суммарного объёма проливов нефтепродуктов в городской среде. В нормативно-технической документации и в

научных публикациях такая информация не содержится. В работах [20, 21, 22] по проливам нефтепродуктов на АЗС указано, что их количество у топливораздаточных колонок и на площадке слива топлива достигает до 100 г на 1 т бензина и 50 г на 1 т дизельного топлива. В публикации [21] приведена информация о том, что «проливы и утечки в процессе эксплуатации АЗС составляют в общей эмиссии загрязнения определенную долю: проливы при заправке автотранспорта – 30 %; проливы при сливе нефтепродуктов из автоцистерн – 25 %; проливы и утечки нефтепродуктов при обслуживании и ремонте технологического оборудования – 20 %; утечки нефтепродуктов из-за неисправности оборудования – 15 %; другие источники – 10 %». С учётом вышеупомянутых сведений, потери топлива значительно выше, чем ранее представленные цифры (до 100 г на 1 т бензина и 50 г на 1 т дизельного топлива). Статистику по проливам топлива на других объектах, входящих в состав городской инфраструктуры, не ведут и, соответственно, количественные характеристики отсутствуют. Согласно данным Министерства энергетики РФ [23], за 2017 год на внутренний рынок страны было поставлено автомобильных бензинов 35,2 млн. т. и дизельного топлива – 33,1 млн. т., в связи с чем, объём проливов указанных топлив представляет значимые цифры.

Информацию по объёмам проливов технических жидкостей с транспортных средств в научной литературе и нормативно-технической документации встретить не удалось. В публикации [24] приводят сведения о полноте сбора нефтеотходов. Для моторных масел норма сбора составляет 50 % и 80 % для транспортных предприятий и автосервисов соответственно, а для гидравлических масел – 70 %. В связи с чем, можно полагать, что значительная часть эксплуатационных жидкостей теряется в процессе эксплуатации и/или их сбор не осуществляется должным образом. В Распоряжении Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р «О введении в действие Методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [25] и в 8700.00 РД «Методика расчета норм расхода

горюче-смазочных материалов» [26] приведены сведения о нормах расхода масла, однако под расходом масла понимают его количество, которое попало в камеру сгорания, что не отражает потери масла, обусловленные его «малыми» проливами (все утечки масла из двигателя). Данные по потерям масла нам встретить не удалось и, тем более, по его поступлению в окружающую среду, как и по потерям других технических жидкостей, применяемых в транспортных средствах.

1.2 Методики определения поступления нефтепродуктов в атмосферный воздух от объектов городской среды

Для определения выбросов нефтепродуктов в атмосферу применяют различные методики. В методике по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Госкомнефтепродукта РСФСР [27] указаны источники выделения углеводородов в атмосферу, в том числе сливно-наливные устройства для нефтепродуктов, бензобаки заправляющихся автомобилей, аппаратура и технологическое оборудование, расположенные на открытых площадках, помещения, в которых установлены аппараты и технологическое оборудование. При этом, в документе отсутствуют сведения о выбросах, обусловленных «малыми» проливами нефтепродуктов. В методике по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу [28], и предназначеннной для использования на предприятиях нефтепродуктообеспечения ОАО «НК «Роснефть» также отсутствует информация об определении выбросов от «малых» проливов нефтепродуктов. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий [29] устанавливает порядок расчета валовых и максимально разовых выбросов

загрязняющих веществ от источников загрязнения атмосферы на территории автотранспортных предприятий, а также грузовых станций и терминалов, гаражей и стоянок автомобилей, организаций, предоставляющих услуги по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. В документе приведены расчёты выброса загрязняющих веществ от стоянок автомобилей и от различных производственных участков. В случае выбросов от стоянок автомобилей расчёт выполняется для шести загрязняющих веществ, в том числе углеводородов – «СН». Согласно ГОСТ 31967-2012 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с Изменением N 1)» [30] «углеводороды СН – смесь паров всех несгоревших и частично окисленных углеводородов топлива и масла, образующихся в процессах горения топлива и выпуска продуктов сгорания из цилиндра двигателя». При этом учёт выбросов, обусловленных «малыми» проливами нефтепродуктов, не производят. В соответствии с документом [29] при техническом обслуживании и ремонте автомобилей в зонах технического обслуживания и текущего ремонта источниками выделения загрязняющих веществ являются только движущиеся автомобили.

При расчёте загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий «малые» проливы не принимают во внимание и их воздействие не оценивают, хотя в состав многих лакокрасочных материалов входят ацетон, толуол, ксиол и другие нефтепродукты. При кузнецких работах применительно к нефтепродуктам (масло минеральное нефтяное) учитывают только технологические операции при термической обработке металлоизделий. При проведении ремонта резинотехнических изделий учитывают выброс бензина, обусловленный приготовлением, нанесением и сушкой клея, но выбросы от возможных «малых» проливов бензина не принимают во внимание. Механическая обработка материалов может включать в себя обработку металлов с охлаждением, при этом учитывают выделение в атмосферу масла (эмulsionа), однако, возможные «малые» проливы и их влияние на загрязнение воздуха не принимают во

внимание. При обкатке и испытаниях двигателей после ремонта рассматривают только токсичные вещества, которые выделяются при работе двигателя. В процессе мойки и расконсервации деталей применяют керосин, но при этом выбросы от его возможных «малых» проливов не принимают во внимание. При испытаниях и ремонте топливной аппаратуры также используют керосин для проведения моек и топливо, но возможные «малые» проливы также не учитывают. В перечне методик, используемых в 2019 году для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [31], подготовленном АО «НИИ Атмосфера», которое является одной из ведущих организаций в области охраны атмосферного воздуха, нам не удалось встретить методики по расчёту выбросов нефтепродуктов в воздушную среду, которые обусловлены их «малыми» проливами, на объектах городской инфраструктуры.

На основании анализа нормативно-технической документации можно сделать вывод, что выбросы от «малых» проливов нефтепродуктов, характерных для городской среды, не учитывают. Этот факт связан со следующими причинами. Во-первых, объём пролитого нефтепродукта для единичного «малого» пролива незначителен, в связи с чем, он, в подавляющем большинстве случае, не является объектом внимания государственных инстанций. По этой же причине граждане, которые постоянно видят «малые» проливы в городской среде, обычно, не реагируют на их наличие. Во-вторых, «малые» проливы, в основном, носят непреднамеренный характер, и сбор статистических данных по их возникновению на объектах городской среды не ведут. В-третьих, даже персонал АЗС, в чью зону ответственности входит устранение «малых» проливов на АЗС, также не производит должного учёта проливов, что, вероятно, связано с экономической составляющей по дальнейшему обращению с отходами, которые образовались в результате сбора «малых» проливов.

Не только выбросы от «малых» проливов нефтепродуктов являются источниками загрязнения атмосферного воздуха в городской среде. На

урбанизированных территориях образуются отходы, содержащие нефтепродукты, которые являются вторичными факторами загрязнения, например, при сборе «малых» проливов нефтепродуктов на АЗС, автостоянках. При их хранении и накоплении происходят процессы эмиссии нефтепродуктов в атмосферный воздух. Анализ литературы показал, что должный учёт выбросов от объектов хранения и накопления нефтесодержащих отходов на урбанизированных территориях отсутствует. В работе [32] оценивали влияние на окружающую среду проектируемой типовой АЗС. Авторы приводят годовой норматив образования отхода, образующегося при ликвидации проливов нефтепродуктов, – песка, загрязненного маслами (содержание масел менее 15 %) – 0,035 т/год (0,018 м³/год), то есть 35 кг/год. Принимая во внимание данные по количеству проливов [20, 21, 22], указанная цифра представляется существенно заниженной с учётом годового объёма бензина – 930 м³ и годового объёма дизельного топлива 120 м³ в соответствии с данными публикации [32]. В документе [33] для определения объёма образования промасленного материала (песок, опилки и пр.) от засыпки проливов нефтепродуктов приведена формула, для применения которой необходимо вести учёт количества «малых» проливов нефтепродуктов и объёма материала (песка), использованного для засыпки «малых» проливов нефтепродуктов. В настоящее время должный учёт «малых» проливов нефтепродуктов не ведут даже на АЗС, не говоря уже о других объектах городской среды, которым свойственны подобные проливы, поэтому использование формулы из [33] фактически является формальным. В научной литературе встречается значительное число работ, посвященных повышению экологической безопасности АЗС, например, публикация [34], но при этом внимание к нормированию объёмов образования отходов от проливов нефтепродуктов практически не уделяют.

1.3.Анализ мероприятий для предотвращения и устранения «малых» проливов нефтепродуктов и минимизации их воздействия на окружающую среду на урбанизированных территориях

1.3.1 Анализ требований к санитарно-защитным зонам для объектов городской среды

Санитарно-защитную зону можно определить как функциональную зону в городской среде, которая предназначена для защиты от вредного воздействия. В СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [35] приведены требования на размещение, строительство и эксплуатацию вновь строящихся, реконструируемых различных объектов, которые являются источниками воздействия на окружающую среду. Документ устанавливает требования к размеру санитарно-защитных зон, ограничения на использование территории санитарно-защитной зоны и другие требования. Ориентировочные размеры санитарно-защитных зон устанавливаются в соответствии с санитарной классификацией. Размеры санитарно-защитных зон для объектов, характерных для городской среды, могут быть 50, 100 и 300 м.

Санитарно-защитные зоны для основных объектов, где преимущественно происходит обращение с нефтепродуктами, в городской среде предусмотрены. При расчёте санитарно-защитных зон её размеры устанавливают на основании расчётов рассеивания загрязнения атмосферного воздуха и физических воздействий на атмосферный воздух по разработанным методикам. К сожалению, как было выяснено ранее, должного учёта выбросов, обусловленных «малыми»

проливами нефтепродуктов, не ведут, что соответственно сказывается и при расчёте санитарно-защитных зон. Более того, согласно существующим правилам размер санитарно-защитной зоны для действующих объектов может быть уменьшен. Использование такой нормы позволяет производить строительство объектов в достаточно плотной городской застройке, что часто негативно влияет на экологическую безопасность.

В документе [35] указаны сведения по разрывам от сооружений для хранения легкового автотранспорта до объектов застройки. Расстояние от открытых автостоянок и паркингов до фасадов жилых домов и торцов с окнами составляет не менее 10 метров. Оно зависит от количества машино-мест, при количестве 10 и менее – расстояние 10 м, при количестве 11-50 – 15 м, при количестве 51-100 – 25 м, при количестве 101-300 – 35 м, при количестве выше 300 – 50 м. Можно считать на современной городской территории, что представленные нормативы в основном не соблюдаются. Многоквартирный жилой дом, как правило, включает в себя как минимум несколько десятков квартир. Если принять, что на каждую квартиру приходится только один автомобиль и с учётом того, что подавляющее большинство жителей паркует автомобили около жилых домов, то количество машино-мест у многоквартирного жилого дома составит как минимум несколько десятков. Указанное обстоятельство приводит к необходимости обеспечения разрыва, как минимум, в 15 метров. В реальности, данное требование в подавляющем большинстве случаев не соблюдаются. Особенно, это касается жилых кварталов, которые проектировали и строили несколько десятилетий назад, так как в то время не учитывали возможное расположение столь значительного количества автомобилей на придомовых территориях.

Изучение проблемы влияния парковок на экологическую обстановку городских территорий встречается в научных публикациях. Например, в работе [36] указано, что особенностью парковки на больших пространствах является расположение автомобилей вдоль подъездов, отделенных от стен жилых зданий газоном 2-3 м, у подъездов. Приведенное расстояние в разы меньше требуемого

согласно санитарным нормам и правилам. В работе [36] опасность связывают с работой двигателей транспортных средств, а «малые» проливы нефтепродуктов, которые возникают, как при работающих, так и при заглушенных двигателях не рассматривают. В связи с чем, интересна информация, представленная в письме Минприроды от 18 сентября 2015 г. №12-44/22962 [37], в котором указано, что автостоянки и подобные территории, не могут являться источниками выбросов, то есть профильное ведомство не рассматривает «малые» проливы нефтепродуктов в качестве источников загрязнения атмосферы.

Принимая во внимание вышеизложенное, отсутствие должного учёта «малых» проливов нефтепродуктов, проблема выбросов от «малых» проливов нефтепродуктов на парковках, стоянках, расположенных в непосредственной близости от многоквартирных жилых домов, имеет большое значение для обеспечения экологической безопасности городской среды.

1.3.2 Обращение с нефтепродуктами в городской среде для предотвращения «малых» проливов

Обращение с нефтепродуктами подразумевает избежание возникновения «малых» проливов, что в принципе отражено во многих нормативно-технических документах и в научных публикациях. В руководящем документе [13] указаны требования к основным операциям с нефтепродуктами на АЗС, такими как прием, выдача, хранение. В п. 18 упомянутого документа приведены сведения, что при эксплуатации должны выполняться экологические требования, определенные природоохранным законодательством и действующими техническими документами по охране окружающей среды. При этом, в документе одним из

основных источников выделения загрязняющих веществ на АЗС считают непреднамеренные разливы нефтепродуктов на их территории.

В документе [14] указывают на использование на АЗС топливораздаточных колонок (маслораздаточных колонок), оснащенных раздаточными кранами с автоматическим прекращением отпуска нефтепродуктов при полном заполнении бака транспортного средства (тары). Допускается оборудование упомянутых колонок страховочными устройствами, оснащенными обрывными клапанами, предотвращающими их повреждение и пролив нефтепродуктов в случае, если перед отъездом от указанных колонок транспортного средства раздаточный кран не извлечен из горловины топливного бака. Указанные технические устройства позволяют потенциально уменьшить количество и объемы проливов на топливораздаточных колонках. В упомянутом стандарте приводят описание процедур работы с нефтепродуктами, которые, в том числе, направлены для предотвращения проливов. Однако, даже при таких мерах исключение влияния человеческого фактора на «малые» проливы невозможно.

Вопросам обеспечения безопасности АЗС посвящено большое количество публикаций. В основном в них изучают проблемы, связанные с большим количеством пролитых нефтепродуктов. В работе [38] рассмотрены пути и причины, которые способствуют распространению пожара при технологическом процессе на АЗС. При этом, одной из наиболее опасных ситуаций на АЗС, по мнению исследователей, являются ошибки операторов, связанные с проливом бензина. В публикации [39] выполнено моделирование аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией автоцистерны с бензином, и приведены общие причины возникновения аварийных ситуаций, сопряженных с разливом нефтепродуктов, в частности связанные с выходом из строя оборудования, ошибочные действия персонала, воздействия природного, техногенного и диверсионного характеров. В случае «малых» проливов, на наш взгляд, к указанному списку необходимо добавить еще одну причину – действия водителей транспортных средств, так как зачастую «малые» проливы топлива у

топливораздаточных колонок происходят по их вине. В работе [40] приведены правила техники безопасности и охраны труда применительно к обеспечению пожарной безопасности АЗС. Авторы [40] указывают, что «если на территории АЗС имели место какие-либо разливы нефтепродуктов, перед операцией по заправке они должны быть убраны».

В РД 37.009.026-92 «Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, минитрактора)» [41], которое устанавливает основы организации выполнения технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств, указано, что «поддержание автотранспортных средств в технически исправном состоянии и предупреждение их отрицательного воздействия на окружающую среду обеспечивается своевременным и качественным выполнением полного объёма работ по техническому обслуживанию и ремонту». Однако, не все проводят соответствующие работы по обслуживанию и ремонту транспортных средств. Одним из средств контроля за техническим состоянием транспортных средств является проведение технических осмотров. В соответствии с 170-ФЗ «О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [42] после проведения технического осмотра выдают диагностическую карту, содержащую сведения о соответствии или несоответствии транспортного средства обязательным требованиям безопасности транспортных средств. В указанном законе приводятся сведения о периодичности проведения технического осмотра. Наименьшая периодичность (6 месяцев) принята для легковых такси, автобусов, грузовых автомобилей, предназначенных и оборудованных для перевозок пассажиров, с числом мест для сидения более чем восемь (за исключением места для водителя). Как правило, любое транспортное средство из вышеуказанных за 6 месяцев проходит расстояние, кратно превышающее межсервисный интервал в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя, который включает в себя также и замену моторного масла.

Существуют и другие проблемы, которые потенциально могут являться причинами возникновения «малых» проливов. В научной литературе встречаются публикации, посвященные проблемам обслуживания и ремонта транспортных средств [43, 44], связанные с качеством работ, выполняемых автосервисами. Также актуальна проблема обращения на рынке некачественных автозапчастей, которые косвенно могут быть причиной «малых» проливов нефтепродуктов. В публикации [45] указано, что еще в 2012 году треть объёма продаж запчастей составляла поддельная продукция. Авторы считают, что рассчитывать на сильное сокращение представленного показателя не приходится. В работе [46] на примере рынка автомобильных запчастей проведено исследование экономических проблем контрафакта и разработана система видов ущерба от производства и использования контрафактной продукции. Автор публикации не приводит в рассматриваемых видах ущербов экологический ущерб при использовании контрафактных автозапчастей. В работе [47] подняты экологические проблемы в автосервисе. Авторы подчеркивают особую важность обеспечения экологической безопасности предприятий автосервиса. Предлагаемая в работе реализация системы управления охраной окружающей средой на предприятиях автосервиса подразумевает одновременно решение взаимосвязанных задач, в том числе по контролю за состоянием окружающей среды и по разработке предложений и реализации мер по охране окружающей среды. В указанные задачи в соответствии с мнением авторов входят следующие: контроль за состоянием атмосферного воздуха, за соблюдением правил охраны окружающей среды всеми работниками предприятия и разработка и внедрение методов, позволяющих уменьшить количество отходов.

Таким образом, проведенный анализ показал, что существующие требования при работе с нефтепродуктами во многом способствуют предотвращению возникновения «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде. Однако, отдельные требования в нормативно-технической документации носят формальный характер, что негативно отражается на ситуации с возникновением

«малых» проливов. Также на возникновение «малых» проливов большое влияние оказывает сознательность граждан, которые владеют или непосредственно используют транспорт.

1.3.3 Анализ существующих методов сбора «малых» проливов нефтепродуктов

Нормативно-техническими документами закреплена необходимость сбора «малых» проливов нефтепродуктов и/или прямо или косвенно предусмотрены мероприятия и меры, которые позволяют минимизировать возможные последствия их возникновения. В Постановлении мэра города Южно-Сахалинска от 24 ноября 2009 года N 2081 «О требованиях, предъявляемых к размещению и эксплуатации некапитальных автостоянок открытого типа на территории городского округа «город Южно-Сахалинск» [48] в требованиях к технической оснащенности автостоянки указано наличие емкости с «нефтесорбентом торфяным» для обработки участков территории при проливе нефтепродуктов. В этом же документе указана обязанность лиц, содержащих автостоянку, своевременно обрабатывать места, загрязненные нефтепродуктами, и запрещается загрязнение территории автостоянки разливами нефтепродуктов.

В СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99*» [49], который распространяется на проектирование зданий, сооружений, площадок и помещений, предназначенных для стоянки (хранения) автомобилей, микроавтобусов и других мототранспортных средств, не содержится сведений о сборе пролитых нефтепродуктов, однако в упомянутом документе указывают, что покрытие полов стоянки автомобилей должно быть

стойким к воздействию нефтепродуктов. Это свидетельствует о возможности возникновения проливов нефтепродуктов на стоянках.

В соответствии с документами [13, 14, 15] для сбора проливов в городской среде используют песок и сорбенты. Как правило, для сбора «малых» проливов нефтепродуктов применяют только песок. Он является доступным материалом по стоимости и распространён в различных субъектах РФ, что, в большинстве случаев, определяет его повсеместное применение для указанных целей. В научной литературе приводят сведения о существенных недостатках песка для его использования при сборе разливов и проливов нефти и нефтепродуктов. В работе [50] приведены сведения о низкой емкости песка и его неспособности удерживать легкие фракции бензина, керосина, дизельного топлива. Авторы относят его к неорганическим сорбентам, что является спорным моментом, так в публикации [51] указано, что процесс ликвидации разлива при использовании песка заключается только в смачивании поверхности гранул, а поглощение жидкости при этом не происходит.

Поиску сорбентов, которые могут быть использованы для устранения разливов и проливов нефти и нефтепродуктов, посвящено большое количество публикаций. Исследователи предлагают применять для этой цели сорбенты различной природы, в том числе на основе отходов. В работе [52] получены сорбенты из растительных отходов и определена их нефтеёмкость на примере дизельного топлива. В публикации [53] рассмотрены основные аспекты использования отходов текстильной промышленности в качестве сорбентов для ликвидации экологических последствий аварийных и технологических разливов нефтепродуктов на транспорте. В статье [54] приведены сведения о получении сорбентов путем утилизации отходов агропромышленного комплекса. Авторы [55] проводили исследование сорбционных свойств материала на основе вторичного полиэтилентерефталата, в результате которого была установлена высокая эффективность очистки воды от нефтепродуктов.

При большом наличии работ по разработке сорбентов для сбора нефтепродуктов, требования к таким сорбентам не разработаны и недостаточно представлены в нормативно-технической документации и в научной литературе. В Постановлении Правительства РФ от 21.08.2000 г. № 613 [11] и в Постановлении Администрации города Волгограда Волгоградской области от 09.02.2018 г. №154 [56], относящихся к предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, требования к сорбентам вообще отсутствуют. В Постановлении администрации Калининградской области от 28.02.2002 г. № 86 [57] представлена информация по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, в том числе указаны требования к сорбентам для сбора нефтепродуктов, содержащие некоторые количественные характеристики. Однако, приведенная информация не отражает достаточных требований к сорбентам для сбора нефтепродуктов.

В публикации [58] представлены качества и свойства, которыми должен обладать универсальный сорбент, но при этом приводят только качественные критерии. Более того, свойство универсальности не всегда позволяет эффективно применять подобный сорбент. В статье [59] указаны требования, предъявляемые к разработке сорбентов: «эффективность; величина относительной сорбции; экологическая чистота», которые явно являются недостаточными и относятся только к качественным критериям. В работе [60] приведены требования к сорбционным материалам для очистки водных сред от нефтепродуктов: высокие сорбционные свойства, легкость сбора и утилизации, нетоксичность, дешевизна, доступность и способность к биодеградации (по возможности). В работе [61] представлены основные требования, предъявляемые к синтетическим сорбентам: «гидрофобность; высокая нефтеёмкость; плавучесть; способность к удерживанию нефти при удалении сорбента с акватории; легкость утилизации или биоразлагаемость; устойчивость к разрушению в водной среде; возможность многократной регенерации; простота

эксплуатации; эффективность работы в широком диапазоне температур; нетоксичность; целесообразная (оптимальная) стоимость».

Таким образом, проведенный анализ показал, что существующие требования к сорбентам для сбора нефтепродуктов в основном носят качественный характер, представлены в недостаточном объёме и нуждаются в дополнении.

1.3.4 Анализ способов накопления и хранения нефтесодержащих отходов, образовавшихся в результате сбора «малых» проливов

Одной из проблем экологической безопасности городской среды являются нефтесодержащие отходы, которые необходимо временно хранить и накапливать до их дальнейшей утилизации или обезвреживания. В п.4.9 МР 2.2.1/2.1.1.1936-04 «Временные методические рекомендации по применению требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [62] в части размещения гаражей и автостоянок различных типов и вместимости на территории города Москвы» указано, что «при наличии на территории гаражей и стоянок зон ремонта или эстакад для ремонта автомашин под ними рекомендуется оборудовать поддон или установить емкость для сбора замазученных отходов с целью предотвращения загрязнения почв с последующим вывозом и утилизацией в установленном порядке». При этом требований к поддону и емкости для сбора замазученных отходов в упомянутом документе не указано. В п. 19.4 документа [13] приводят информацию о том, что «загрязненные нефтепродуктами опилки, песок, другие материалы собираются в плотно закрывающийся контейнер, установленный в специально отведенном месте», а в п. 18.10 того же документа указано, что

«выбранный грунт с места разлива нефтепродуктов удаляется в специально оборудованный контейнер». То есть, упомянутый документ также не содержит информации по характеристикам, которым должен отвечать контейнер для сбора нефте содержащих отходов. В документе [14], который по своему назначению заменяет документ [13], отмененный сравнительно недавно (01.10.2019 г.), сведения о требованиях к контейнеру также не представлены. В п. 124 правил по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов в составе документа [15] приведена информация о том, что «пролитые нефтепродукты должны быть засыпаны песком, а пропитанный ими песок собран в специальный контейнер», при этом требования к контейнеру отсутствуют. В п. 6.5 ГОСТ 21046-2015 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия» [63] указано, что «при разливе отработанных нефтепродуктов на открытой площадке место разлива засыпают песком, а песок с отработанными нефтепродуктами переносят в металлические ящики с крышками, установленные в специально оборудованном и огражденном месте», однако сведения о характеристиках упомянутых ящиков отсутствуют. В п. 7.5 ГОСТ Р 57703-2017 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов» [64] приведена информация о том, что «при разливе отработанного нефтепродукта на открытой площадке место разлива следует засыпать песком и удалить», но информация о том, куда поместить песок, пропитанный отработанным нефтепродуктом, в стандарте не представлена.

Научных публикаций, которые содержат требования к контейнерам для сбора нефте содержащих отходов в городской среде, нам встретить не удалось. Однако, есть публикации по схожей тематике, связанной с системой обращения с отходами. В работе [65], которая посвящена вопросам обеспечения безопасности при хранении и транспортировании опасных грузов автомобильным транспортом, авторы указали требования, предъявляемые к транспортным средствам, которые, на наш взгляд, не конкретизированы. В городской среде для перевозки отходов, главным образом, применяют автотранспорт, поэтому уточнение требований к

нему для упомянутой цели является важным. В публикации [66] проведен анализ технических решений мусоровозов кузовного типа для традиционной технологии сбора и вывоза твердых бытовых отходов, но при этом в работе основной акцент сделан на технические особенности манипуляторов. В статье [67], относящейся к проектированию отрасли по обращению с отходами, авторы для технологии сбора отходов указывают на наличие типов контейнеров, но при этом их описание и характеристики отсутствуют.

Таким образом, анализ нормативно-технической документации и научных публикаций показал, что требования к контейнерам для сбора нефтесодержащих отходов в городской среде представлены в неполном объёме и требуют уточнения.

1.4 Моделирование и прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха городских территорий нефтепродуктами

Вопросам моделирования и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха городских территорий от транспорта посвящено много работ, в частности отечественных [68, 69, 70] и зарубежных [71, 72, 73] исследователей. Однако, изучение влияния «малых» проливов нефтепродуктов на атмосферный воздух, которые обусловлены эксплуатацией транспорта, в работах не приведено.

В мировой практике имеется много моделей для оценок и прогнозирования загрязнения воздуха [74, 75, 76, 77]. На территории РФ для расчёта рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе используют определенные методы расчётов [78]. Для «малого» пролива можно считать, что источник выброса

площадный (неорганизованный). При расчёте рассеивания необходимо определить максимально-разовый выброс загрязняющего вещества. Каждый единичный «малый» пролив характеризуется объёмом пролитой жидкости, которая определяет её массу и, как следствие, площадь поверхности «малого» пролива. Важное значение имеет природа пролитого нефтепродукта, так как в соответствии с ГОСТ 26098-84 «Нефтепродукты. Термины и определения (с Изменением N 1)» [79] «нефтепродукт – готовый продукт, полученный при переработке нефти, газоконденсатного, углеводородного и химического сырья». В связи с чем, нефтепродукты значительно различаются по свойствам, в том числе и по такому свойству, как летучесть, важному для процессов испарения и рассеивания. На «малые» проливы также оказывают воздействие метеорологические условия, которые изменяются в очень широком диапазоне.

В публикации [80] проведен анализ методических подходов, которые применяют при расчётах испарения пролитой жидкости, в частности времени испарения, толщины пленки разлива, режимы испарения пленки. Работа посвящена математическим моделям, которые предлагают для применения к объектам по хранению и уничтожению химического оружия. Авторами [81] разработана математическая модель процесса испарения многокомпонентных жидкостей, которая описывает испарение многокомпонентной жидкости, содержащей в избытке один из компонентов (растворитель), интенсивность испарения которого меньше интенсивности испарения остальных компонентов (растворенных веществ). Представленную в статье [81] модель применить в полной мере к «малым» проливам, характерным для городской среды, не представляется возможным. В публикации [82] приведено математическое описание процесса открытого испарения веществ из нефешламонакопителей. Указанная в работе [82] модель описывает кинетику испарения углеводородов с поверхности объектов накопления жидких нефтесодержащих отходов. В случае сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде образуются отходы в твердом состоянии, поэтому модель [82] не применима для ситуаций,

рассматриваемых в настоящей работе. В публикации [83] моделировали рассеивание паров выбросов тяжелых углеводородов АЗС в атмосферный воздух, при этом рассматривали режим при одновременном сливе топлива в два резервуара и заправки автотранспорта на топливораздаточных колонках. Авторы при этом не учитывают возможные проливы топлива, которые также происходят на АЗС при сливе топлива и заправке автомобилей. В работе [84] предложена информационная технология численного мониторинга качества воздушной среды. Исследователи принимают во внимание только химические вещества, содержащиеся в отработанных газах судовых и автомобильных двигателей, а влияние «малых» проливов нефтепродуктов (топлива и различных масел) не рассматривают. В публикации [85] предложены подходы к интеллектуализации систем экологического мониторинга в крупных городах. Авторы указывают концептуальные подходы развития информационного и коммуникационного процессов мониторинга воздействия транспорта на воздушную среду города. Однако, многочисленные «малые» проливы нефтепродуктов исследователи [85] не учитывают. В работе [86] приведены результаты анализа и оценки рассеивания в атмосфере углеводородов для объектов накопления нефте содержащих отходов. Однако, специфика «малых» проливов и отходов, образующихся в процессе их сбора в городской среде, значительно отличается от объекта исследования, представленного в публикации [86].

Таким образом, несмотря на большое количество работ по моделированию рассеивания нефтепродуктов в атмосферном воздухе, влияние нефтепродуктов на загрязнение воздушной среды урбанизированных территорий от «малых» проливов практически не изучено.

1.5 Выбор направления исследований

Таким образом, проведенный анализ научных публикаций и нормативно-технической документации позволил установить, что одной из причин загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий нефтепродуктами являются многочисленные «малые» проливы нефтепродуктов. Полностью предотвратить возникновение подобных проливов не представляется возможным, но для уменьшения их негативного воздействия на экологическую безопасность городской среды требуется выполнить следующие мероприятия.

Во-первых, необходимо изучить свойства «малых» проливов нефтепродуктов, характерных для городской среды, что способствует учёту их воздействия на экологическую безопасность воздуха городского среды.

Во-вторых, усовершенствовать методику сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде. Это позволит повысить эффективность сбора нефтепродуктов, что, в свою очередь, обеспечит уменьшение эмиссии нефтепродуктов в воздушную среду от «малых» проливов и от отходов, образовавшихся при их сборе.

В-третьих, усовершенствовать модель загрязнения атмосферного воздуха при «малых» проливах бензина и технических жидкостей с транспортных средств. Бензин является одним из наиболее распространенных видов топлива в городской среде, «малые» проливы которого характерны на АЗС. Бензин обладает высокой летучестью, в связи с чем, изучение загрязнение им воздуха наиболее актуально для урбанизированных территорий. Так как проливы бензина на практике нельзя устраниТЬ мгновенно, в том числе и многочисленные «малые» проливы, то выбросы от них неизбежно загрязняют атмосферный воздух. Всё это обуславливает необходимость учитывать выбросы бензина при рассмотрении экологической ситуации для урбанизированных территорий.

«Малые» проливы технических жидкостей с транспортных средств характерны для придомовых территорий многоквартирных жилых домов и для офисных зданий и супермаркетов. Для этого необходимо усовершенствовать модель загрязнения атмосферного воздуха при «малых» проливах и внедрять ее для прогнозирования загрязнения на существующих объектах городской инфраструктуры и при проектировании и строительстве новых объектов.

В-четвертых, разработать дополнительные требования к контейнерам для сбора нефтесодержащих отходов в городской среде. Существующие требования к контейнерам для их сбора представлены в явно недостаточном объёме, в связи с чем, применяющиеся контейнеры неэффективны. Это обусловлено тем, что помещаемые в них нефтесодержащие отходы являются источниками вторичного загрязнения, а конструкция контейнеров и их обвязка не препятствуют выделению нефтепродуктов в атмосферу.

В-пятых, разработать требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов применительно к городской среде. Требования к сорбентам, указанные в научной литературе и нормативно-технической документации, весьма размыты и в основном носят качественный характер. Разработка таких требований позволит осуществить поиск потенциальных сорбентов и в дальнейшем внедрить наиболее оптимальные сорбенты для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде, что обеспечит повышение эффективности сбора «малых» проливов, уменьшение выбросов нефтепродуктов в атмосферу и уменьшение объёмов образующихся нефтесодержащих отходов. Более того, внедрение эффективных сорбентов с известными свойствами обеспечит получение более точных результатов по снижению загрязнения атмосферного воздуха, обусловленного «малыми» проливами нефтепродуктов.

1.6 Выводы по первой главе

1. Установлено, что проблематика «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде является важной составляющей экологической безопасности, особенно в части охраны атмосферного воздуха. К сожалению, в настоящее время упомянутой проблеме не уделяют должного внимания, как со стороны государственных органов, так и со стороны населения, проживающего на урбанизированных территориях.
2. В связи с постоянным увеличением количества автомобильного транспорта на городских территориях, который преимущественно работает на жидким углеводородном топливе, и эксплуатация которого связана с применением различных технических жидкостей (моторные и трансмиссионные масла, тормозные и амортизационные жидкости, антифризы и другие) влияние испарений нефтепродуктов будет только возрастать.
3. В нормативных документах указаны меры, которые направлены на устранение «малых» проливов нефтепродуктов и на минимизацию их воздействия на окружающую среду, в том числе на атмосферный воздух. Однако, упомянутых мер явно недостаточно и часто они носят формальный характер. В связи с чем, в настоящее время необходимо решить первоочередные задачи по уменьшению негативного воздействия «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде на атмосферный воздух и иметь возможность прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха, обусловленного поступлением нефтепродуктов от их «малых» проливов.
4. Для этого необходимо:
 - изучить свойства «малых» проливов нефтепродуктов, характерных для городской среды;

- совершенствовать методику сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде;
- разработать расчётную модель загрязнения атмосферного воздуха при «малых» проливах бензина и технических жидкостей с транспортных средств в городской среде;
- разработать дополнительные требования к контейнерам для сбора нефте содержащих отходов в городской среде;
- разработать требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов применительно к городской среде.

2. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ «МАЛЫХ» ПРОЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ КАК ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ (на примере г. Волгограда)

2.1 Анализ источников возникновения «малых» проливов

Транспорт, используемый в городской среде, и операции, связанные с его обслуживанием, являются основными причинами «малых» проливов нефтепродуктов. В источниках [87, 88] показано, что число автомобилей на 1000 человек населения в РФ увеличивается год от года. По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области [89] на конец 2018 года количество автомобильного транспорта в Волгоградской составляет 1 270 951 единиц, включая автобусы и легковые и грузовые автомобили. С учётом общей численности населения 2521,3 тыс. человек [89], проживающего в регионе, количество автомобильного транспорта составляет 504,1 на 1000 человек. Указанное значение относится к Волгоградской области, однако большая часть населения проживает в городах. Согласно данным [89] в 2018 году городское население в Волгоградской области составляло 1940,2 тыс. человек, при этом в г. Волгограде численность населения составляла 1013,5 тыс. человек. Для оценки приняли, что количество автомобильного транспорта распределено равномерно, тогда на население г. Волгограда приходится около 511 тыс. единиц автомобильного транспорта. Согласно документу [90] площадь земель в городской черте г. Волгограда составляет свыше 859 км², с учётом этого на 1 км² городской территории приходится около 595 единиц автомобильного

транспорта, что представляет собой значимую цифру для экологической безопасности города.

Как было показано в первой главе настоящей работы, основными объектами на урбанизированных территориях, где могут происходить «малые» проливы нефтепродуктов, являются стоянки/парковки, АЗС, станции технического обслуживания автомобилей/автосервисы, гаражные кооперативы/гаражи и дороги. Проведенные в настоящей работе исследования по «малым» проливам в г. Волгограде показали, что основная часть «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде происходит на стоянках/парковках и АЗС. «Малые» проливы на станциях технического обслуживания автомобилей/автосервисах происходят крайне редко. Это связано с тем, что все операции с нефтепродуктами происходят в процессе проведения ремонта и технического обслуживания автотранспорта, которые выполняют в определенном технологическом порядке, что позволяет в подавляющем большинстве случае избежать возникновения «малых» проливов. Гаражные кооперативы/гаражи по своему назначению выполняют функции стоянок в закрытых боксах и мест, где происходит хранение, обслуживание и ремонт автотранспорта. Установить количество «малых» проливов в указанных объектах не удалось, так как они являются закрытыми и доступ в них ограничен. Однако, учитывая, что их владельцы заинтересованы в поддержании надлежащего состояния своей собственности, то есть основания полагать, что подобные «проливы» там встречаются крайне редко. Более того, как правило, гаражные кооперативы удалены от жилых построек на значительное расстояние.

«Малые» проливы нефтепродуктов на проезжих частях автодорог по сравнению с «малыми» проливами на стоянках/парковках и АЗС встречаются редко. Для установления указанного факта, были проведены натурные наблюдения за «малыми» проливами нефтепродуктов на проезжих частях автодорог. Визуальное наблюдение проводили 4 раза в неделю по понедельникам, средам, пятницам и субботам в течение одного года. Выявлено, что на 10000 м² проезжих частей автодорог г. Волгограда в среднем встречается два «малых» пролива за сутки.

Основными местами в городской среде, где происходят «малые» проливы нефтепродуктов, являются стоянки/парковки и АЗС. В ст. 12 443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [91] приведены требования к парковке общего пользования. Для размещения парковок могут быть использованы различные места. Согласно п. 4 ст. 12 документа [91] «размещение парковок общего пользования должно осуществляться с учётом обеспечения экологической безопасности и снижения негативного воздействия на окружающую среду, здоровье и благополучие населения». Однако, учитывая плотность городской застройки и количество автомобилей, существующие парковки общего пользования не способны удовлетворить потребности владельцев автотранспорта. В связи с чем, часто организуют спонтанные парковки автомобилей, которые не обустроены и не оборудованы для указанной цели, поэтому можно считать, что стоянки и парковки располагаются на территории городской среды повсеместно.

В городах плотность расположения АЗС велика [92], особенно это касается крупных мегаполисов и городов-миллионников, каким является г. Волгоград. На электронном ресурсе Федеральной службы государственной статистики [93] приведены сведения о количестве АЗС по субъектам РФ на 2020 г., например, в Волгоградской области количество АЗС составляет 530 штук. По данным электронного ресурса [94] в г. Волгограде находится 415 АЗС. Анализ данных [93] и [94] показал, что большая часть АЗС Волгоградской области (около 80 %) находится в г. Волгограде. Для оценки приняли, что АЗС расположены равномерно на территории г. Волгограда, тогда на 2 км² территории г. Волгограда приходится одна АЗС. Вопросам обеспечения экологической безопасности АЗС на урбанизированных территориях уделяется много внимания [95, 96, 97], но при этом влияние «малых» проливов, которые присущи АЗС, фактически не изучено. На АЗС происходят «малые» проливы топлива при заправке автотранспорта на топливораздаточных колонках и при сливе автомобильных цистерн с топливом.

На АЗС также встречаются «малые» проливы технических жидкостей автотранспорта, но они происходят значительно реже, чем проливы топлива. Это связано с тем, что по результатам наших наблюдений среднее время нахождения транспортного средства на территории АЗС в г. Волгограде составляет несколько минут (от 3 до 8 минут).

На стоянках и парковках в основном происходят «малые» проливы нефтепродуктов из систем транспортных средств – проливы моторного, трансмиссионного масел, антифризов, амортизационных жидкостей, тормозных жидкостей и других. Объёмы технических жидкостей, необходимых для обслуживания транспортных средств, на порядки меньше, чем объёмы потребляемого ими топлива, например, в соответствии с [98] в 2015 году потребность в моторных маслах для легковых автомобилей, легких коммерческих и грузовых автомобилей превысила 400 млн. литров, а по данным [99] в 2016 году общий объём продаж трансмиссионных масел для автомобильного транспорта в РФ составил 69 тыс. т. Однако, «малые» проливы технических жидкостей имеют более широкое распространение в городской среде, чем «малые» проливы топлива.

Таким образом, «малые» проливы нефтепродуктов в городской среде, обусловлены в основном наличием автотранспорта и объектов, где происходит его заправка, обслуживание и хранение. Основными местами, где происходят «малые» проливы, являются стоянки/парковки и АЗС. Для стоянок и парковок характерны проливы технических жидкостей автотранспорта, а для АЗС – проливы топлива.

2.2 Анализ свойств наиболее широко используемых нефтепродуктов, характерных для городской среды

Наиболее распространёнными нефтепродуктами в городской среде являются моторные масла, трансмиссионные масла, отработанные масла (моторное, трансмиссионное), антифризы, амортизационные жидкости, тормозные жидкости, автомобильный бензин и дизельное топливо.

В документах приведены требования к моторным [100, 101] и к трансмиссионным маслам [102], согласно которым они характеризуются 4-ым классом опасности по степени воздействия на организм человека. Они являются горючими жидкостями. Предельно допустимая концентрация паров углеводородов в воздухе рабочей зоны $300 \text{ мг}/\text{м}^3$. Отработанные нефтепродукты также относят к 4-му классу опасности согласно стандарту [103].

Однако, в состав моторных и трансмиссионных масел могут входить компоненты, которые характеризуются более опасными классами опасности, чем 4-ый. Некоторые масла относят к третьему классу опасности, например, в соответствии с паспортом безопасности на масла трансмиссионные Gazpromneft GL-4 75W-90 [104] основной их компонент – масло смазочное (массовая доля от 50-90 %) относится к третьему классу опасности. Необходимо учитывать, что отработанные масла могут содержать компоненты, которые характеризуются более опасными классами опасности, чем 4-ый класс опасности, при этом указанные компоненты могут находиться в отработанных маслах из-за компонентного состава исходных масел, а также могут появиться вследствие деградации компонентного состава исходных масел в процессе эксплуатации. Это значимо для обеспечения экологической безопасности в случае «малых» проливов в городской среде.

Другие жидкости, используемые в системах автотранспортных средств, такие как антифризы, амортизационные и тормозные жидкости также характеризуются многокомпонентными составами. Например, в соответствии с паспортом безопасности химической продукции [105] жидкость тормозная «G-Energy Expert», «G-Energy», «G-Energy Expert DOT-4», «G-Energy DOT-4» относится к четвертому классу опасности, однако некоторые компоненты, входящие в её состав – к третьему.

Для стоянок/парковок, как было выяснено в результате проведения исследований, в основном характерны «малые» проливы различных нефтепродуктов из систем транспортных средств – моторного масел, трансмиссионного масел, антифризов, амортизационных жидкостей, тормозных жидкостей. При визуальном осмотре мест «малых» проливов на стоянке/парковке не всегда удается определить проливом какой жидкости из системы транспортного средства обусловлен «малый» пролив, в связи с чем целесообразно рассматривать для стоянок/парковок «малые» проливы смеси технических жидкостей автотранспорта, которые представляют собой отработанные нефтепродукты из его систем.

В документе [106] указаны требования, которым должно соответствовать дизельное топливо, наиболее значимыми из них, являются температура вспышки определяемая в закрытом тигле, показатели пожаровзрывоопасности, класс опасности, сведения о предельно допустимой концентрации. Наименьшим значением температуры вспышки определяемой в закрытом тигле характеризуется дизельное топливо марок З,А – не ниже 30 °С. В соответствии со стандартом [107] дизельное топливо представляет собой легковоспламеняющуюся жидкость. Взрывоопасная концентрация паров топлива в смеси с воздухом – 2 об. – 3 % об. Наименьшим значением температуры самовоспламенения характеризуется дизельное топливо марок Л,Е – 300 °С. Учитывая, что контейнер с нефтесодержащими отходами при соблюдении соответствующих условий хранения не будет подвергаться тепловому воздействию со значением температуры 300 °С, то температуру

самовоспламенения применительно к дизельному топливу можно не рассматривать. Наиболее критичными температурными пределами воспламенения характеризуется дизельное топливо марки А (нижний 57 °С, верхний 100 °С). В связи с чем, вышеуказанные значения необходимо учитывать при хранении и накоплении нефтесодержащих отходов, в составе которых есть дизельное топливо. Дизельное топливо является малоопасной жидкостью и по степени воздействия на организм человека его относят к 4-му классу опасности в соответствии со стандартом [103]. Предельно допустимая концентрация паров алифатических углеводородов в воздухе рабочей зоны – 300 мг/м³ согласно требованиям документа [108].

В стандарте [109] указаны нормы и требования к бензинам. Наиболее значимыми являются следующие: давление насыщенных паров бензина, показатели пожаровзрывоопасности, класс опасности, сведения о предельно допустимой концентрации. Давление насыщенных паров бензина в летний период – 38-80 кПа, а в зимний и межсезонный периоды – 35-100 кПа. Бензины в соответствии с требованиями документа [107] являются легковоспламеняющимися жидкостями с температурой самовоспламенения 255-370 °С. Учитывая, что контейнер с нефтесодержащими отходами при соблюдении соответствующих условий хранения не будет подвергаться тепловому воздействию со значением температуры в 255-370 °С, то показатель «температура самовоспламенения» применительно к бензинам можно не рассматривать. Температурные пределы распространения пламени: нижний – минус 27 - минус 39 °С, верхний – минус 8 - минус 27 °С. Концентрационные пределы распространения пламени: нижний – 1,0 % об., верхний – 60 % об. Бензины являются малоопасными продуктами и по степени воздействия на организм человека их относят к 4-му классу опасности в соответствии со стандартом [103]. Предельно допустимая концентрация паров бензинов в воздухе рабочей зоны составляет 100 мг/м³ в соответствии с требованиями [108].

Анализ свойств нефтепродуктов, которыми обусловлены «малые» проливы в городской среде, показал, что их свойства изменяются в очень широких пределах.

Этот факт затрудняет учёт их влияния на экологическую безопасность урбанизированных территорий. При этом, «малые» проливы топлива происходят в основном на АЗС, а «малые» проливы технических жидкостей автотранспортных средств в основном на стоянках и на парковках. Представленная «география» «малых» проливов в городской среде была положена в основу для определения характерных нефтепродуктов с целью изучения их влияния на атмосферный воздух.

Для исследований влияния «малых» проливов на атмосферный воздух урбанизированных территорий, происходящих на АЗС, был выбран бензин по следующим причинам. Во-первых, потребление бензина значительно превосходит потребление дизельного топлива. Во-вторых, значение массы пролитого бензина на тонну бензина больше, чем аналогичная величина для дизельного топлива. В-третьих, бензин является более летучим, и, следовательно, более опасным для атмосферного воздуха городской среды, чем дизельное топливо. В-четвертых, ПДК паров бензина в воздухе рабочей зоны составляет 100 мг/м³, а для дизельного топлива ПДК паров алифатических углеводородов в воздухе рабочей зоны – 300 мг/м³. Кроме того, в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» [110] среднесуточная ПДК бензина (нефтяного, малосернистого)/в пересчете на углерод составляет 1,5 мг/м³, а сведения о среднесуточной ПДК для дизельного топлива (алканов С₁₂₋₁₉ в пересчете на углерод) отсутствуют.

Для исследований влияния «малых» проливов на атмосферный воздух, происходящих на стоянках/парковках, была выбрана смесь технических жидкостей автотранспортных средств по причине наибольшего распространения таких проливов на территории стоянок/парковок.

Анализ проведенный в настоящей главе показал, что свойства нефтепродуктов, характерных для городской среды, изменяются в очень широких пределах. Как правило, упомянутые нефтепродукты относятся к 4-ому классу опасности, но в их компонентный состав могут входить вещества, которые относятся к более

опасному классу опасности, чем 4-ый класс. Наибольшее влияние на загрязнение воздуха урбанизированных территорий оказывают «малые» проливы бензина на АЗС и «малые» проливы технических жидкостей автотранспорта на стоянках и парковках.

2.3 Исследование характеристик «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде

В результате проведения визуальных осмотров «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде в г. Волгограде и экспериментальных исследований по пролитию нефтепродуктов было выявлено, что «малые» проливы нефтепродуктов имеют следующие характеристики: объёмы «малых» проливов, удельная масса «малых» проливов, частота возникновения «малых» проливов. Объёмы «малых» проливов нефтепродуктов характеризуют общее количество определенного нефтепродукта, которое было пролито в течение года. Удельная масса «малых» проливов нефтепродуктов – величина в среднем, указывающая какая масса определенного нефтепродукта проливается с одной тонны этого же нефтепродукта. Частота возникновения «малых» проливов нефтепродуктов – периодичность возникновения «малых» проливов определенного нефтепродукта в единицу времени, отнесённая к величине площади или к объекту, где происходят указанные проливы.

При визуальном осмотре «малых» проливов проводили оценку площади, занимаемой «малым» проливом, свойства поверхности, на которой произошёл «малый» пролив и, в отдельных случаях, определяли нефтепродукт, «малый» пролив которого произошёл. При непосредственно возникшем «малом» проливе, нефтепродукт, который пролился, определялся в отдельных случаях по

специальному запаху (например, запах бензина). В случае, если «малый» пролив обнаруживали под автотранспортным средством, расположение которого на месте стоянки/парковки было известно, то «малый пролив определяли по месту его расположения относительно автотранспортного средства, по внешнему виду «малого» пролива и, также в отдельных случаях, по специальному запаху.

2.3.1 Объёмы «малых» проливов и частота их возникновения

Объёмы «малых» проливов нефтепродуктов и частота их возникновения в городской среде не известны. В настоящей работе была выполнена оценка объёмов «малых» проливов на основании теоретических данных и проведенных натурных наблюдений за «малыми» проливами на территории г. Волгограда. В работе [111] приведены сведения, что «общие потери бензина при транспортировке автоцистернами могут достигать 1,0-1,5 % объема перевозки, потери при хранении в резервуарах на АЗС и в АТП – 4-5 % объема хранения, потери при заправке автомобилей – 1,5 % объема заправки». При этом автор отмечает, что большая часть приходится на испарение и приводит цифру около 75 %. В публикациях [20-22, 112] указано, что количество проливов у топливораздаточных колонок и на площадке слива топлива достигает до 100 г на 1 тонну бензина. Поставки за 2017 г. [23] на внутренний рынок РФ автомобильных бензинов составили 35,2 млн. т. Учитывая, что подавляющее большинство автомобильных бензинов реализуется через сеть АЗС, и почти все они находятся на городских территориях, то объёмы «малых» проливов бензина в городской среде за календарный год достигают до 3520 т.

Сведений о частоте возникновения «малых» проливов бензинов встретить не удалось, что связано с отсутствием их должного учёта. В нормативном документе

Республики Казахстан по охране атмосферного воздуха [113] указана методика расчётов выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу от АЗС. В упомянутом документе при расчётах годовых выбросов учитываются выбросы паров нефтепродуктов от резервуаров при закачке, от проливов нефтепродуктов на поверхность и выбросы паров нефтепродуктов от топливораздаточных колонок при проливах нефтепродуктов на поверхность, которые согласно формулам [113] равны между собой, и представляют произведение суммы количества нефтепродуктов, закачиваемое в резервуары АЗС, на коэффициенты (10^{-6} , 0,5) и удельные выбросы, которые приняты равными 125 и 50 для автобензинов и дизтоплив соответственно. Аналогичная методика по расчёту выбросов приведена в российском документе [114], которая также включает численные значения удельных выбросов, равные 125 г/м³ и 50 г/м³, для автомобильных бензинов и дизельного топлива соответственно. При этом отмечают [114], что указанные данные учитывают суммарные потери на АЗС (отнесенных к м³ соответствующего нефтепродукта) через неплотности перекачивающей и запорной арматуры, при стекании со стенок шлангов, резервуаров для хранения, баков автомашин и т.п. В соответствии с документами [113, 114], при проливах удельный выброс бензина в 2,5 раза выше, чем у дизельного топлива, что свидетельствует об обоснованности выбора бензина для исследований загрязнения атмосферного воздуха городских территорий при «малых» проливах на АЗС. $1,25 \times 10^{-4}$ массы бензина, реализуемой АЗС, испаряется за счёт проливов, то есть 125 г бензина с одной тонны, но эти значения относятся к выбросам, а значит масса проливов еще больше, так как при возникновении проливов на АЗС предусмотрены мероприятия по их сбору. Принимая во внимание 75 % потерь бензина на испарение, можно принять удельную массу «малого» пролива бензина до 166,7 г. на 1 тонну, что существенно превышает значение 100 г на 1 тонну [20, 21, 22, 112]. С учётом информации из [23] объём «малых» проливов бензина составляет до 5868 тонн в год. Общее количество АЗС в РФ 29732 штук [93], а количество АЗС в г. Волгограде по данным [94] 415 штук, тогда объём «малых» проливов бензина в г. Волгограде составляет до 82 тонн в год.

Теоретически в предельном случае частота «малых» проливов бензина при закачке резервуаров равна частоте закачки резервуаров, что подразумевает возникновение «малого» пролива при каждой закачке резервуара. Частота закачки зависит от объёма существующих резервуаров на АЗС, количества отпускаемых нефтепродуктов в единицу времени и от объёма автомобильных цистерн, которые используются для привоза топлива на АЗС. Объём резервуаров АЗС может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен кубических метров. Количество отпускаемых нефтепродуктов в сутки может изменяться от нескольких кубометров до нескольких десятков кубометров. Объём автомобильной цистерны варьируется в широких пределах. Для оценки был принят объём цистерны равный 10 м^3 . С учётом вышеуказанного, частота закачки резервуаров АЗС может находиться в пределах 4-30 раз в месяц, в связи с чем, максимальная частота проливов бензина при этом не будет превышать указанные значения.

Частота «малых» проливов на топливораздаточных колонках связана с количеством заправок и с их объёмом. Количество заправок на отдельно взятой АЗС зависит от времени суток, дня недели, сезона года, месторасположения АЗС. Объём единичной заправки различен для каждого автомобиля и для вида топлива, используемого для заправки. Для оценки была использована информация из документации, относящейся к АЗС. В соответствии с документом [115] пропускная способность АЗС общего пользования и АЗС для обслуживания автомобилей, принадлежащих гражданам, составляет от 100 до 170 автомобилей в час. Согласно документу [116] мощность АЗС составляет от 100 до 170 заправок в час. Сопоставив данные документов [115, 116], для оценки приняли среднее количество заправок на АЗС в городской среде равным 150 в час, которое является максимальным для отдельно взятой АЗС, а количество заправок в сутки будет составлять около 900 [116]. Возникновение «малого» пролива бензина на топливораздаточной колонке является вероятностным процессом и во многом зависит от человеческого фактора. Частота «малого» пролива бензина на топливораздаточной колонке не может превышать частоту заправки бензином

транспортных средств – не более 150 «малых» проливов в час на отдельно взятой АЗС, и не более 900 «малых» проливов в сутки. По массе «малого» пролива бензина на топливораздаточной колонке нижнее значение установить не удается, это может быть любое значение большее нуля и видимое органами зрения человека. По верхнему значению его можно ограничить объёмом средней заправки легкового транспорта бензином в городской среде, так как легковой транспорт наиболее часто используется на урбанизированной территории. Возможность возникновения ситуации, чтобы весь объём заправляемого бензина в топливный бак был полностью пролит ничтожно мала, что связано с присутствием персонала АЗС у топливораздаточных колонок, наличием видеокамер на территории АЗС и желанием потребителя залить весь оплаченный им бензин в бак своего транспортного средства.

Сведения об объёмах «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта и о частоте их возникновения не известны, что связано с непреднамеренным и вероятностным их возникновением и отсутствием их должного учёта. Для установления значений частоты «малых» проливов проводили наблюдение за «малыми» проливами на территории г. Волгограда - 4 раза в неделю в течение одного года. Дни, в которые проводили наблюдения, - понедельник, среда, пятница и суббота. Наблюдение проводилось утром (временной интервал с 8:00 до 11:00) и вечером (временной интервал с 17:00 до 20:00). Установлено, что средняя частота возникновения «малых» проливов, отнесенная к 1000 м² площади придомовой территории, составляет около 5 штук в сутки.

Таким образом, по объёмам «малых» проливов нефтепродуктов и частоте их возникновения в городской среде на примере г. Волгограда можно сделать следующие выводы:

- объём «малых» проливов бензина у топливораздаточных колонок и на площадках слива топлива на АЗС в г. Волгограде за календарный год составляет до 82 т.;

- удельная масса «малых» проливов бензина на АЗС у топливораздаточных колонок и на площадках слива топлива составляет до 166,7 г на 1 т.;
- частоты возникновения «малых» проливов бензина на АЗС на топливораздаточных колонках и при заправке резервуаров неизвестны;
- объёмы «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта на парковках и стоянках неизвестны;
- средняя частота возникновения «малых» проливов технических жидкостей на стоянках и парковках на территории г. Волгограда, отнесенная к 1000 м² площади придомовой территории, составляет около 5 штук в сутки.

2.3.2 Исследование зависимости площади «малых» проливов от свойств пролитой жидкости и характеристик процесса пролива

Определению площади разливов и проливов жидкостей, в том числе нефтепродуктов, посвящено огромное количество работ. В публикации [117] приведен обзор методик из нормативных документов и научных статей для определения радиусов разлива и растекания нефти и нефтепродуктов. Формулы из научных публикаций, как правило, включают переменные, учёт которых для «малых» проливов в городской среде, затруднителен. В работе [118] для вычисления площади указано выражение, равное произведению объёма пролитого нефтепродукта и коэффициента его растекания, который является справочной величиной, и зависит от многих факторов, в том числе от угла наклона поверхности. В документе [16] площадь пролива F_{np} (м²) определяют формулой:

$$F_{np} = f_P V_{Ж}, \quad (2.1)$$

где f_P – коэффициент разлития, м^{-1} (при отсутствии данных допускается принимать равным 150 м^{-1} при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие); $V_{ж}$ – объём жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации резервуара, м^3 .

Несмотря, на наличие большого числа работ по определению площади поверхности проливов и разливов, указанная тематика находится в поле зрения многих ученых [119-122] и имеет научное и прикладное значение [16, 123], связанное с необходимостью получения таких сведений в различных областях науки и техники.

В результате проведенных нами экспериментальных исследований по пролитию нефтепродуктов на асфальтовые покрытия было установлено, что между площадью «малого» пролива и объёмом пролитого нефтепродукта существует коэффициент пропорциональности. На площадь «малого» пролива оказывает влияние характер пролития жидкости, расстояние от места истечения нефтепродукта до поверхности, на которой происходит пролив, объём пролитого нефтепродукта и его природа.

Под характером пролития жидкости подразумевается два предельных случая, которые, как показали наши наблюдения и проведенные эксперименты, характерны для «малых» проливов. Жидкость может быть пролита мгновенно, то есть она проливается на подстилающую поверхность за малый промежуток времени (около 1 секунды). Жидкость может быть пролита медленно, то есть она постепенно проливается на подстилающую поверхность (в течение не менее 0,5 часа). Схематичное изображение предельных случаев характеров пролития приведено на рисунке 2.1.

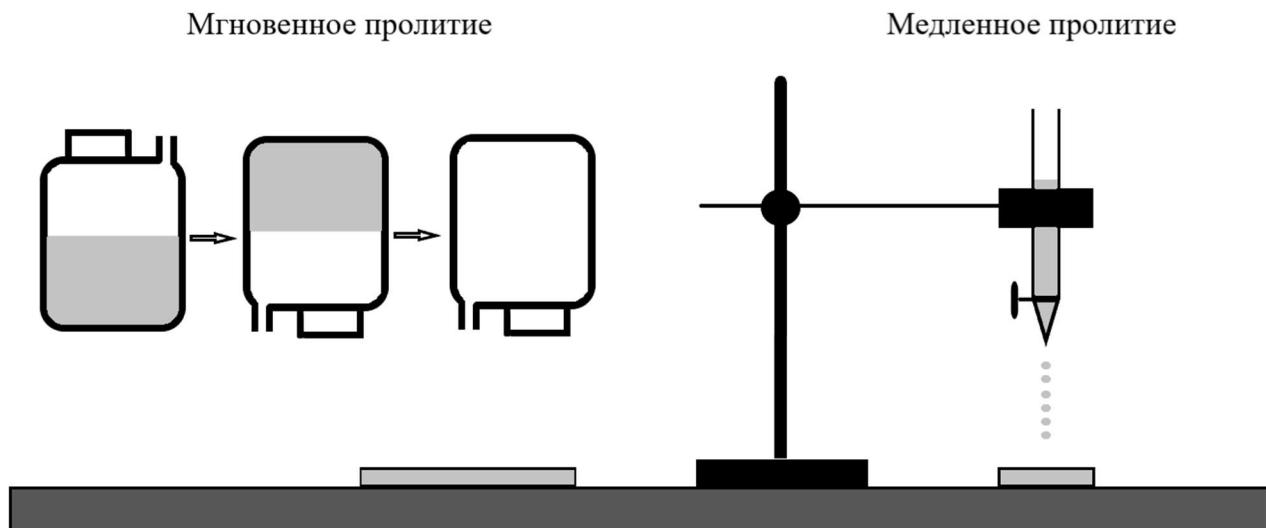


Рисунок 2.1 – Схематическое изображение характера (мгновенного и медленного) пролития жидкости на подстилающую поверхность

Вариант медленного пролития характерен для пролива нефтепродуктов с транспортных средств во время их нахождения на парковке и/или стоянки. К вариантам мгновенного пролития относятся «малые» проливы топлива на АЗС у топливораздаточной колонки, когда на подстилающую поверхность проливается топливо из шланга, подающего его под давлением. В связи с чем, для городской среды свойственны «малые» проливы мгновенного пролития бензина на АЗС и «малые» проливы медленного пролития различных технических жидкостей с транспортных средств во время их стоянки.

При наблюдении за «малыми» проливами на АЗС было установлено, что расстояние от места истечения бензина до подстилающей поверхности зависит от роста человека, заправляющего транспортное средство, высоты расположения горловины топливного бака транспортного средства. В большинстве случаев указанное расстояние составляет от 0,8 до 1,2 м. При наблюдении за «малыми» проливами технических жидкостей на стоянках и парковках и изучении технической литературы по автотранспорту было установлено, что расстояние от потенциальных мест их истечения до подстилающей поверхности в большинстве случаев составляет 0,2 - 0,5 м.

Таким образом, «малые» проливы бензина на АЗС происходят мгновенно, при этом расстояние от места истечения до подстилающей поверхности составляет 0,8-1,2 метра, а «малые» проливы технических жидкостей характеризуются медленным пролитием и происходят на расстоянии 0,2-0,5 метра от места истечения до подстилающей поверхности.

Для определения площадей «малого» пролива бензина были проведены эксперименты, результаты которых представлены в таблице 2.1. Суть экспериментов заключалась в пролитии бензина АИ-92 на асфальтовое покрытие и измерении площади «малого» пролива. Для мгновенного пролития использовали мерный цилиндр для объёмов до $0,0005\text{ м}^3$, а для объёмов от $0,001\text{ м}^3$ использовали пластиковую канистру. Пролитие осуществляли опрокидыванием мерного цилиндра или канистры над подстилающей поверхностью на расстоянии $0,8\pm0,1$ и $1,2\pm0,1$ м от неё. Время пролития измеряли секундомером (время варьировалось от 0,9 до 1,2 секунд). Подстилающую поверхность выбирали горизонтальной без уклона при помощи строительного уровня. Все условия экспериментов поддерживали постоянными. Изменяли объёмы проливаемых жидкостей и температуру. Значения температуры выбирали равными минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, плюс $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, плюс $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во время экспериментов изменение температуры от выбранных значений варьировалось в пределах $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эксперименты проводили в закрытом помещении. Скорость ветра при проведении экспериментов составляла не более 0,5 м/с, которую измеряли анемометром. Каждый эксперимент проводили три раза (в таблице 2.1 указаны средние значения). Измерение размеров «малых» проливов выполняли измерительной линейкой и штангенциркулем. Для обработки изображений применяли программный комплекс ImageJ, позволяющий вычислять площадь на основании фотографий «малых» проливов.

Как показали результаты проведенных экспериментов, значения «площадей» малых проливов бензина не зависят от расстояния с места истечения до подстилающей поверхности (в диапазоне значений от $0,8\pm0,1$ до $1,2\pm0,1$ м), что позволяет его не учитывать.

Таблица 2.1 – Площадь «малого» пролива бензина АИ-92 на асфальтовой поверхности в зависимости от температуры

№ п/п	$V_{Ж}$, m^3	Температура, °C					
		-20		+10		+40	
		$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}	$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}	$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}
1	0,000025	0,01855	742	0,018975	759	0,01945	778
2	0,00005	0,0372	744	0,03805	761	0,03915	783
3	0,0001	0,0745	745	0,0765	765	0,0787	787
4	0,0002	0,1498	749	0,154	770	0,1584	792
5	0,0005	0,3765	753	0,387	774	0,398	796
6	0,001	0,759	759	0,794	794	0,825	825
7	0,002	1,532	766	1,612	806	1,692	846
8	0,003	2,34	780	2,499	833	2,7	900

На основании данных таблицы 2.1 были построены зависимости значений коэффициента разлиния бензина при его «малых» проливах от объёмов пролитого бензина при различных значениях температуры окружающей среды (рисунок 2.2), аппроксимированные линейными функциями.

При температурах окружающей среды 40 °C, 10 °C и -20 °C коэффициенты разлиния бензина на асфальтовой поверхности можно вычислить по формулам 2.2, 2.3 и 2.4 соответственно, при этом величины достоверности аппроксимации составили 0,9814, 0,9774 и 0,9728 соответственно.

$$f_P = 37969V_{Ж} + 780,75 \quad (2.2)$$

$$f_P = 23600V_{Ж} + 762,47 \quad (2.3)$$

$$f_P = 11750V_{Ж} + 744,65 \quad (2.4)$$

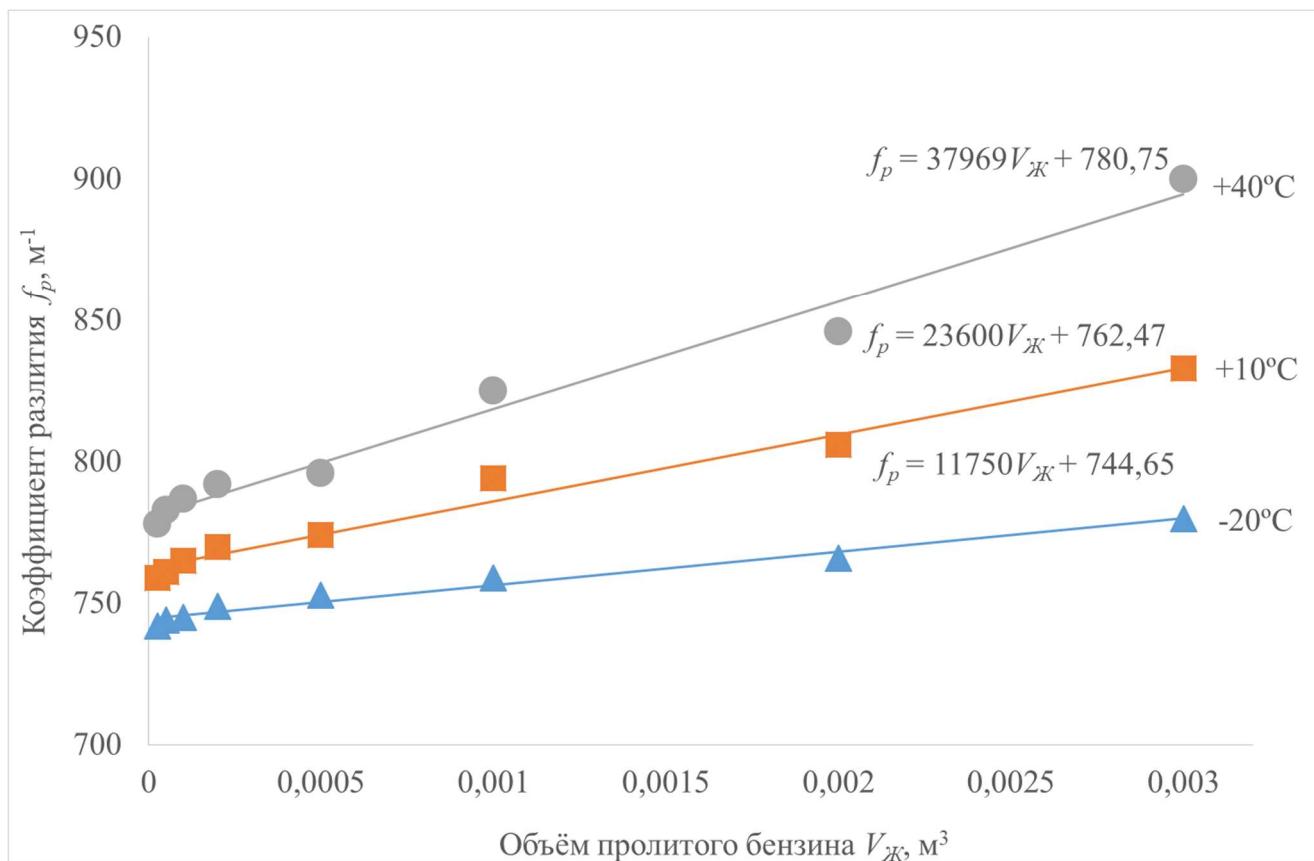


Рисунок 2.2 – Зависимости коэффициента разлития бензина от объема пролитого бензина при различных температурах окружающей среды

Как можно видеть из полученных данных, значения коэффициентов разлития «малых» проливов бензина на асфальтовом покрытии в разы отличаются от значения коэффициента разлития, равного 150 м^{-1} [16].

Для определения площадей «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта были проведены эксперименты, результаты которых представлены в таблице 2.2. Они были аналогичны экспериментам с пролитием бензина. Отличие заключалось в том, что моделировалось медленное пролитие, которое осуществляли на расстояниях $0,20 \pm 0,01$ и $0,5 \pm 0,01$ м от подстилающей поверхности. Для этого использовали бюретку, закрепляемую на штативе. Время пролития измерялось секундомером (время составляло 30 минут).

Как показали результаты проведенных экспериментов, значения «площадей» малых проливов смеси технических жидкостей автотранспорта не зависят от

расстояния с места истечения до подстилающей поверхности (в диапазоне значений от $0,20 \pm 0,01$ до $0,50 \pm 0,01$ м), что позволяет его не учитывать.

Таблица 2.2 – Площадь «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта на асфальтовой поверхности в зависимости от температуры

№ п/п	$V_{Ж}$, m^3	Temperatura, °C					
		-20		+10		+40	
		$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}	$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}	$F_{пр}$, m^2	f_p , m^{-1}
1	0,000025	0,0052	208	0,008775	351	0,01005	402
2	0,00005	0,0104	208	0,0176	352	0,02025	405
3	0,0001	0,0208	208	0,0353	353	0,0407	407
4	0,0002	0,0418	209	0,0708	354	0,082	410
5	0,0005	0,1045	209	0,1775	355	0,207	414
6	0,001	0,209	209	0,356	356	0,418	418
7	0,002	0,424	212	0,718	359	0,856	428
8	0,003	0,642	214	1,089	363	1,308	436

На основании данных таблицы 2.2 были построены зависимости значений коэффициента разлиния смеси технических жидкостей при её «малых» проливах от объёмов пролитой жидкости при различных значениях температуры окружающей среды (рисунок 2.3), аппроксимированные линейными функциями.

При температурах окружающей среды $40^\circ C$, $10^\circ C$ и $-20^\circ C$ коэффициенты разлиния смеси технических жидкостей на асфальтовой поверхности можно вычислить по формулам 2.5, 2.6 и 2.7 соответственно, при этом величины достоверности аппроксимации составили 0,9621, 0,9609 и 0,9606 соответственно.

$$f_P = 10587V_{Ж} + 405,9 \quad (2.5)$$

$$f_P = 3546,4V_{Ж} + 352,33 \quad (2.6)$$

$$f_P = 1968,8V_{Ж} + 207,93 \quad (2.7)$$

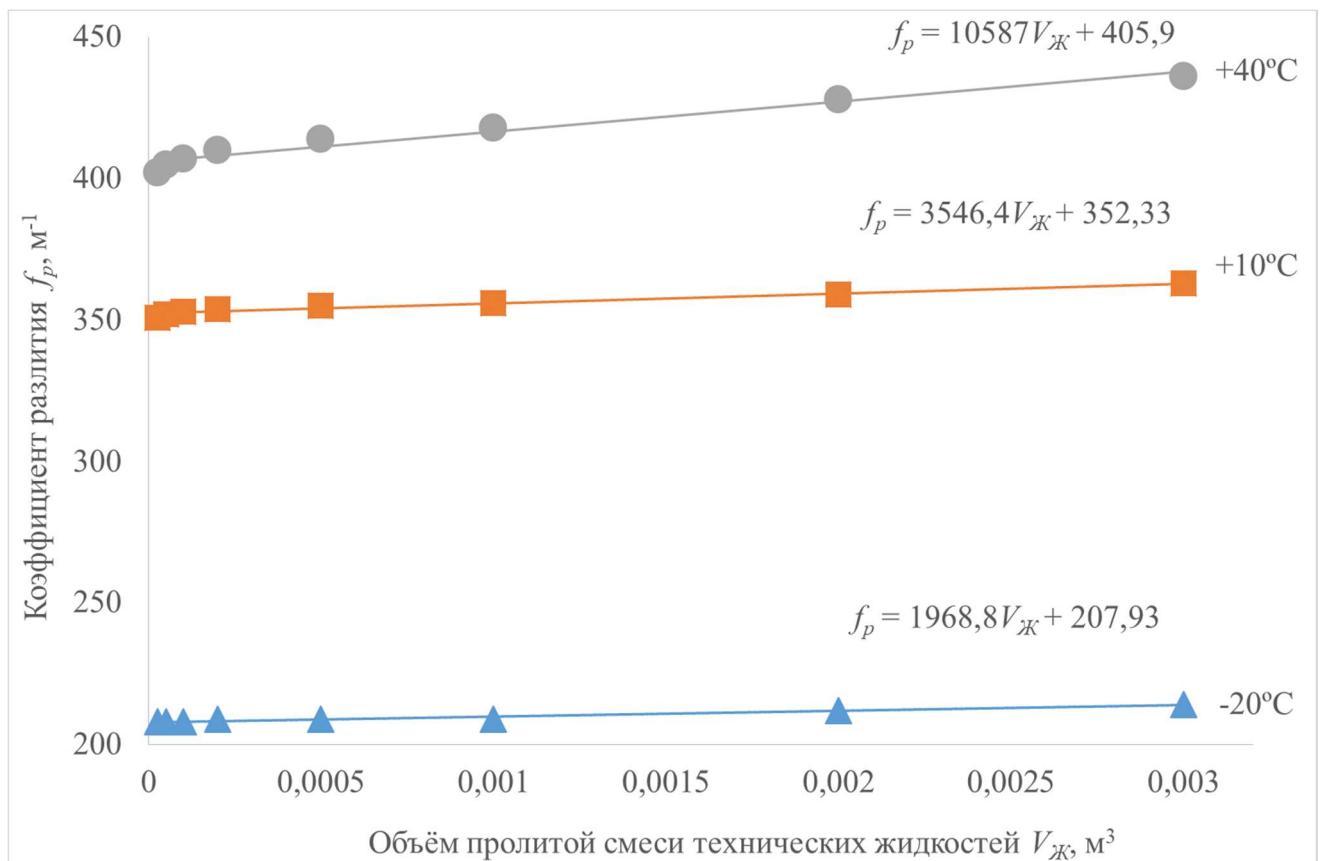


Рисунок 2.3 – Зависимости коэффициента разлития смеси технических жидкостей от их пролитого объема при различных температурах окружающей среды

В процессе проведения экспериментов было выявлено, что сила и направление ветра не оказывают влияние на значение площадей «малых» проливов бензина и смеси технических жидкостей, они влияют только на геометрию площадей «малых» проливов.

При изучении «малых» проливов в городской среде на АЗС было выявлено, что средняя площадь «малых» проливов бензина составляет $0,6 \text{ м}^2$. Для этого в течение 4 лет исследовали наличие «малых» проливов бензина на АЗС в г. Волгограде, а также с помощью фотографий «малых» проливов вычисляли значения их площадей. Число исследуемых АЗС было выбрано на основании формулы для определения бесповторной выборки [124]:

$$n = \frac{Nt^2\sigma^2}{t^2\sigma^2 + N\Delta^2} \quad (2.8)$$

где N – объём генеральной совокупности; t – коэффициент доверия, который определяется из уравнения $2\Phi(t) = \gamma$; γ – заданная надежность, а $\Phi(t)$ – интегральная функция Лапласа; σ^2 – дисперсия генеральной совокупности; Δ – предельная ошибка выборки. В итоге минимальный объём репрезентативной выборки составил 51 АЗС.

Для определения распределения площадей «малых» проливов бензина на АЗС (рисунок 2.4) было зафиксировано более 100000 «малых» проливов и измерена их площадь.

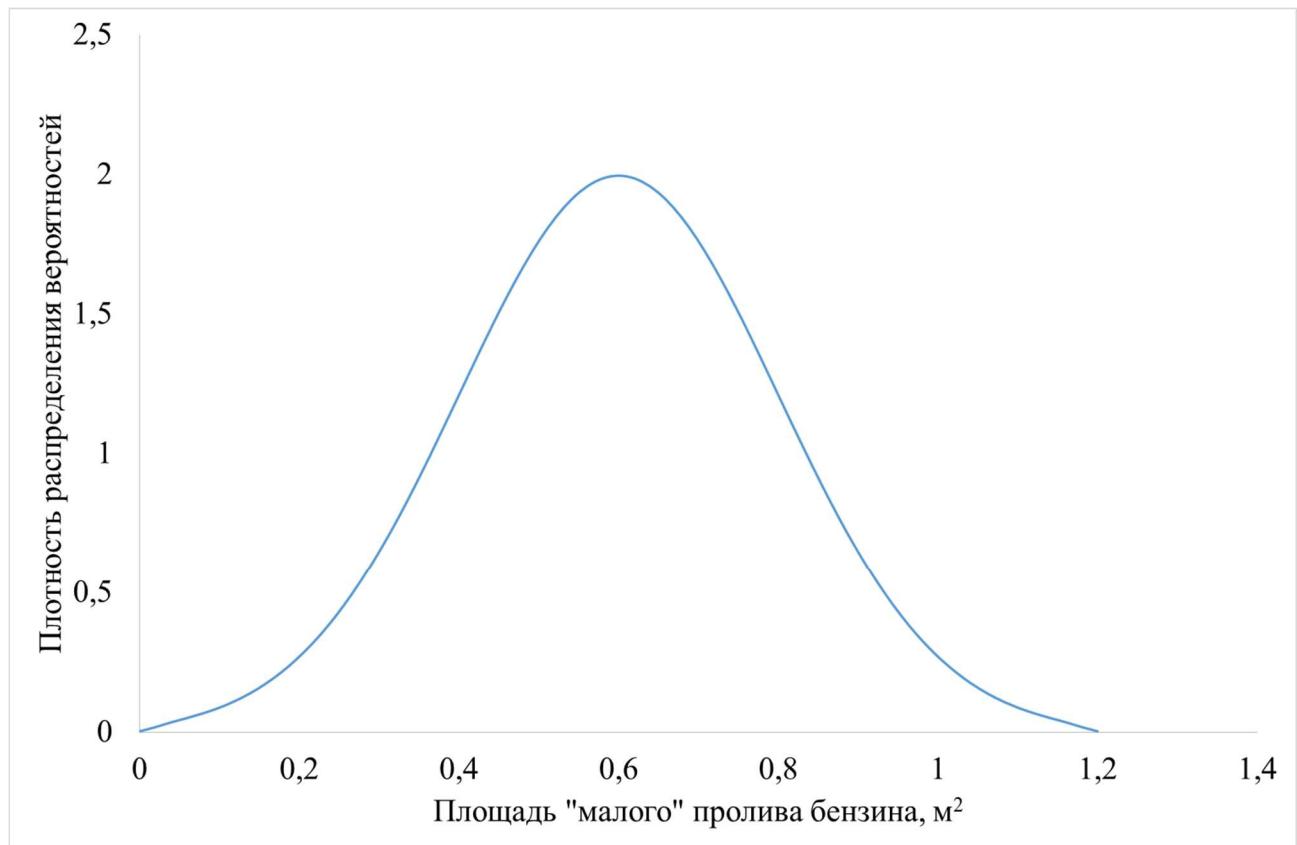


Рисунок 2.4 – Распределение площадей «малых» проливов бензина на АЗС

Показано, что распределение площадей «малых» проливов бензина на АЗС, характерных для городской среды, подчиняется усеченному нормальному распределению [125].

При изучении «малых» проливов нефтепродуктов автотранспорта на придомовых территориях в городской среде было выявлено, что средняя площадь «малых» проливов технических жидкостей составляет $0,14$ м². Для выявления

распределения площадей «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта (рисунок 2.5) было зафиксировано более 300000 «малых» проливов и измерена их площадь.

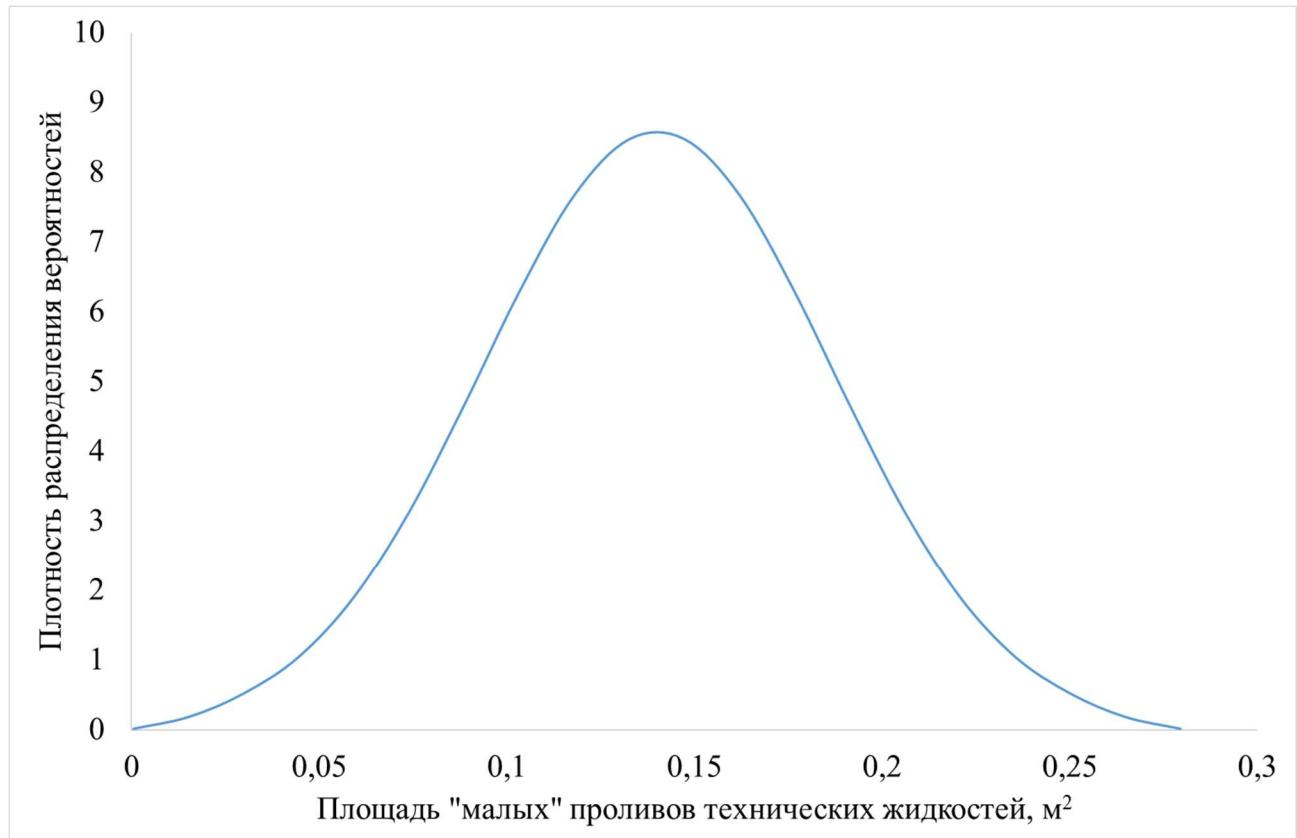


Рисунок 2.5 – Распределение площадей «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта на придомовых территориях

Показано, что распределение площадей «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта на придомовых территориях, характерных для городской среды, подчиняется усеченному нормальному распределению [125].

По результатам проведенных наблюдений за «малыми» проливами нефтепродуктов и проведенных экспериментальных исследований были определены зависимости коэффициентов разлиния при различных температурах и распределения «площадей» малых проливов, которые могут быть использованы при выполнении сводных расчётов загрязнения воздуха городской среды.

2.3.3 Влияние свойств подстилающей поверхности на площадь «малых» проливов

Влияние свойств подстилающей поверхности на пролив приводят во многих работах, например, в [119], результаты которых применить для «малых» проливов нефтепродуктов не представляется возможным, так как они в основном относятся к трубопроводному транспорту. В нормативных документах при расчётах, связанных с проливами, не всегда учитывают свойства поверхности. В документах [123, 126] приведено, что «площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 литр смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей – на 1 м^2 пола помещения». В [16] свойства поверхности учитывают с помощью коэффициента разлития, который имеет различные численные значения для определенных типов покрытий.

Свойства подстилающей поверхности влияют на характеристики пролива и на его способность оказывать воздействие на окружающую среду. Для определения типа подстилающей поверхности, где происходят «малые» проливы, проводились натурные наблюдения в г. Волгограде. В течение 4 лет подсчитывали количество «малых» проливов нефтепродуктов с указанием типа подстилающей поверхности. Было установлено более 400000 «малых» проливов, при этом 99,52 % происходят на подготовленные покрытия (асфальтовые и бетонные покрытия, брусчатка), 0,45 % – на грунтовую поверхность и 0,03 % – на другие поверхности (песок, щебень и другие).

Выполненный теоретический анализ и проведенные экспериментальные исследования показали, что для площади «малого» пролива, характерного для городской среды, имеет значение уклон подстилающей поверхности. В связи с чем для площади «малого» пролива верно выражение:

$$F_{np} = f_P V_{\mathcal{K}} K(\theta), \quad (2.9)$$

где $K(\theta)$ – коэффициент зависящий от уклона подстилающей поверхности θ .

Проведенные экспериментальные исследования показали зависимость площади «малого» пролива от значения уклона подстилающей поверхности. В г. Волгограде выбирали асфальтовые покрытия с определенным значением уклона (θ до 8 %), который определяли согласно ГОСТ Р 52577-2006 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы определения параметров геометрических элементов автомобильных дорог» [127]. Поверхности для моделирования «малых» проливов бензина выбирали с учётом нормативной документации [128], регламентирующей требования к размещению АЗС. Время пролития составляло около 1 секунды. Расстояние от места истечения бензина до подстилающей поверхности составляло 0,8 - 1,2 м. Результаты вышеуказанных экспериментов представлены в таблицах 2.3, 2.4 и 2.5 при температурах окружающей среды -20°C, +10 °C и +40 °C соответственно.

Таблица 2.3 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива бензина АИ-92 при температуре окружающей среды -20 °C

№ п/п	$\theta, \%$	$V_{\mathcal{K}}, \text{м}^3$							
		0,000025		0,0002		0,001		0,002	
		$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$
1	0	0,01855	742	0,1498	749	0,759	759	1,532	766
2	0,8	0,01855	742	0,1498	749	0,759	759	1,532	766
4	1,5	0,01855	742	0,1498	749	0,759	759	1,532	766
4	2,1	0,01855	742	0,1498	749	0,759	759	1,532	766
5	3,1	0,01855	742	0,1498	749	0,759	759	1,5322	766,1
6	3,9	0,01855	742	0,1498	749	0,7591	759,1	1,5324	766,2
7	4,4	0,01855	742	0,14982	749,1	0,7592	759,2	1,5328	766,4

Таблица 2.4 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива бензина АИ-92 при температуре окружающей среды +10°C

№ п/п	$\Theta, \%$	$V_{\mathcal{K}}, \text{м}^3$							
		0,000025		0,0002		0,001		0,002	
		$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$
1	0	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,612	806
2	0,6	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,612	806
3	1,4	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,612	806
4	2,4	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,612	806
5	3,0	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,6124	806,2
6	3,7	0,018975	759	0,154	770	0,794	794	1,6126	806,3
7	4,2	0,018975	759	0,154	770	0,7943	794,3	1,6128	806,4

Таблица 2.5 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива бензина АИ-92 при температуре окружающей среды +40°C

№ п/п	$\Theta, \%$	$V_{\mathcal{K}}, \text{м}^3$							
		0,000025		0,0002		0,001		0,002	
		$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$	$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$
1	0	0,01945	778	0,1584	792	0,825	825	1,692	846
2	0,5	0,01945	778	0,1584	792	0,825	825	1,692	846
3	1,1	0,01945	778	0,1584	792	0,825	825	1,692	846
4	2,2	0,01945	778	0,1584	792	0,825	825	1,6922	846,1
5	3,2	0,01945	778	0,1584	792	0,825	825	1,6924	846,2
6	3,5	0,01945	778	0,1584	792	0,8251	825,1	1,6926	846,3
7	4,0	0,01945	778	0,1584	792	0,8252	825,2	1,6928	846,4

Анализ данных таблиц 2.3-2.5 показал, что значения уклона подстилающей поверхности до 4 % фактически не влияют на площадь «малого» пролива бензина, характерного для АЗС.

Проводили аналогичные эксперименты по пролитию смеси технических жидкостей автотранспорта, при этом обеспечивали медленный характер пролития. Расстояние от места истечения нефтепродукта до подстилающей поверхности находилось в диапазоне от 0,2 до 0,5 м. Время пролития в каждом отдельном случае составляло около 0,5 часа. Для пролива использовали мерную бюретку, которая закреплялась на штативе. Результаты экспериментов по пролитию смеси технических жидкостей автотранспорта представлены в таблицах 2.6, 2.7 и 2.8 при температурах окружающей среды -20 °C, +10 °C и +40 °C соответственно.

Таблица 2.6 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта при температуре окружающей среды -20 °C

№ п/п	$\Theta, \%$	V_K, m^3							
		0,000025		0,0002		0,0005		0,001	
		F_{np}, m^2	f_p, m^{-1}						
1	0	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
2	0,7	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
3	1,9	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
4	2,2	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
5	3,1	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
6	4,0	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
7	5,1	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
8	6,3	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
9	7,2	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
10	8,4	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
11	9,2	0,0052	208	0,0418	209	0,1045	209	0,209	209
12	10,4	0,0052	209	0,0418	209	0,1045	209	0,2092	209,2

Анализ данных таблицы 2.6 показал, что уклон подстилающей поверхности до 10 % при температуре окружающего воздуха -20 °C при моделировании пролития смеси технических жидкостей автотранспорта на асфальтовую поверхность не влияет на площадь их «малых» проливов.

Таблица 2.7 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта при температуре окружающей среды +10 °C

№ п/п	$\Theta, \%$	$V_K, \text{м}^3$							
		0,000025		0,0002		0,0005		0,001	
		$F_{np}, \text{м}^2$	$f_p, \text{м}^{-1}$						
1	0	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
2	0,5	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
3	1,8	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
4	2,1	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
5	3,4	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
6	4,2	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
7	5,0	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
8	6,4	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
9	7,6	0,008775	351	0,0708	354	0,1775	355	0,356	356
10	8,8	0,008775	351	0,0708	354	0,1777	355,4	0,3568	356,8
11	9,8	0,008775	351	0,07086	354,3	0,1783	356,6	0,359	359
12	10,2	0,008775	351	0,0711	355,5	0,1795	359	0,361	361

Анализ данных таблицы 2.7 показал, что уклон подстилающей поверхности до 8,8 % при температуре окружающего воздуха +10 °C при моделировании пролития смеси технических жидкостей автотранспорта на асфальтовую поверхность практически не влияет на площадь их «малых» проливов. При значениях уклона выше 8,8 % и при объемах проливаемой жидкости от 0,0005 м³ есть незначительное увеличение площади «малого» пролива (не более 1,4 %).

Однако, в г. Волгограде, как правило, значения уклона поверхности стоянок и парковок не превосходят 5-6 %.

Таблица 2.8 – Влияние уклона подстилающей поверхности на площадь «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта при температуре окружающей среды +40 °C

№ п/п	$\Theta, \%$	$V_{Ж}, м^3$							
		0,000025		0,0002		0,0005		0,001	
		$F_{np}, м^2$	$f_p, м^{-1}$						
1	0	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
2	0,9	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
3	1,9	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
4	2,5	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
5	3,1	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
6	4,6	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
7	5,2	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
8	6,8	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
9	7,3	0,01005	402	0,082	410	0,207	414	0,418	418
10	8,9	0,01005	402	0,082	410	0,2085	417	0,424	424
11	9,5	0,01005	402	0,0824	412	0,2100	420	0,432	432
12	10,0	0,01010	403	0,0832	416	0,2120	424	0,442	442

Анализ данных таблицы 2.8 показал, что уклон подстилающей поверхности до 6,8 % при температуре окружающего воздуха +40 °C при моделировании пролития технических жидкостей автотранспорта на асфальтовую поверхность не влияет на площадь их «малых» проливов. При значениях уклона выше 7,3 % и при объемах проливаемой жидкости от 0,0005 м³ наблюдается увеличение площади «малого» пролива (до 5,7 %). Для г. Волгограда, как указывалось выше, характерны стоянки и парковки, значения уклона поверхности, которых не превышают 5-6 %.

В связи с чем, для «малых» проливов бензина и смеси технических жидкостей автотранспорта в г. Волгограде можно принять в формуле (2.9) коэффициент $K(\Theta)$ равным единице, тогда формула (2.9) примет вид:

$$F_{np} = f_P V_{Ж} \quad (2.10)$$

Коэффициент разлиния, как было показано выше, описывается линейной функцией, в связи с чем для него можно записать следующее выражение:

$$f_P = kV_{Ж} + q \quad (2.11)$$

где k и q – коэффициенты, зависящие от природы пролитого нефтепродукта (бензин, смесь технических жидкостей автотранспорта) и от температуры окружающей среды.

Принимая во внимание формулу (2.11), выражение (2.10) примет вид:

$$F_{np} = (kV_{Ж} + q)V_{Ж} \quad (2.12)$$

Уклон влияет на геометрию «малого» пролива: при нулевом уклоне – геометрия круга, а при небольшом уклоне – геометрия эллипса. Вероятность наличия или отсутствия уклона подстилающей поверхности в общем случае неизвестна, поэтому для площади «малого» пролива верно выражение:

$$F_{пр} = i\pi r_{круга}^2 + j\pi ab, \quad (2.13)$$

где i, j – коэффициенты, равные 0 или 1 (если i равно 1, тогда j равно 0 и если i равно 0, тогда j равно 1); $r_{круга}$ – радиус круга, который описывает геометрию «малого» пролива в случае отсутствия уклона; a – длина большей оси эллипса; b – длина меньшей оси эллипса.

При небольших значениях уклона площадь можно определить формулой:

$$F_{пр} = \pi r_{круга}^2 = \pi ab \quad (2.14)$$

Проведенные экспериментальные исследования выявили, что подстилающей поверхностью для «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде в основном являются подготовленные покрытия. При значениях уклона подстилающей поверхности до 5-6 %, что характерно для г. Волгограда, при расчёте площадей «малых» проливов нефтепродуктов учёт уклона подстилающей поверхности не требуется.

2.4 Анализ влияния метеорологических условий на рассеивание в воздушной среде вредных веществ от «малых» проливов

На «малые» проливы оказывают влияние метеорологические условия. Их учёт на проливы и разливы нефтепродуктов приведен в ряде работ, например, в [129, 130], однако авторы не учитывают специфику «малых» проливов, поэтому полученные ими результаты не могут быть применены к ним в полной мере.

Интенсивность испарения «малого» пролива (W , кг/(м²×с)) [16] вычисляют по формуле:

$$W = 10^{-6} \sqrt{M} P_H, \quad (2.15)$$

где M – молярная масса жидкости, кг/кмоль; P_H – давление насыщенного пара при расчётной температуре жидкости, кПа.

Давление насыщенных паров нефтепродуктов при расчётной температуре воздушного потока определяют в соответствии с уравнением:

$$P_H = \left(10^{A - \frac{B}{C + t_p}} \right), \quad (2.16)$$

где A, B, C – константы уравнения Антуана; t_p – расчётная температура воздушного потока, °С.

С учётом формулы (2.16), выражение (2.15) примет вид:

$$W = 10^{-6} \sqrt{M} \left(10^{A - \frac{B}{C + t_p}} \right) \quad (2.17)$$

Масса поступающих веществ от испарения с «малого» пролива нефтепродуктов в атмосферный воздух (G_τ , кг) равна:

$$G_\tau = W F_{\text{пп}} \tau, \quad (2.18)$$

где τ – время испарения, с.

Принимая во внимание выражение (2.17) и выражение (2.10), формула (2.18) примет вид:

$$G_\tau = 10^{-6} \sqrt{M} \left(10^{A - \frac{B}{C + t_p}} \right) f_P V_{\text{Ж}} \tau \quad (2.19)$$

Масса нефтепродукта, поступившего в атмосферу, зависит от следующих факторов: физико-химических свойств нефтепродукта (A, B, C, M), температуры окружающей среды (t_p), объёма пролитого нефтепродукта ($V_{\text{Ж}}$), свойства подстилающей поверхности (f_p) и времени испарения (τ).

С учётом формулы (2.12), выражение (2.19) примет вид:

$$G_\tau = 10^{-6} \sqrt{M} \left(10^{A - \frac{B}{C + t_p}} \right) (kV_{\text{Ж}} + q)V_{\text{Ж}} \tau \quad (2.20)$$

Формула (2.20) является формулой для расчёта валовых выбросов в атмосферу от «малых» проливов нефтепродуктов.

Время испарения «малого» пролива является конечной величиной [131]:

$$\tau \leq \frac{\rho_{\text{НФ}} V_{\text{Ж}}}{W F_{\text{пр}}} = \frac{\rho_{\text{НФ}}}{W f_p}, \quad (2.21)$$

где $\rho_{\text{НФ}}$ – плотность нефтепродукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Формула (2.20) не учитывает скорость ветра, которая, как показали проведенные нами исследования, является значимым фактором для испарения «малых» проливов. Для этих целей проводили экспериментальные исследования в лабораторных условиях, суть которых заключалась в измерении скорости потери образца массы нефтепродукта от времени при различных условиях (температуре, скорости ветра). Исходный нефтепродукт известного объёма и массы разливали на поддоне, который находился на лабораторных весах. С течением времени регистрировали изменение массы. Пролив бензина осуществляли в течение 1 секунды на расстоянии 0,8-1,2 м до поверхности поддона с использованием канистры или мерного цилиндра. Пролив смеси технических жидкостей автотранспорта осуществляли в течение 30 минут на расстоянии 0,3 метра до поверхности поддона с использованием бюретки. На рисунках 2.6 и 2.7 приведены схематические изображения лабораторных установок для моделирования испарения с поверхности «малых» проливов бензина и смеси технических жидкостей автотранспорта соответственно.

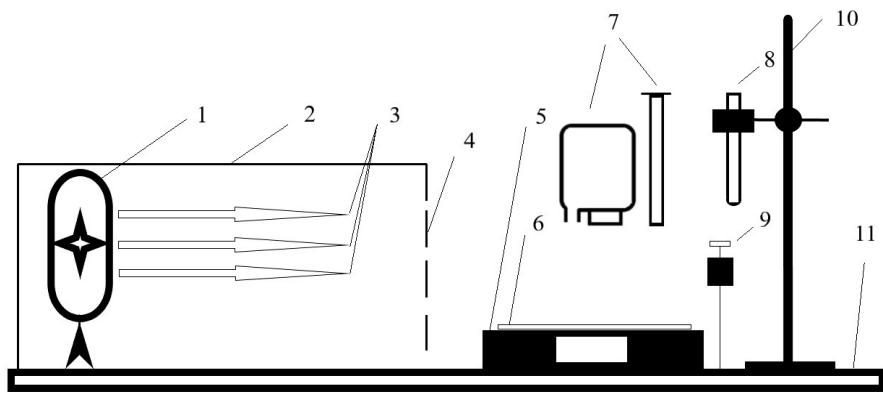


Рисунок 2.6 – Схематическое изображение лабораторной установки для моделирования испарения с поверхности «малых» проливов бензина: 1 – вентилятор, 2 – труба, 3 – направление воздушного потока, создаваемого вентилятором, 4 – решетчатая перегородка, 5 – лабораторные весы, 6 – поддон, на поверхности которого происходит пролитие, 7 – канистра или мерный цилиндр с бензином, 8 – термометр, 9 – анемометр, 10 – лабораторный штатив, 11 – поверхность лабораторного стола

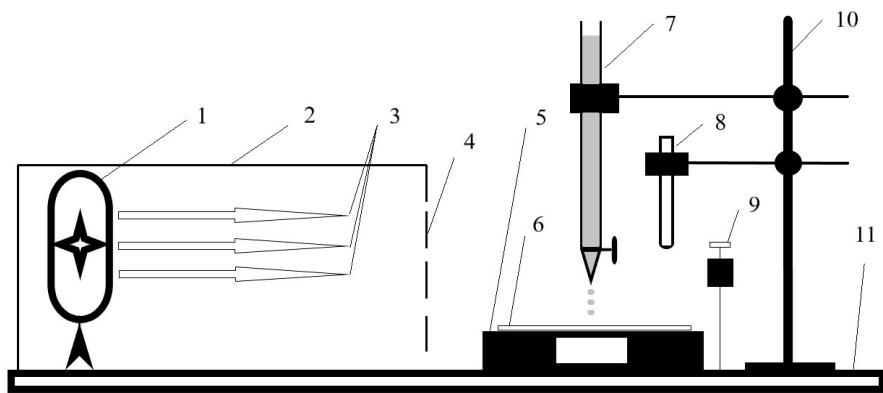


Рисунок 2.7 – Схематическое изображение лабораторной установки для моделирования испарения с поверхности «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта: 1 – вентилятор, 2 – труба, 3 – направление воздушного потока, создаваемого вентилятором, 4 – решетчатая перегородка, 5 – лабораторные весы, 6 – поддон, на поверхности которого происходит пролитие, 7 – бюretka со смесью технических жидкостей, 8 – термометр, 9 – анемометр, 10 – лабораторный штатив, 11 – поверхность лабораторного стола

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены зависимости долей неиспарившегося бензина χ и долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ от времени испарения τ , которые приведены соответственно на рисунках 2.8-2.11 и рисунках 2.12-2.15, при различных объемах пролитых жидкостей, температуре и скорости ветра, а также в таблицах 2.9-2.12 и 2.13-2.16 соответственно. На графиках, представленных на рисунках 2.8-2.15, черный цвет кривой соответствует пролитию при температуре минус 20 °C и скорости ветра 0,5 м/с; желтый – при минус 20 °C и 5,5 м/с; красный – при минус 20 °C и 9,0 м/с; серый – при 10 °C и 0,5 м/с; синий – при 10 °C и 5,5 м/с; зеленый – при 10 °C и 9,0 м/с; темно-синий – при 40 °C и 0,5 м/с; лиловый – при 40 °C и 5,5 м/с; оранжевый – при 40 °C и 9,0 м/с.

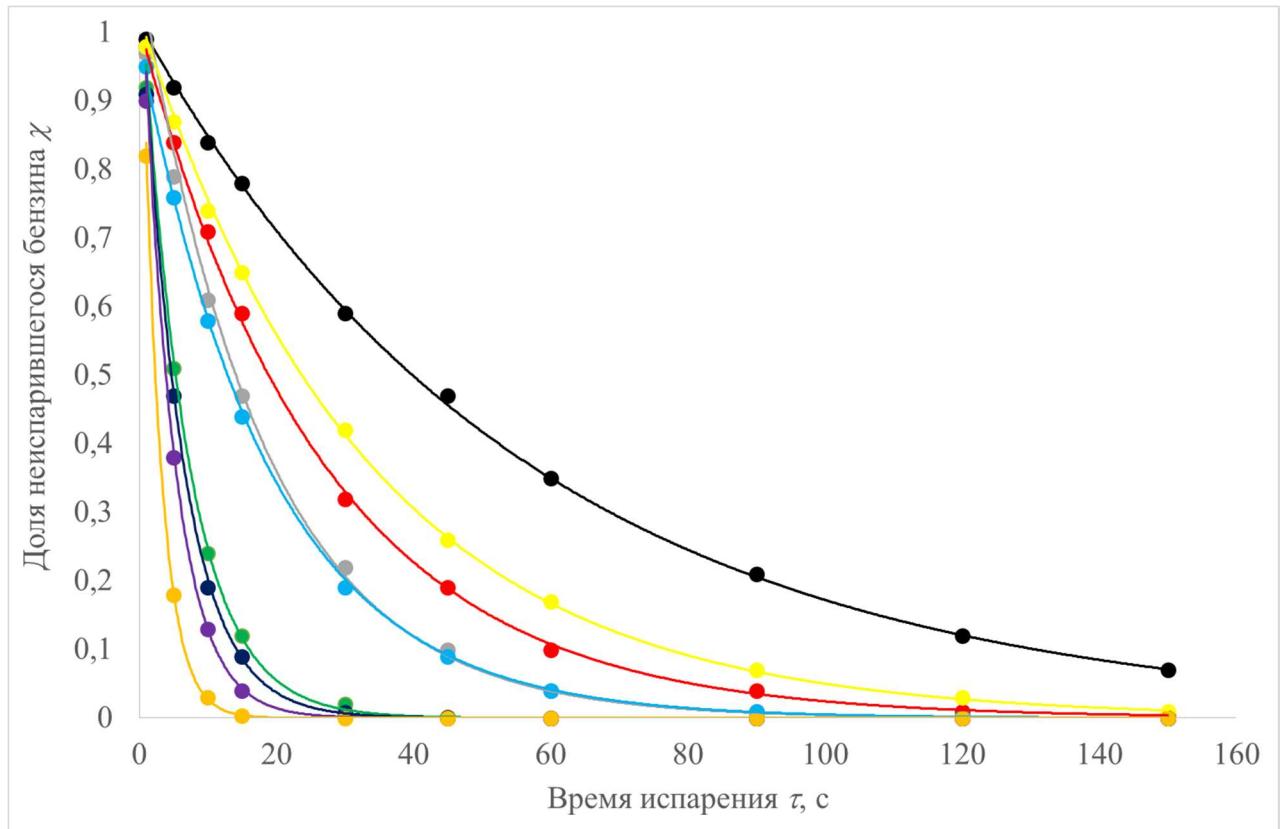


Рисунок 2.8 – Графики зависимостей долей неиспарившегося бензина χ от времени испарения τ при его пролитии $V_{\text{ж}}= 0,000025 \text{ м}^3$

Таблица 2.9 – Зависимости долей неиспарившегося бензина χ при его пролитии $V_{\chi}=0,000025 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 1,0136e^{-0,018\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,0235e^{-0,03\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0118e^{-0,037\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,091e^{-0,055\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 0,9889e^{-0,053\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,1094e^{-0,15\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,1142e^{-0,17\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,1751e^{-0,22\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,2269e^{-0,38\tau}$

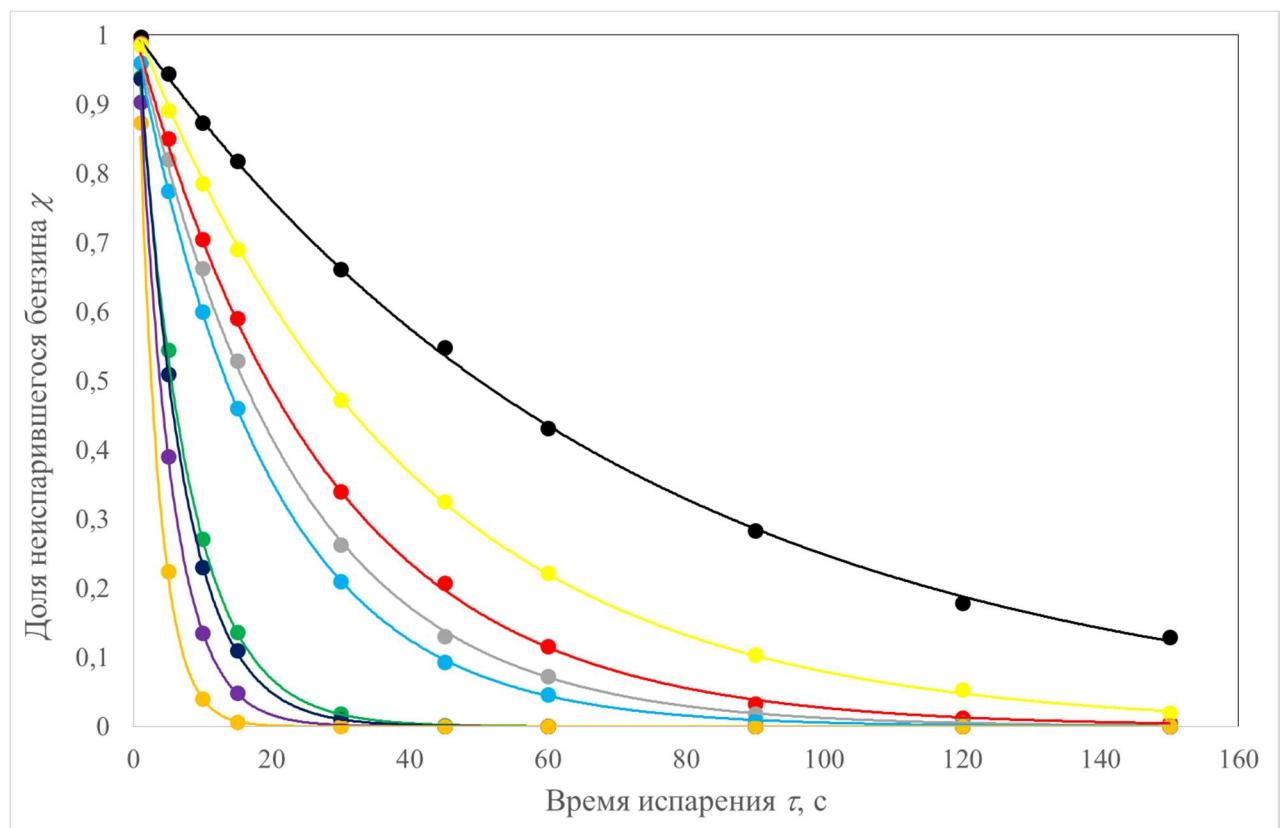


Рисунок 2.9 – Графики зависимостей долей неиспарившегося бензина χ от времени испарения τ при его пролитии $V_{\chi}=0,0002 \text{ м}^3$

Таблица 2.10 – Зависимости долей неиспарившегося бензина χ при его пролитии $V_{\mathcal{K}}=0,0002 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 1,0074e^{-0,014\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,0215e^{-0,026\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0101e^{-0,036\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,0113e^{-0,044\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,006e^{-0,052\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,0623e^{-0,137\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,1107e^{-0,156\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,1201e^{-0,21\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,1994e^{-0,34\tau}$

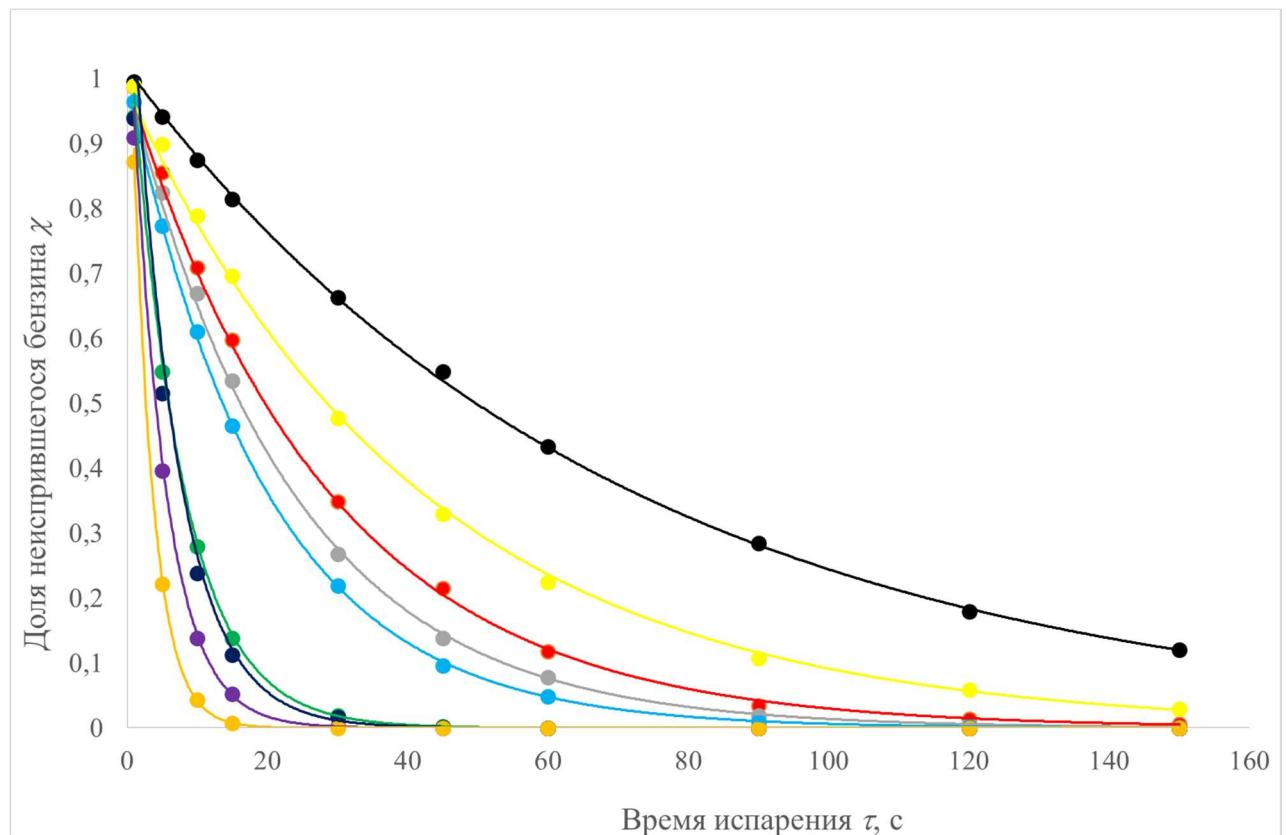


Рисунок 2.10 – Графики зависимостей долей неиспарившегося бензина χ от времени испарения τ при его пролитии $V_{\mathcal{K}}=0,001 \text{ м}^3$

Таблица 2.11 – Зависимости долей неиспарившегося бензина χ при его пролитии $V_{\text{ж}}=0,001 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 1,0152e^{-0,014\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 0,9844e^{-0,024\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 0,9966e^{-0,035\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 0,9992e^{-0,043\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 0,9978e^{-0,051\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,1194e^{-0,137\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,2668e^{-0,156\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,1772e^{-0,21\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,2525e^{-0,34\tau}$

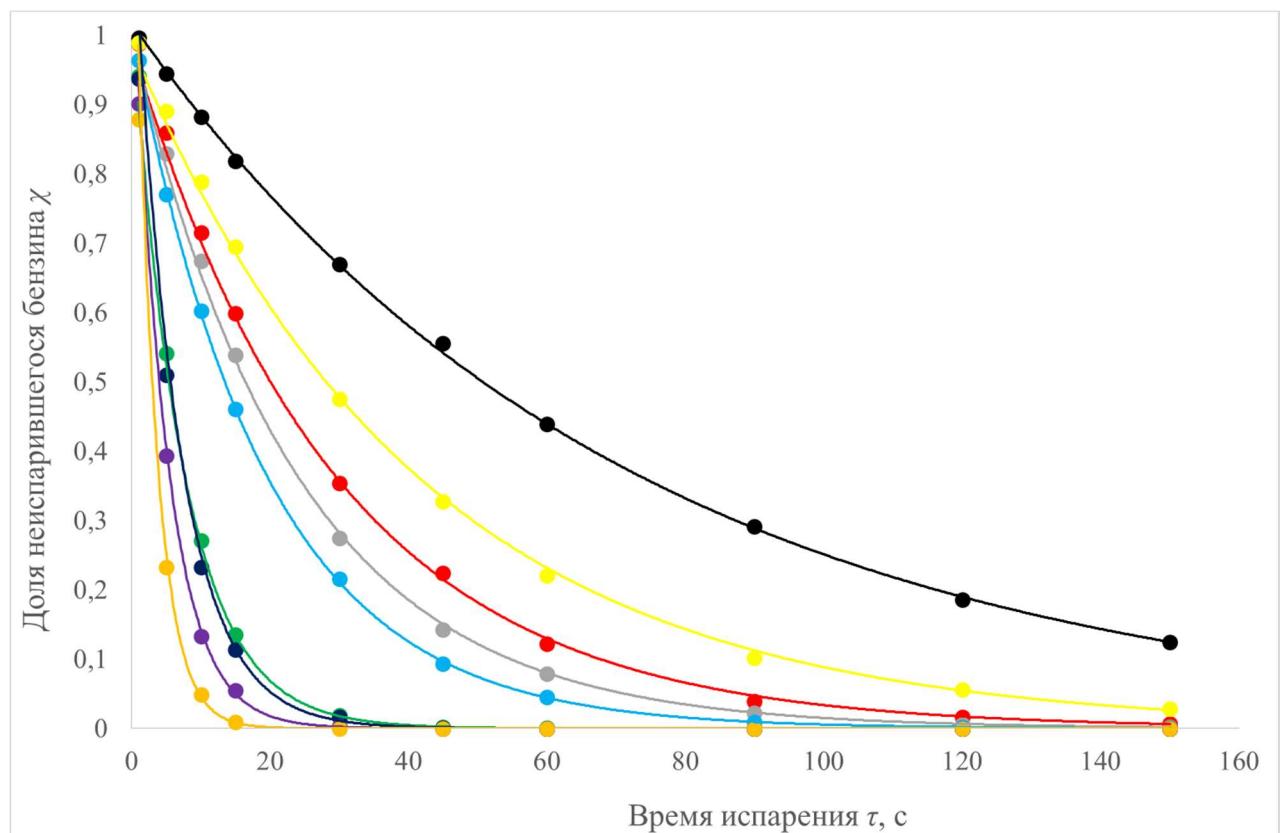


Рисунок 2.11 – Графики зависимостей долей неиспарившегося бензина χ от времени испарения τ при его пролитии $V_{\text{ж}}=0,002 \text{ м}^3$

Таблица 2.12 – Зависимости долей неиспарившегося бензина χ при его пролитии $V_K=0,002 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 1,0171e^{-0,014\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 0,985e^{-0,024\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 0,9856e^{-0,034\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 0,9984e^{-0,042\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,0096e^{-0,052\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,0339e^{-0,135\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,2025e^{-0,156\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,1501e^{-0,208\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,3854e^{-0,34\tau}$

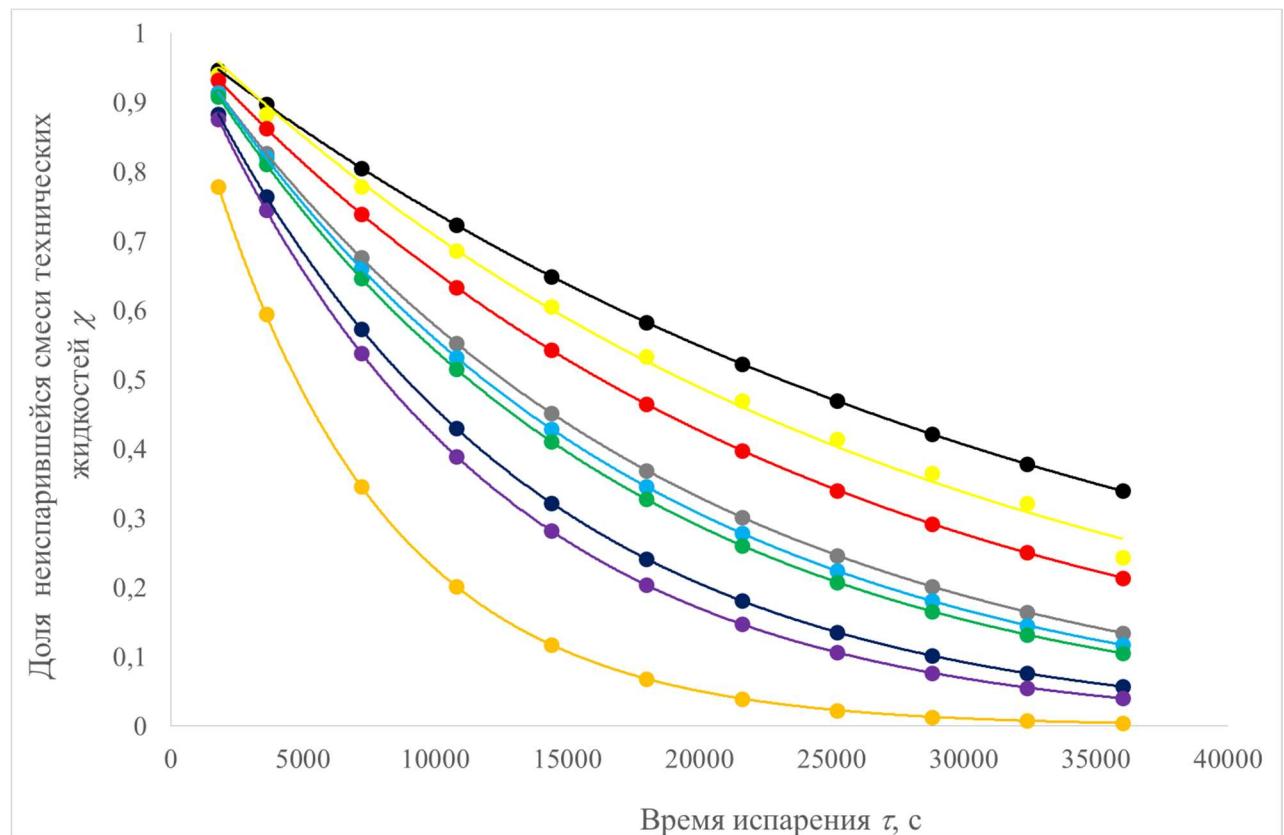


Рисунок 2.12 – Графики зависимостей долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ от времени испарения τ при её пролитии $V_K=0,000025 \text{ м}^3$

Таблица 2.13 – Зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ при её пролитии $V_{\chi}=0,000025 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 1e^{-0,00003\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,0245e^{-0,00004\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0077e^{-0,00004\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,012e^{-0,00006\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,018e^{-0,00006\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,018e^{-0,00006\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,0201e^{-0,00008\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,0302e^{-0,00009\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,0203e^{-0,0002\tau}$

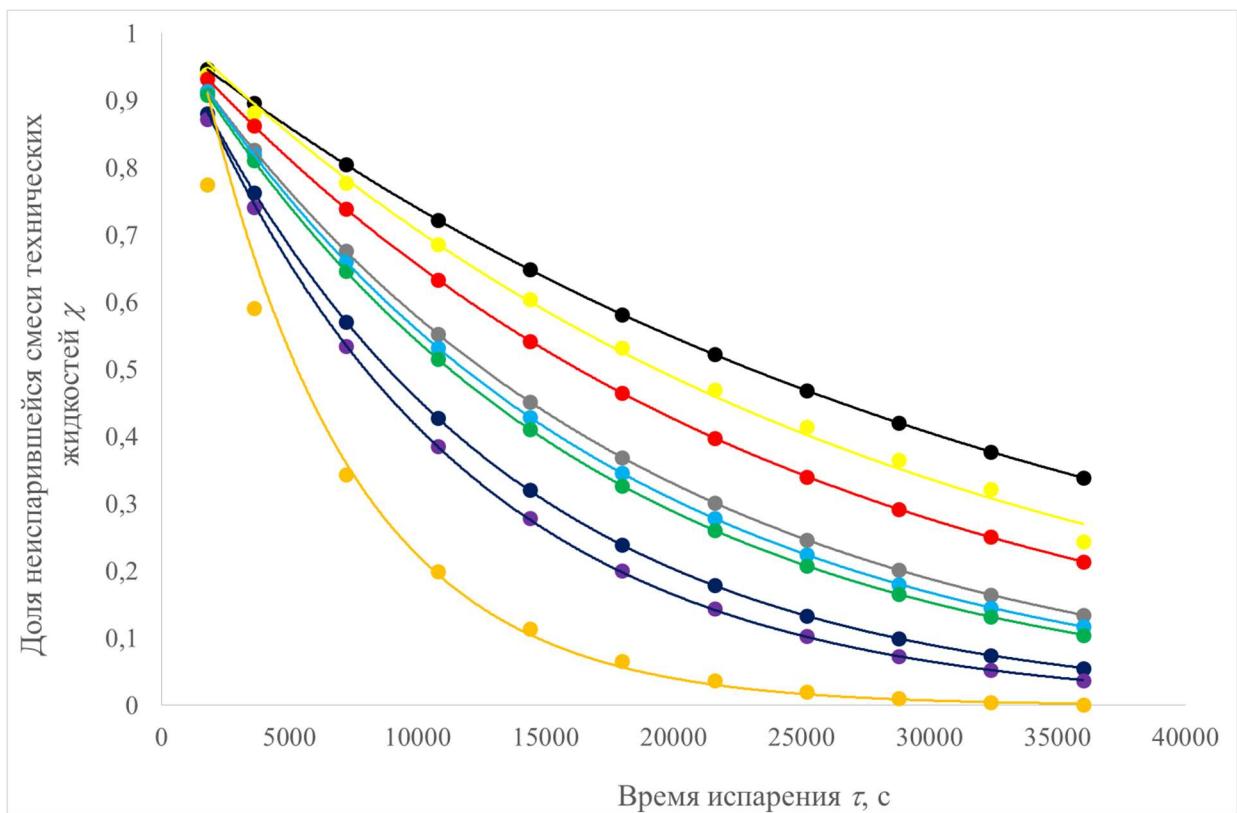


Рисунок 2.13 – Графики зависимостей долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ от времени испарения τ при её пролитии $V_{\chi}=0,0002 \text{ м}^3$

Таблица 2.14 – Зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ при её пролитии $V_{\text{ж}}=0,0002 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 0,9994e^{-0,00003\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,024e^{-0,00004\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0077e^{-0,00004\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,012e^{-0,00006\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,018e^{-0,00006\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,0181e^{-0,00006\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,0238e^{-0,00008\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,0425e^{-0,00009\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,2415e^{-0,0002\tau}$

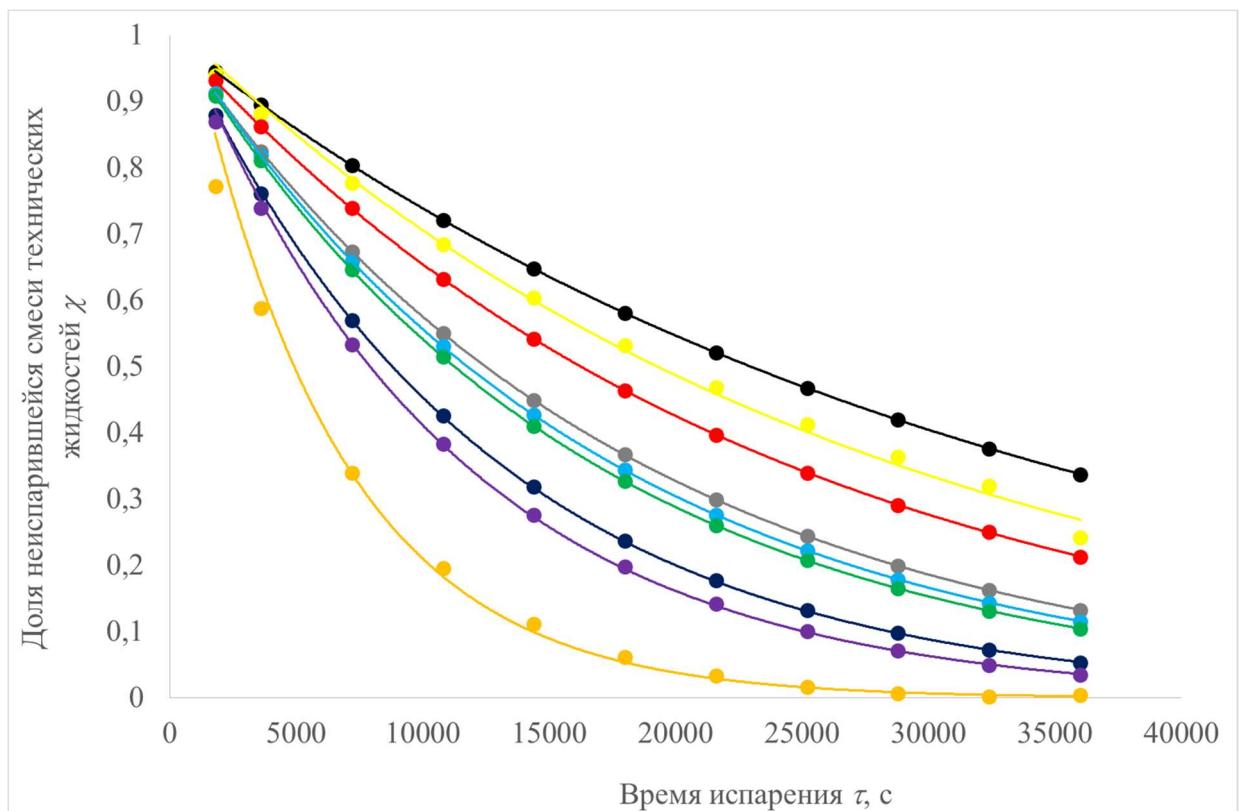


Рисунок 2.14 – Графики зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ от времени испарения τ при её пролитии $V_{\text{ж}}=0,0005 \text{ м}^3$

Таблица 2.15 – Зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ при её пролитии $V_{\text{ж}}=0,0005 \text{ м}^3$ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 0,9986e^{-0,00003\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,0234e^{-0,00004\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0073e^{-0,00004\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,0118e^{-0,00006\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,0181e^{-0,00006\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,0181e^{-0,00006\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,0273e^{-0,00008\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,0504e^{-0,00009\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,1573e^{-0,0002\tau}$

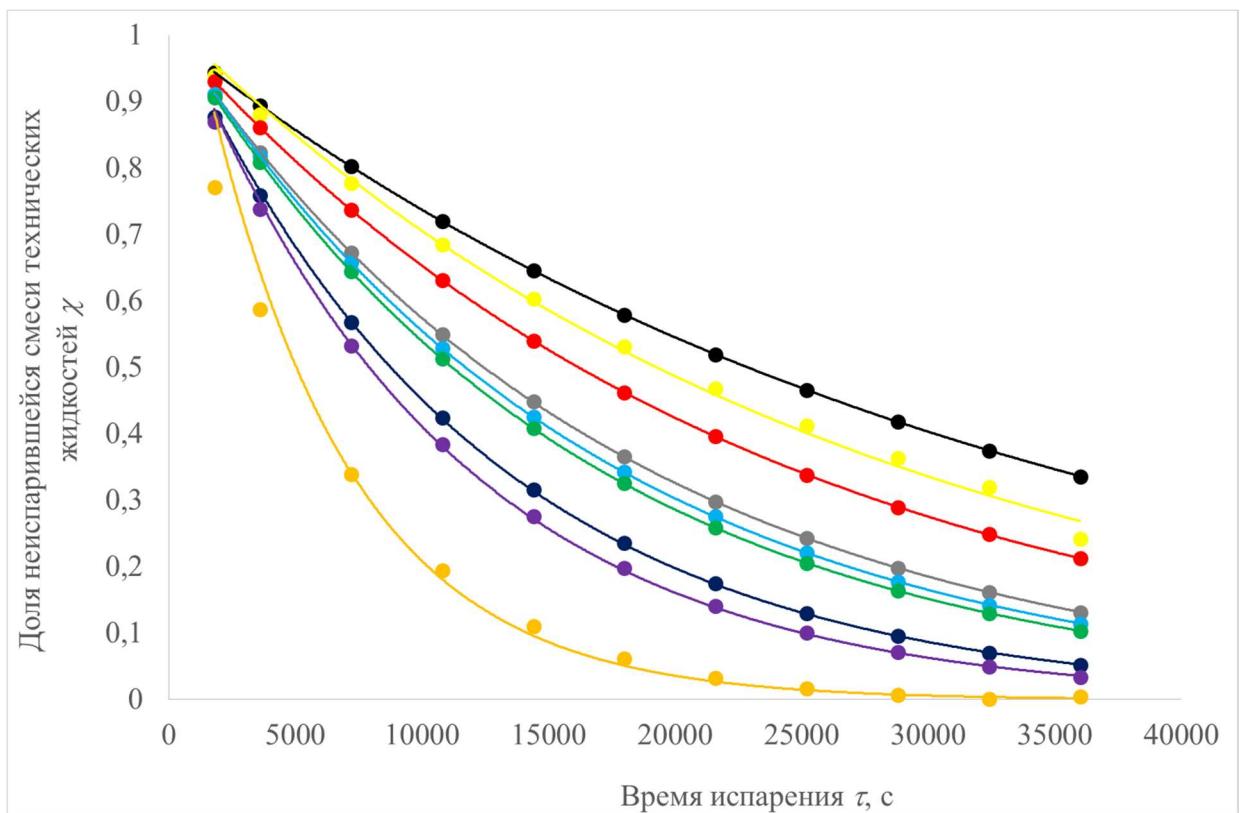


Рисунок 2.15 – Графики зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ от времени испарения τ при её пролитии $V_{\text{ж}}=0,001 \text{ м}^3$

Таблица 2.16 – Зависимости долей неиспарившейся смеси технических жидкостей χ при её пролитии $V_{Ж}=0,001$ м³ от времени испарения τ при различных метеоусловиях

№ п/п	Температура, °C	Скорость ветра, м/с	Уравнение
1	-20	0,5	$\chi = 0,9974e^{-0,00003\tau}$
2	-20	5,5	$\chi = 1,0233e^{-0,00004\tau}$
3	-20	9,0	$\chi = 1,0066e^{-0,00004\tau}$
4	10	0,5	$\chi = 1,0117e^{-0,00006\tau}$
5	10	5,5	$\chi = 1,0182e^{-0,00006\tau}$
6	10	9,0	$\chi = 1,0185e^{-0,00006\tau}$
7	40	0,5	$\chi = 1,0307e^{-0,00008\tau}$
8	40	5,5	$\chi = 1,0517e^{-0,00009\tau}$
9	40	9,0	$\chi = 1,2141e^{-0,0002\tau}$

Полученные кривые описываются экспоненциальными зависимостями, представленными в таблицах 2.9-2.12 для бензина и в таблицах 2.13-2.16 для смеси технических жидкостей автотранспорта.

$$\chi = u_1 e^{-u_2 \tau} \quad (2.22)$$

G_τ можно представить формулой:

$$G_\tau = (1 - \chi) \rho_{НФ} V_{Ж} \quad (2.23)$$

Тогда с учётом (2.22), формулу (2.23) можно записать в виде:

$$G_\tau = (1 - u_1 e^{-u_2 \tau}) \rho_{НФ} V_{Ж} \quad (2.24)$$

Таким образом, поступление нефтепродуктов в атмосферный воздух от «малых» проливов описывается функцией с использованием экспоненциальной зависимости и зависит от коэффициентов u_1 и u_2 , определяемых метеоусловиями, природой и объёмом пролитого нефтепродукта, от времени испарения, плотности и объёма пролитого нефтепродукта.

2.5 Выводы по второй главе

1. «Малые» проливы нефтепродуктов в городской среде обусловлены в основном наличием автомобильного транспорта и объектов, где происходит его заправка, обслуживание и хранение, при этом основными местами являются стоянки/парковки и АЗС.
2. Для стоянок и парковок характерны проливы технических жидкостей автотранспорта, а для АЗС – проливы топлива.
3. Свойства нефтепродуктов, характерных для городской среды, изменяются в очень широких пределах.
4. Наибольшее влияние на экологическую безопасность воздуха урбанизированных территорий оказывают «малые» проливы бензина на АЗС и «малые» проливы технических жидкостей автотранспорта на стоянках и парковках.
5. Объём «малых» проливов бензина у топливораздаточных колонок и на площадках слива топлива на АЗС в г. Волгограде составляет за год до 82 т.
6. Удельная масса «малых» проливов бензина на АЗС у топливораздаточных колонок и на площадках слива топлива составляет до 166,7 г на 1 т.
7. Частоты возникновения «малых» проливов бензина на АЗС у топливораздаточных колонок и при заправке резервуаров неизвестны.
8. Объёмы «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта на парковках и стоянках неизвестны.
9. Средняя частота возникновения «малых» проливов технических жидкостей на стоянках и парковках на территории г. Волгограда, отнесенная к 1000 м² площади придомовой территории, составляет около 5 штук в сутки.
10. На основании натурных обследований 100000 «малых» проливов бензина и 300000 «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта установлено,

что распределения их площадей подчиняются усеченным нормальным распределениям и средние значения площадей «малых» проливов, характерных для АЗС и парковок/стоянок, составляют $0,6 \text{ м}^2$ и $0,14 \text{ м}^2$ соответственно.

11. Коэффициент пропорциональности между площадью «малого» пролива и объёмом пролитого нефтепродукта подчиняется линейной зависимости для «малых» проливов характерных для городской среды.

12. Для г. Волгограда характерны подстилающие покрытия, уклон которых не превышает 5-6 %, такие значения уклона не влияют на площадь «малых» проливов.

13. Поступление нефтепродуктов в атмосферный воздух от «малых» проливов в городской среде описывается функцией с использованием экспоненциальной зависимости и зависит от времени испарения, плотности и объёма пролитого нефтепродукта и от коэффициентов, определяемых метеоусловиями, природой и объёмом пролитого нефтепродукта.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Моделирование загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов бензина в городской среде

Для изучения загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов бензина проводили серию экспериментальных исследований, суть которых заключалась в моделировании пролива бензина заданного объёма на подстилающую поверхность. После осуществляли отбор проб воздуха в точках, выбранных с учётом направления ветра, и определяли концентрацию бензина и компонентный состав в пробах. Проводили измерение метеорологических факторов: температуры окружающей среды, скорости ветра, влажности и атмосферного давления. В экспериментах использовали бензин марки АИ-92. Измерение расстояния осуществляли измерительной рулеткой. Определение концентрации производили газоанализатором универсальным ГАНК-4, а определение компонентного состава с помощью хроматографа газового портативного ФГХ-1. Пробы воздуха на расстоянии от места пролива отбирали по направлению движения ветра при различном времени с момента возникновения пролива.

Рассмотрим в качестве примера единичный эксперимент [132]. Объём бензина, равный 3 литрам, был пролит на горизонтальное твердое покрытие. Температура окружающего воздуха – 2 °C, влажность – 71 %, атмосферное давление – 767,8 мм. рт. ст., скорость движения воздуха – 0,27 м/с. Площадь поверхности пролива, определенная на основании экспериментальных данных, составила 1,8 м². Пробы воздуха на расстоянии от места пролива отбирали по направлению движения ветра и на высоте 0,3 м и 1,5 м над уровнем пролива при различном времени с

момента пролития. Результаты экспериментальных исследований по определению концентрации бензина в атмосферном воздухе представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Концентрация бензина в атмосферном воздухе в зависимости от времени с момента пролива, высоты над уровнем пролива, скорости ветра, расстояния от места пролива при скорости ветра 0,3 м/с

№ п/п	Время с момента пролива, мин	Высота над уровнем пролива, м	Расстояние от места пролива бензина, м	Концентрация бензина в атмосферном воздухе, мг/м ³	Единицы ПДК
1	0	0,3	0	более 50	Более 10
2	3	1,5	0	7	1,4
3	17	1,5	0	0,702	0,1404
4	21	0,3	5	7,6	1,52
5	26	1,5	5	0,269	0,0538
6	30	0,3	10	4,1	0,82
7	35	1,5	10	0,370	0,074
8	38	0,3	18	0,263	0,0526
9	42	1,5	18	0,245	0,049
10	46	1,5	3,3	2,3	0,46

Анализ данных таблицы 3.1 показал, что в начальный момент времени на расстоянии от места пролива 0 м концентрация бензина в атмосферном воздухе над уровнем пролива, равного 0,3 м, превышает 50 мг/м³, что больше ПДК максимальной разовой бензина более чем в 10 раз, которая в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 [110], составляет 5 мг/м³. На высоте 1,5 м над уровнем пролива через 3 минуты после начала эксперимента на расстоянии от места пролива – 0 м концентрация бензина в атмосферном воздухе – 7 мг/м³, что значительно превышает ПДК максимальную разовую бензина. Результаты

хромотографических анализов проб воздуха (качественный и количественный состав) представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты хроматографических анализов проб воздуха (проба № 1 – на расстоянии 0 м от пролива в начальный момент времени на высоте 0,3 м от уровня пролива; проба № 2 – на расстоянии 3,3 м от пролива через 30 минут с момента пролива и на высоте 1 м от уровня пролива)

№ п/п	Компонент	Концентрация, мг/м ³		Относительная концентрация, %	
		проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2
1	гексан	12,800	1,130	90,581	41,821
2	ацетон	0,040	0,032	0,283	1,185
3	этиловый спирт	0,126	0,196	0,892	7,254
4	бензол	0,096	0,036	0,679	1,332
5	пропиловый спирт	0,068	–	0,481	–
6	толуол	0,606	0,357	4,288	13,212
7	этилбензол	0,074	0,138	0,524	5,107
8	п-ксилол	0,071	0,122	0,502	4,515
9	м-ксилол	0,140	0,274	0,991	10,141
10	о-ксилол	0,085	0,218	0,602	8,068
11	хлорбензол	0,025	–	0,177	–
12	изоамиловый спирт	–	0,056	–	2,073
13	амиловый спирт	–	0,107	–	3,960
14	стирол	–	0,036	–	1,332

Анализ данных таблицы 3.2 показал, что в первоначальный момент в воздухе преимущественно присутствует гексан – при общей концентрации обнаруженных

компонентов 14,131 мг/м³, концентрация гексана составляет 12,800 мг/м³, что примерно составляет 90,6 % от общей концентрации. По прошествии 30 минут с момента пролива общая концентрация компонентов составляет 2,702 мг/м³, то есть происходит уменьшение общей концентрации более чем в 5 раз, а концентрация гексана уменьшается более чем в 11 раз и составляет всего 1,130 мг/м³, или примерно 41,8 % от общей концентрации. Значительное изменение концентрации гексана по сравнению с варьированием общей концентрации компонентов связано с его большей летучестью относительно других компонентов. Концентрации бензола и толуола уменьшились примерно в 2,7 раза и в 1,7 раза соответственно, концентрация ацетона изменилась незначительно (0,040 мг/м³ и 0,032 мг/м³), а этилового спирта – увеличилась примерно в 1,6 раза, этилбензола примерно в 1,9 раза, п-ксилола примерно в 1,7 раза, м-ксилола примерно в 2 раза и о-ксилола – в 2,6 раза.

Испарение проливов бензина представляет сложный процесс, что связано с его многокомпонентным составом. В начальные моменты времени основная доля испаряющихся нефтепродуктов представлена легколетучим компонентом (гексаном). С течением времени доля гексана в общей массе испарившихся компонентов уменьшается. В начальный момент времени концентрация толуола составляет 0,606 мг/м³ и, фактически, находится в пределах ПДК максимальной разовой (0,6 мг/м³), а концентрация этилбензола равна 0,074 мг/м³ и превышает ПДК максимальную разовую (0,02 мг/м³) более, чем в три раза. По истечении 30 минут с момента пролива в атмосферном воздухе концентрация толуола находится в пределах ПДК максимальной разовой и составляет 0,357 мг/м³, а этилбензола становится еще выше – 0,138 мг/м³ и при этом наблюдается превышение его ПДК максимальной разовой почти в 7 раз. Более того, концентрация м-ксилола 0,274 мг/м³ незначительно превышает ПДК максимально разовую (0,25 мг/м³), а концентрация амилового спирта составляет 0,107 мг/м³, что превышает его ПДК максимальную разовую (0,010 мг/м³) более, чем в 10 раз.

При расчёте рассеивания в программном комплексе УПРЗА «ЭКОЛОГ» фирмы «ИНТЕГРАЛ» (версия 4.60) в качестве исходных данных были приняты

значения максимально-разовых выбросов бензина равные 0,063 г/с (площадь пролива 0,45 м², рассчитанная на основании документа [16]) и 0,252 г/с. Полученные результаты расчётов концентрации бензина в атмосферном воздухе приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Концентрация бензина в атмосферном воздухе на различных расстояниях от места «малого» пролива бензина объёмом 3 литра и от площадей пролива 1,8 м² и 0,45 м² при скорости ветра 0,3 м/с

№ п/п	Расстояние от места пролива бензина, м	$F_{np} = 1,8 \text{ м}^2$ (начальная толщина слоя бензина 1,7 мм)		$F_{np} = 0,45 \text{ м}^2$ (начальная толщина слоя бензина 6,7 мм)	
		Концентрация бензина в воздухе, мг/м ³	Единицы ПДК	Концентрация бензина в воздухе, мг/м ³	Единицы ПДК
1	0	9,00	1,8	2,25	0,45
2	5	8,50	1,7	2,19	0,438
3	10	8,85	1,77	2,23	0,446
4	18	7,55	1,51	1,9	0,38

Из данных таблицы 3.3 можно видеть, что площадь «малого» пролива бензина при одинаковом объёме пролитого бензина значительно влияет на рассеивание. В случае значения площади (1,8 м²), наблюдаются превышения ПДК максимальной разовой бензина даже на расстоянии 18 метров от пролива, а при значении площади (0,45 м²), превышения ПДК максимальной разовой, отсутствуют. Результаты рассеивания бензина в атмосферном воздухе от его «малого» пролива при одинаковой площади пролива равной 1,8 м², полученные расчётным методом, и на основании экспериментальных исследований, значительно различаются, что представлено в таблице 3.4. Это связано с тем, что экспериментальные измерения концентрации бензина в атмосферном воздухе от места «малого» пролива были проведены по истечению определенного времени с момента возникновения

пролива. В течение указанного времени большая часть пролитого бензина испарилась и рассеялась в атмосфере.

Таблица 3.4 – Концентрация бензина в атмосферном воздухе на расстоянии от места пролива бензина объёмом 3 литра при площади пролива 1,8 м².

№ п/п	Расстояние от места пролива бензина, м	Расчётные значения		Экспериментальные значения	
		Концентрация бензина в воздухе, мг/м ³	Единицы ПДК	Концентрация бензина в воздухе, мг/м ³	Единицы ПДК
1	0	9,00	1,8	7	1,4
2	5	8,50	1,7	0,269	0,0538
3	10	8,85	1,77	0,370	0,074
4	18	7,55	1,51	0,245	0,049

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что при малых скоростях ветра от единичного «малого» пролива бензина могут наблюдаться существенные превышения нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе. В городской среде постоянно происходит огромное количество таких проливов, в связи с чем, их влияние на загрязнение воздуха значимо и требует учёта для повышения экологической безопасности. Было выявлено, что при «малом» проливе бензина наблюдается превышение в воздухе ПДК максимальных разовых, таких опасных веществ, как этилбензол, м-ксилол и амиловый спирт, которые могут оказывать различное негативное воздействие на население, проживающее на урбанизированных территориях.

3.2 Расчёт и определение закономерностей рассеивания вредных веществ в атмосфере от «малых» проливов в городской среде

Эксперимент, проводимый по матрице, включал три группы расчётов, которые расположены симметрично и на разном расстоянии от центра расчёта, и называется центральным композиционным экспериментом [133,134]. План эксперимента представляет матрицу планирования и имеет в основе план факторного эксперимента и дополняется точками факторного пространства – звездными точками и опытами в центре плана. Звездное плечо равно $\pm 1,682$, количество опытов ядра матрицы – $2^3=8$, число звездных и нулевых точек по 6. В таблице 3.5 приведены данные для планирования эксперимента.

Таблица 3.5 – Исходные данные для планирования эксперимента по «малым» проливам бензина

Факторы	Интервал варьирования	Уровни факторов		
		Основной	Верхний	Нижний
F_{np} – площадь «малого» пролива бензина, m^2	0,3	0,6	0,9	0,3
v – скорость ветра, м/с	3,0	5,5	8,5	2,5
t – температура окружающего воздуха, $^{\circ}C$	15	15	30	0

Необходимые значения скорости ветра достигали с использованием вентилятора, а температуры окружающего воздуха – при помощи калорифера и контролировали с применением анемометра и термометра.

Матрица ротатабельного центрального композиционного эксперимента для трехфакторного процесса имеет вид, представленный в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Матрица ротатабельного центрального эксперимента для трехфакторного процесса

Этапы эксперимента	Номер расчёта	Факторы			
		x_0	x_1	x_2	x_3
Опыты в ядре полного факторного расчёта	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	-
	3	+	+	-	+
	4	+	+	-	-
	5	+	-	+	+
	6	+	-	+	-
	7	+	-	-	+
	8	+	-	-	-
Опыты в «звездных» точках	9	+	+1,682	0	0
	10	+	-1,682	0	0
	11	+	0	+1,682	0
	12	+	0	-1,682	0
	13	+	0	0	+1,682
	14	+	0	0	-1,682
Опыты в центре эксперимента	15	+	0	0	0
	16	+	0	0	0
	17	+	0	0	0
	18	+	0	0	0
	19	+	0	0	0
	20	+	0	0	0

С учётом данных таблицы 3.5, таблица 3.6 примет вид, приведенный в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Матрица ротатабельного центрального эксперимента для трехфакторного процесса (F_{np} , м²: 0,3, 0,6, 0,9; v , м/с: 2,5, 5,5, 8,5; t , °C: 0, 15, 30)

Этапы расчёта	Номер расчёта	Максимально-разовый выброс, г/с	Факторы		
			F_{np} , м ²	v , м/с	t , °C
Опыты в ядре полного факторного расчёта	1	0,2700	0,9	8,5	30
	2	0,1185	0,9	8,5	0
	3	0,2700	0,9	2,5	30
	4	0,1185	0,9	2,5	0
	5	0,0900	0,3	8,5	30
	6	0,0395	0,3	8,5	0
	7	0,0900	0,3	2,5	30
	8	0,0395	0,3	2,5	0
Опыты в «звездных» точках	9	0,2245	1,10	5,5	15
	10	0,0204	0,10	5,5	15
	11	0,1225	0,6	10,5	15
	12	0,1225	0,6	0,5	15
	13	0,2272	0,6	5,5	40
	14	0,0571	0,6	5,5	-10
Опыты в центре расчёта	15	0,1225	0,6	5,5	15
	16	0,1225	0,6	5,5	15
	17	0,1225	0,6	5,5	15
	18	0,1225	0,6	5,5	15
	19	0,1225	0,6	5,5	15
	20	0,1225	0,6	5,5	15

Расчёт проводили на программном комплексе УПРЗА «ЭКОЛОГ» фирмы «ИНТЕГРАЛ» (версия 4.50.3). Рассеивание рассматривали в одном направлении. Анализ результатов расчётов согласно таблицы 3.7 показал, что концентрация бензина в атмосферном воздухе при его «малых» проливах не превышает ПДК.

Были проведены эксперименты по определению концентрации бензина согласно данным таблицы 3.7, результаты которых указаны в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты экспериментов по рассеиванию бензина от его «малых» проливов

№ п/п	F_{np} , м ²	Метеоусловия		Расстояние от места «малого» пролива, м				
		v , м/с	t , °C	1	10	20	30	50
				<i>C</i> бензина в атмосферном воздухе, единицы ПДК				
1	0,9	8,5	30	0,8	2,3	2,2	2,2	0,5
2	0,9	8,5	0	0,7	1,6	1,5	1,5	0,4
3	0,9	2,5	30	0,9	5,1	4,8	3,9	1,8
4	0,9	2,5	0	0,7	2,3	2,1	1,9	0,6
5	0,3	8,5	30	0,1	0,8	0,9	0,9	1,3
6	0,3	8,5	0	0,1	1,0	1,2	1,1	0,7
7	0,3	2,5	30	0,7	2,4	2,3	2,2	0,4
8	0,3	2,5	0	0,2	0,9	0,8	0,8	1,0
9	1,1	5,5	15	0,1	2,4	2,6	2,5	2,0
10	0,1	5,5	15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1
11	0,6	10,5	15	0,2	1,2	1,0	1,0	1,1
12	0,6	0,5	15	1,2	5,9	5,3	4,1	1,3
13	0,6	5,5	40	0,6	2,4	2,0	2,0	0,5
14	0,6	5,5	-10	0,2	1,2	1,2	1,1	0,9
15	0,6	5,5	15	0,6	1,9	1,7	1,7	0,4
16	0,6	5,5	15	0,5	1,8	1,8	1,7	0,5
17	0,6	5,5	15	0,6	1,8	1,8	1,7	0,4
18	0,6	5,5	15	0,5	1,9	1,7	1,7	0,5
19	0,6	5,5	15	0,6	1,7	1,7	1,7	0,5
20	0,6	5,5	15	0,6	1,8	1,7	1,7	0,5

Анализ данных таблицы 3.8 показал, что концентрации бензина в атмосферном воздухе, полученные экспериментальным путём, значительно выше, чем полученные расчётным способом, что связано с определением значения массы поступления бензина в воздух от его «малых» проливов.

В результате обработки данных таблицы 3.8 с использованием программы STATISTIKA установлена зависимость концентрации бензина (в единицах ПДК) в атмосферном воздухе C от четырёх параметров: площади его «малого» пролива F_{np} (м^2), скорости ветра v ($\text{м}/\text{с}$), температуры окружающей среды t ($^{\circ}\text{C}$) и расстояния от места «малого» пролива l (м).

Рассматривали линейное уравнение регрессии:

$$C = b_0 + b_1 F_{np} + b_2 v + b_3 t + b_4 L, \quad (3.1)$$

где расстояние $L = \frac{1}{l}$, т.е. обратная величина к расстоянию от места «малого» пролива.

Уровень значимости во всех расчётах $\alpha = 0,05$. В таблице 3.9 представлены итоговые статистики по переменной (концентрации бензина).

Таблица 3.9 – Итоговые статистики переменной (концентрации бензина в атмосферном воздухе от его «малого» пролива)

№ п/п	Статистика	Значение
1	Множест. R	0,685177303
2	Множеств. R^2	0,469467937
3	Скорр. R^2	0,447129745
4	F	21,0163801
5	P	0,0000000000019550301
6	Стан. ошиб. оценки	0,837306352

В таблице 3.10 приведены итоги линейной регрессии для концентрации бензина в атмосферном воздухе.

Таблица 3.10 – Итоги линейной регрессии для С бензина в атмосферном воздухе

Переменные	Бета	Стан. ошиб. Бета	Коэффициенты уравнения b	Стан. ошиб. b	t	P (уровень)
Св. член			1,39109	0,310322	4,48275	0,000021
F	0,352330	0,074730	1,59836	0,339015	4,71471	0,000008
v	-0,392080	0,074730	-0,17787	0,033902	-5,24663	0,000001
t	0,219348	0,074730	0,01990	0,006780	2,93521	0,004180
L	-0,378803	0,074730	-1,11506	0,219977	-5,06896	0,000002

Согласно данным таблицы 3.10 все переменные являются значимыми. Было получено линейное уравнение регрессии:

$$C = 1,391 + 1,598F_{\text{пп}} - 0,178v + 0,0199t - 1,115L \quad (3.2)$$

Также рассматривалось квадратичное уравнение регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 F_{\text{пп}} + b_2 v + b_3 t + b_4 L + b_{11} F_{\text{пп}}^2 + b_{12} F_{\text{пп}} v + b_{13} F_{\text{пп}} t + b_{14} F_{\text{пп}} L + \\ b_{22} v^2 + b_{23} t v + b_{24} v L + b_{33} T^2 + b_{34} t L + b_{44} L^2 \quad (3.3)$$

Таблицы 3.11- 3.12 содержат результаты по всем переменным, которые были добавлены и оставлены в модели.

Таблица 3.11 – Итоговые статистики переменной (концентрации бензина в атмосферном воздухе)

№ п/п	Статистика	Значение
1	Множест. R	0,848213791
2	Множеств. R^2	0,719466636
3	Скорр. R^2	0,67326114
4	F	15,5710188
5	P	6,64625477E-18
6	Стан. ошиб. оценки	0,643684672

Таблица 3.12 – Итоги квадратичной регрессии для концентрации бензина в атмосферном воздухе

Переменные	Бета	Стан. ошиб. Бета	Коэффициенты уравнения b	Стан. ошиб. b	t	P (уровень)
Св. член			0,4202	0,654650	0,64189	0,522673
F_{np}	0,79554	0,282905	3,6090	1,283410	2,81206	0,006111
v	-0,91341	0,274696	-0,4144	0,124617	-3,32518	0,001306
t	0,42175	0,241955	0,0383	0,021953	1,74309	0,084935
L	4,82678	0,936961	14,2083	2,758069	5,15153	0,000002
F_{np}^2	-0,27573	0,233190	-1,0097	0,853968	-1,18241	0,240339
v^2	0,93414	0,215006	0,0371	0,008540	4,34472	0,000038
t^2	-0,05495	0,126917	-0,0001	0,000342	-0,43297	0,666132
L^2	-5,10666	0,914977	-14,3541	2,571866	-5,58120	0,000000
$F_{np}v$	-0,35223	0,210870	-0,1889	0,113084	-1,67034	0,098530
$F_{np}t$	0,30402	0,176811	0,0389	0,022617	1,71947	0,089168
$F_{np}L$	-0,32351	0,155234	-1,4269	0,684702	-2,08403	0,040159
vt	-0,44962	0,166401	-0,0061	0,002262	-2,70203	0,008319
vL	0,29343	0,144867	0,1387	0,068470	2,02548	0,045956
tL	-0,10786	0,097413	-0,0152	0,013694	-1,10729	0,271294

Используя данные, представленные в таблице 3.12, учитывали значимые переменные. Тогда, уравнение регрессии можно представить в следующем виде, приведенном ниже:

$$C = 3,609S - 0,414v + 14,208L + 0,037v^2 - 14,354L^2 - 1,427S \cdot L - 0,006vt + 0,139vL \quad (3.4)$$

Так как коэффициент корреляции для квадратичной регрессии $R= 0,85$ близок к единице, то это свидетельствует о том, что квадратичная регрессия более точно описывает выборочные данные.

Учитывая, что $L = \frac{1}{l}$, то полученное уравнение регрессии можно представить в виде разложения по степеням величины $\frac{1}{l}$.

$$\begin{aligned} C &= (3,609F_{\text{пп}} - 0,414\nu + 0,037\nu^2 - 0,006\nu \cdot t) \\ &\quad + (14,208 - 1,427F_{\text{пп}} + 0,139\nu) \cdot \frac{1}{l} - 14,354 \left(\frac{1}{l}\right)^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Согласно результатам, полученным во второй главе работы, «малые» проливы бензина характерны для АЗС, а «малые» проливы нефтепродуктов на придомовых территориях обусловлены проливами различных технических жидкостей с автотранспортных средств. Указанных технических жидкостей большое количество (различное назначение, марки и т.д.). Их состав является многокомпонентным, в связи с чем теоретический расчёт рассеивания от их «малых» проливов в атмосфере затруднителен. Для определения рассеивания нефтепродуктов от таких «малых» проливов проводили эксперименты с использованием смеси технических жидкостей с транспортных средств, которые образуются при проведении технического обслуживания автомобилей (отработанные моторные и трансмиссионные масла, отработанные тормозные и гидравлические жидкости, антифризы, промывочные жидкости и другие). Такой подход представляется оправданным, так как экспериментально определить конкретный вклад отдельного нефтепродукта в общее количество «малых» проливов, характерных для придомовых территорий многоквартирных жилых домов, сложно. Более того, техническое обслуживание автомобилей, при котором образуются и накапливаются технические жидкости, часто происходит на незначительном расстоянии от жилых построек. При рассеивании производили измерения значений концентраций паров бензина в атмосферном воздухе на различном удалении от места возникновения «малого» пролива. Измерения бензина были выбраны по следующим причинам. Во-первых, для сравнения рассеивания от «малых» проливов на АЗС и от «малых» проливов, характерных для придомовых территорий многоквартирных жилых домов. Во-вторых, в составе бензина и отработанных нефтепродуктов есть общие компоненты,

некоторые из которых являются более опасными для организма человека, чем бензин. В-третьих, концентрация бензина в атмосферном воздухе нормируется для городских территорий. В-четвертых, на придомовых территориях многоквартирных домов также могут происходить «малые» проливы бензина от автотранспорта.

В таблице 3.13 указаны данные для планирования эксперимента по «малым» проливам смеси технических жидкостей автотранспорта. Для выбора значений их площадей были использованы результаты исследований, представленные во второй главе настоящей работы, согласно которым средняя площадь «малого» пролива, составляет $0,14 \text{ м}^2$.

Таблица 3.13 – Исходные данные для планирования эксперимента по «малым» проливам смеси технических жидкостей автотранспорта

Факторы	Интервал варьирования	Уровни факторов		
		Основной	Верхний	Нижний
F_{np} – площадь «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта, м^2	0,07	0,14	0,21	0,07
v , $\text{м}/\text{с}$	3,0	5,5	8,5	2,5
t , $^\circ\text{C}$	15	15	30	0

Значения скоростей ветра и температур окружающего воздуха создавали и контролировали таким же образом, как и в аналогичном эксперименте с бензином.

С учётом данных таблицы 3.13 по значениям площадей «малых» проливов, скоростей ветра и температур окружающей среды, таблицу 3.6 можно представить в виде таблицы 3.14.

Таблица 3.14 – Матрица ротатабельного центрального эксперимента для трехфакторного процесса (F_{np} , м²: 0,07, 0,14, 0,21; v , м/с: 2,5, 5,5, 8,5; t , °C: 0, 15, 30)

Этапы расчёта	Номер расчёта	Факторы		
		F_{np} , м ²	v , м/с	t , °C
Опыты в ядре полного факторного расчёта	1	0,21	8,5	30
	2	0,21	8,5	0
	3	0,21	2,5	30
	4	0,21	2,5	0
	5	0,07	8,5	30
	6	0,07	8,5	0
	7	0,07	2,5	30
	8	0,07	2,5	0
Опыты в «звездных» точках	9	0,26	5,5	15
	10	0,02	5,5	15
	11	0,14	10,5	15
	12	0,14	0,5	15
	13	0,14	5,5	40
	14	0,14	5,5	-10
Опыты в центре расчёта	15	0,14	5,5	15
	16	0,14	5,5	15
	17	0,14	5,5	15
	18	0,14	5,5	15
	19	0,14	5,5	15
	20	0,14	5,5	15

Результаты экспериментальных исследований по рассеиванию бензина в атмосферном воздухе от «малых» проливов смеси технических жидкостей автотранспорта приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Результаты экспериментов по рассеиванию бензина от «малых» проливов смеси технических жидкостей автотранспорта

№ п/п	F_{np} , м^2	Метеоусловия		Расстояние от места «малого» пролива, м				
		v , $\text{м}/\text{с}$	t , $^\circ\text{C}$	1	10	20	30	50
				С бензина в атмосферном воздухе, единицы ПДК				
1	0,21	8,5	30	0,3	1	0,5	0,3	0,1
2	0,21	8,5	0	0,2	0,8	0,4	0,3	0,1
3	0,21	2,5	30	0,4	1,3	1,2	0,4	0,1
4	0,21	2,5	0	0,3	1,1	0,6	0,4	0,1
5	0,07	8,5	30	0,1	0,5	0,3	0,2	0,1
6	0,07	8,5	0	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1
7	0,07	2,5	30	0,3	1,1	0,6	0,3	0,1
8	0,07	2,5	0	0,2	0,5	0,3	0,2	0,1
9	0,26	5,5	15	0,3	1,2	0,8	0,5	0,1
10	0,02	5,5	15	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
11	0,14	10,5	15	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1
12	0,14	0,5	15	0,4	1,3	1,1	0,5	0,1
13	0,14	5,5	40	0,4	1,4	0,9	0,4	0,1
14	0,14	5,5	-10	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
15	0,14	5,5	15	0,2	0,8	0,4	0,2	0,1
16	0,14	5,5	15	0,3	0,7	0,4	0,3	0,1
17	0,14	5,5	15	0,2	0,8	0,5	0,2	0,1
18	0,14	5,5	15	0,3	0,7	0,4	0,3	0,1
19	0,14	5,5	15	0,2	0,8	0,4	0,3	0,1
20	0,14	5,5	15	0,3	0,8	0,4	0,3	0,1

На основании данных таблицы 3.15 с применением программы STATISTIKA получили зависимость концентрации бензина в атмосферном воздухе от «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта.

Рассматривали линейное уравнение регрессии, аналогичное уравнению (3.1).

Уровень значимости во всех расчётах $\alpha = 0,05$. Таблицы 3.16-3.17 содержат результаты по всем переменным, которые были добавлены и оставлены в модели.

Таблица 3.16 – Итоговые статистики переменной (C бензина в атмосферном воздухе от «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта)

№ п/п	Статистика	Значение
1	Множест. R	0,515790341
2	Множеств. R^2	0,266039676
3	Скорр. R^2	0,235136083
4	F	8,60869734
5	P	0,00000567757843
6	Стан. ошиб. оценки	0,287705579

Таблица 3.17 – Итоги линейной регрессии для C бензина в атмосферном воздухе от «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта

Переменные	Бета	Стан. ошиб.	Коэффициенты уравнения b	Стан. ошиб. b	t	P (уровень)
Св. член			0,280776	0,106096	2,64642	0,009522
F_{np}	0,298649	0,087897	1,676471	0,493411	3,39772	0,000994
v	-0,282031	0,087897	-0,037377	0,011649	-3,20864	0,001819
t	0,264713	0,087897	0,007016	0,002330	3,01162	0,003329
L	-0,165028	0,087897	-0,141913	0,075586	-1,87751	0,063516

Из данных таблицы 3.17 следует, что переменные являются значимыми. Было получено линейное уравнение регрессии:

$$C = 0,281 + 1,676F_{\text{пп}} - 0,037v + 0,007t - 0,142 \frac{1}{l} \quad (3.6)$$

Так как, коэффициент корреляции $R = 0,52$, то рассматривали квадратичное уравнение регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 F_{\text{пр}} + b_2 v + b_3 t + b_4 L + b_{11} F_{\text{пр}}^2 + b_{12} F_{\text{пр}} v + b_{13} F_{\text{пр}} t + b_{14} F_{\text{пр}} L + b_{22} v^2 + b_{23} t v + b_{24} v L + b_{33} T^2 + b_{34} t L + b_{44} L^2 \quad (3.7)$$

Таблицы 3.18 - 3.19 содержат результаты по всем переменным, которые были добавлены и оставлены в модели.

Таблица 3.18 – Итоговые статистики переменной (C бензина в атмосферном воздухе от «малого» пролива смеси технических жидкостей автотранспорта)

№ п/п	Статистика	Значение
1	Множест. R	0,891228573
2	Множеств. R^2	0,79428837
3	Скорр. R^2	0,760406455
4	F	23,4428414
5	P	2,22063035E-23
6	Стан. ошиб. оценки	0,161025165

Таблица 3.19 – Итоги квадратичной регрессии для концентрации бензина в атмосферном воздухе от «малого» пролива, характерного для придомовых территорий многоквартирных жилых домов

Переменные	Бета	Стан. ошиб. Бета	Коэффициенты уравнения b	Стан. ошиб. b	t	P (уровень)
1	2	3	4	5	6	7
Св. член			-0,21644	0,162619	-1,3310	0,186754
F_{np}	0,4109	0,238171	2,30673	1,336974	1,7253	0,048101
v	-0,4652	0,235384	-0,06166	0,031195	-1,9765	0,041345
t	0,4227	0,207244	0,01120	0,005493	2,0395	0,044501
L	11,3224	0,802134	9,73654	0,689785	14,1153	0,000000
F_{np}^2	-0,0412	0,193641	-0,79824	3,752233	-0,2127	0,832041

Продолжение Таблицы 3.19

1	2	3	4	5	6	7
v^2	0,2704	0,184329	0,00314	0,002139	1,4667	0,146150
t^2	0,0375	0,108808	0,00003	0,000086	0,3446	0,731276
L^2	-11,4007	0,783515	-9,36166	0,643382	-14,5507	0,000000
$F_{np} \cdot v$	-0,0356	0,181477	-0,02381	0,121240	-0,1964	0,844778
$F_{np} \cdot t$	-0,0298	0,151728	-0,00476	0,024248	-0,1964	0,844778
$F_{np} \cdot L$	-0,1541	0,131678	-0,84917	0,725517	-1,1704	0,245097
$v \cdot t$	-0,1679	0,142493	-0,00067	0,000566	-1,1783	0,241963
$v \cdot L$	0,0935	0,124053	0,01291	0,017129	0,7534	0,453274
$t \cdot L$	-0,0747	0,083417	-0,00307	0,003426	-0,8953	0,373165

Из данных таблицы 3.19 следует, что значимыми являются только переменные F_{np} , v , t , L , L^2 . Таким образом, уравнение регрессии будет иметь вид:

$$C = 2,307F_{\text{пп}} - 0,062v + 0,011t + 9,737L - 9,362L^2 \quad (3.8)$$

Для квадратичной регрессии $R=0,89$ близок к единице, что позволяет считать, что полученная регрессия достаточно точно описывает выборочные данные.

Учитывая, что $L = \frac{1}{l}$, то формула (3.8) примет вид:

$$C = (2,307F_{\text{пп}} - 0,062v + 0,011t) + 9,737 \frac{1}{l} - 9,362 \left(\frac{1}{l}\right)^2 \quad (3.9)$$

Таким образом, используя формулы (3.5) и (3.9), можно рассчитать концентрацию загрязняющего вещества в атмосферном воздухе городской среды от «малого» пролива бензина и технических жидкостей автотранспорта в зависимости от площади «малого» пролива, скорости ветра, температуры окружающего воздуха и расстояния от места пролива. Также данные результаты могут быть использованы при проведении сводных расчётов загрязнения воздуха урбанизированных территорий.

3.3 Расчёт валовых выбросов бензина в атмосферу от «малых» проливов

В соответствии с формулой (2.20) можно рассчитать массу бензина, поступающую в атмосферный воздух, от его «малого» пролива с учётом справочной информации по константам Антуана и молярной массе [135,136].

В документе [16] для количественной оценки массы горючих веществ длительность испарения жидкости с поверхности пролива принимают равной времени её полного испарения, но не более 3600 с. Для проливов жидкости до 20 кг время испарения допускается принимать равным 900 с. Единичные «малые» проливы нефтепродуктов, свойственные городской среде, обусловлены массой пролитой жидкости до 20 кг, в связи с чем скорости их испарения имеют численные значения, приведенные в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Характеристики «малых» проливов нефтепродуктов, свойственные урбанизированным территориям (время полного испарения 900 с)

№ п/п	$V_{Ж}$, м ³	F_{np} , м ²	Масса пролитой жидкости, кг	Скорость испарения, кг/с
1	$0,1 \times 10^{-3}$	0,015	0,072	8×10^{-5}
2	$0,2 \times 10^{-3}$	0,03	0,144	$1,6 \times 10^{-4}$
3	$0,3 \times 10^{-3}$	0,045	0,216	$2,4 \times 10^{-4}$
4	$0,4 \times 10^{-3}$	0,06	0,288	$3,2 \times 10^{-4}$
5	$0,5 \times 10^{-3}$	0,075	0,36	4×10^{-4}
6	1×10^{-3}	0,15	0,72	8×10^{-4}
7	2×10^{-3}	0,3	1,44	$1,6 \times 10^{-3}$
8	3×10^{-3}	0,45	2,16	$2,4 \times 10^{-3}$

Подобная оценка массы нефтепродукта, поступающего в атмосферный воздух, от его «малого» пролива в единицу времени носит весьма приближенный

характер, так как не учитывает природу нефтепродукта и метеоусловия (скорость ветра, температуру окружающей среды).

Анализ результатов экспериментов по испарению «малых» проливов бензина объёмом до 3 литров с асфальтовой поверхности показал, что наибольшее испарение происходит в первые минуты, затем его скорость значительно снижается. В среднем можно считать, что основная часть бензина испаряется от 3 до 20 минут в зависимости от температуры окружающей среды и скорости ветра. При проливе на асфальтовую поверхность 3 литров бензина и измерении концентрации бензина в атмосферном воздухе на высоте 1,5-2 метра над уровнем «малого» пролива были определены изменения концентрации бензина от времени, которые представлены в таблицах 3.21 и 3.22.

Таблица 3.21 – Концентрация бензина в атмосферном воздухе над уровнем «малого» пролива бензина (1,5-2 метра) на асфальтовой поверхности ($t=35^{\circ}\text{C}$, $v=10 \text{ м/с}$, $V_{\mathcal{K}}=3 \text{ л}$)

№ п/п	τ , мин	C бензина в атмосферном воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$
1	0	170
2	1	31
3	2	24
4	3	10
5	4	0,4
6	5	0,3
7	10	0,2
8	15	0,1
9	20	0,1
10	25	0,1

Анализ данных таблицы 3.21 показал, что в течение первых трёх минут концентрация бензина в воздухе существенно превышает максимальную разовую ПДК бензина, а начиная с четвертой минуты концентрация бензина в воздухе на

порядок ниже максимальной разовой ПДК бензина в атмосферном воздухе и сравнима с фоновыми значениями концентрации бензина в воздухе. В течение 3 минут основная часть пролитого бензина испаряется. Скорость испарения составила 0,012 кг/с, что в разы превышает скорость испарения, равную 0,0024 кг/с, рассчитанную на основании документа [16].

Таблица 3.22 – Концентрация бензина в атмосферном воздухе над уровнем «малого» пролива бензина (1,5-2 метра) на асфальтовой поверхности ($t = -15^{\circ}\text{C}$, $v=0,5 \text{ м/с}, V_{\text{ж}}=3 \text{ л}$)

№ п/п	$\tau, \text{мин}$	$C \text{ бензина в атмосферном воздухе, мг/м}^3$
1	0	25
2	1	24
3	2	23
4	3	23
5	4	21
6	5	20
7	10	14
8	15	8
9	20	5
10	25	3,5
11	30	3,1
12	60	2,5
13	120	1,3
14	180	0,3
15	240	0,2
16	300	0,1

Изучение данных таблицы 3.22 показало, что основная часть пролитого бензина испаряется в течение 20 минут. Скорость испарения составила 0,0018 кг/с, что в разы меньше скорости испарения, равной 0,0024 кг/с [16].

Таким образом, в результате проведения экспериментов было показано, что метеорологические условия (температура, скорость ветра) оказывают значительное влияние на скорость испарения «малых» проливов.

3.4 Сбор «малых» проливов в городской среде

В первой главе настоящей работы упоминали, что в городской среде для сбора «малых» проливов нефтепродуктов применяют песок, использование которого имеет значительные недостатки [137].

Для оценки эффективности применения песка для сбора «малых» проливов бензина были проведены экспериментальные исследования [138]. Использовали бензин марки АИ-92 и образцы песка, которые применяют для сбора «малых» проливов на АЗС. При проведении экспериментов измеряли температуру окружающего воздуха и влажность. Суть экспериментов заключалась в обеспечении контакта образца песка известной массы с бензином известного объёма и измерении потери массы образовавшегося отхода с течением времени. Для определения максимальной способности к поглощению бензина песком провели эксперимент таким образом, что при контакте бензина известного объёма вся толща образца песка известной массы находилась под слоем бензина. Учитывая, что бензин практически мгновенно проникает в толщу песка, то часть бензина, находящегося над песком, декантировали в течение пяти минут. Далее проводили измерение массы песка, пропитанного бензином. В результате получили график зависимости отношения массы бензина на образце песка к первоначальной массе образца песка (до контакта с бензином) от времени, который приведен на рисунке 3.1.

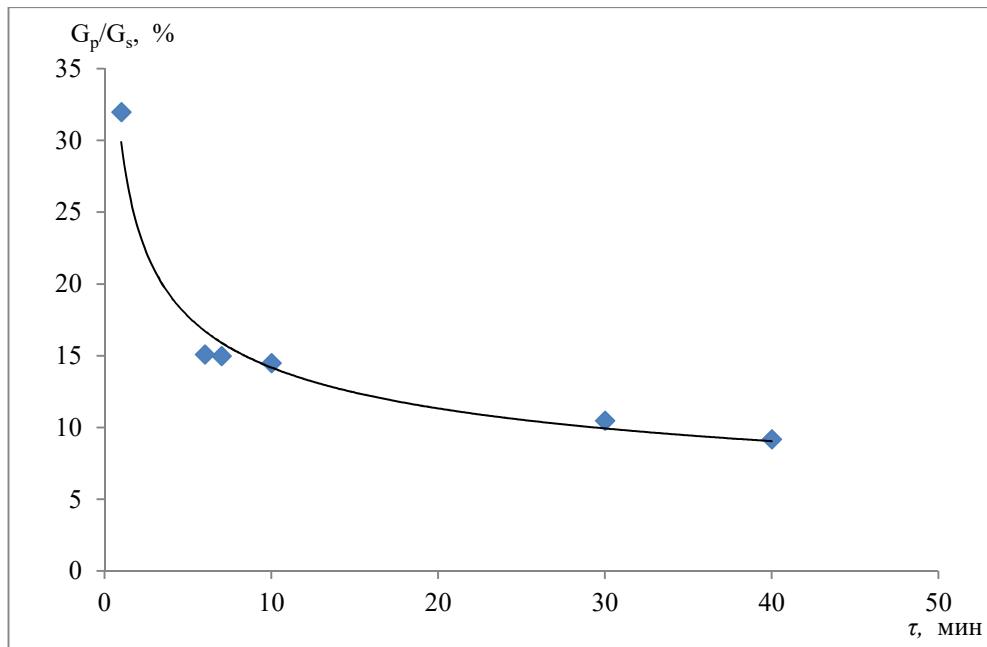


Рисунок 3.1 – График зависимости отношения массы бензина G_p на образце песка к первоначальной массе образца песка G_s (до контакта с бензином) от времени t

Из рисунка 3.1 можно видеть, что образец песка, пропитанный бензином, первоначально содержит около 32 % бензина. Указанное значение коррелирует со значениями нефтеёмкости песка, равными 0,30 и 0,24 [139]. В первые минуты происходит быстрая потеря массы образца песка, пропитанного бензином, а затем потеря массы замедляется. Согласно рисунку 3.1 в течение 5 минут происходит испарение более 50 % массы бензина с образца песка, что свидетельствует о том, что образовавшийся отход при сборе песком «малого» пролива бензина является источником загрязнения атмосферного воздуха. Необходимо обеспечить незамедлительное помещение такого отхода в контейнер, что в реальных условиях выполнить затруднительно. Эффективность сбора песком «малых» проливов бензина является низкой, что связано с наличием только удерживающей способности песка к нефтепродуктам, в том числе к бензину. В связи с чем для сбора «малых» проливов применяемый материал должен обладать не только удерживающей способностью, но и сорбционными свойствами в отношении нефтепродуктов. Для этого были проведены экспериментальные исследования с

опокой Каменоярского месторождения Черноярского района Астраханской области [138]. Опока является природным материалом и обладает сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам. Образец опоки (фракция 2-8 мм) контактировал с бензином известного объёма, таким образом, чтобы все частицы опоки были полностью смочены бензином. Время контакта образца опоки с бензином составило 5 минут, затем в течение 4 минут частицы опоки были извлечены из бензина. Далее проводили измерение массы образца опоки. Был получен график зависимости отношения массы бензина на образце опоки к первоначальной массе образца опоки (до контакта с бензином) от времени, представленный на рисунке 3.2.

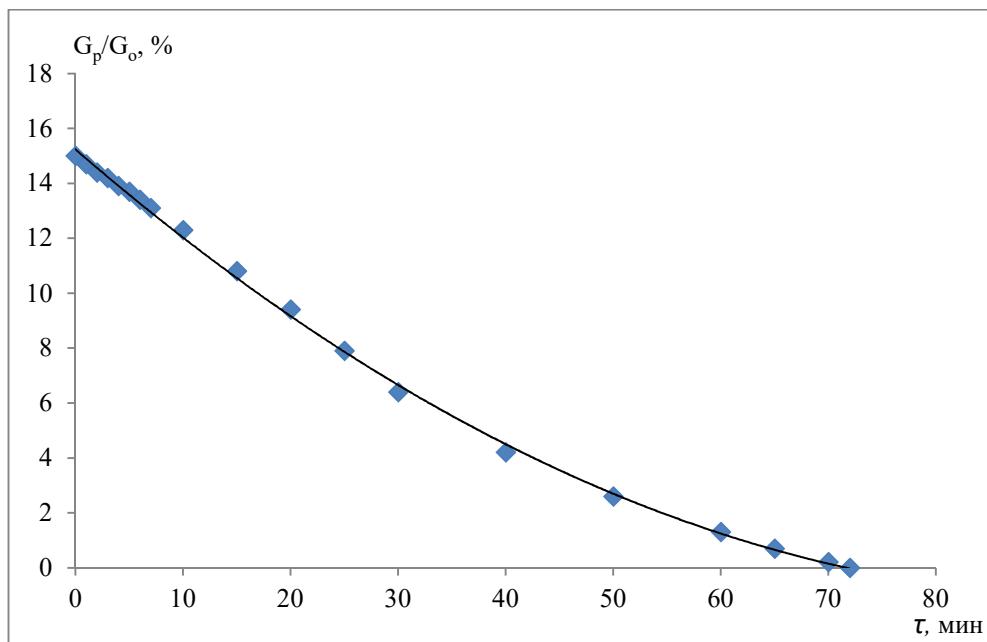


Рисунок 3.2 – График зависимости отношения массы бензина G_p на образце опоки к первоначальной массе образца опоки G_o (до контакта с бензином) от времени τ

Анализ данных рисунка 3.2 показал, что бензин, оставшийся на частицах опоки, испарился менее чем за 1,5 часа. При сравнении рисунка 3.1 и рисунка 3.2 видно, что скорость испарения бензина с частиц опоки значительно ниже, чем с частиц песка, что значимо с учётом временных затрат для сбора и помещения образовавшегося отхода от «малого» пролива в контейнер. При этом

первоначально бензина в образце песка (32 %) больше, чем в образце опоки (15 %), что можно объяснить тем, что в экспериментах была использована фракция песка 0,5-2,0 мм, а фракция опоки – 2-8 мм.

Быстрая потеря массы образцов песка и опоки после контакта с бензином обусловлена постоянным наличием поверхности, смоченной бензином, на исследуемых образцах. В связи с чем, был проведен эксперимент с образцом опоки известной массы (фракция 2-8 мм), таким образом, чтобы свободный бензин в образце опоки, контактирующем с бензином, отсутствовал, а верхний слой опоки практически не был смочен бензином. После измеряли массу образца опоки, смоченного бензином. Получили график зависимости отношения массы бензина на образце опоки к первоначальной массе образца опоки (до контакта с бензином) от времени, указанный на рисунке 3.3.

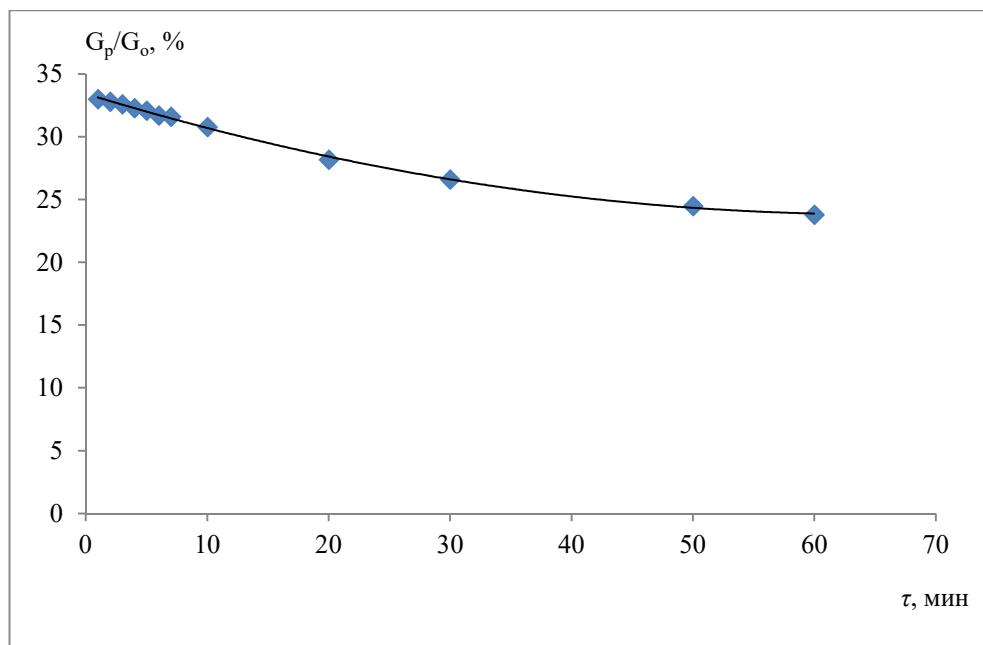


Рисунок 3.3 – График зависимости отношения массы бензина G_p на образце опоки к первоначальной массе образца опоки G_o (до контакта с бензином) от времени τ

Учитывая изложенное, опоку можно рассматривать для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде взамен песка.

3.5 Уточнение закономерностей распределения «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде

Во второй главе настоящей работы было установлено, что средняя площадь «малых» проливов бензина на АЗС составляет $0,6 \text{ м}^2$, а распределение их площадей подчиняется усеченному нормальному распределению.

При исследовании «малых» проливов технических жидкостей автотранспорта на стоянках и парковках, в том числе на придомовых территориях многоквартирных жилых домов, было установлено следующее:

1. Расположение «малых» проливов от жилых многоквартирных домов изменяется от нескольких метров до нескольких десятков метров.
2. Средняя площадь «малого» пролива составляет $0,14 \text{ м}^2$. Распределение площадей «малых» проливов подчиняется усеченномуциальному распределению, как и распределение площадей «малых» проливов бензина на АЗС.
3. Средняя частота возникновения «малых» проливов на 1000 м^2 площади составляет около 5 штук в сутки, при этом, как правило, 2-3 пролива происходят в вечернее время и 2-3 пролива – в утреннее время.
4. Среднее кратчайшее расстояние от единичного «малого» пролива до другого единичного «малого» пролива в среднем составляет 15 м. Расстояние от «малых» проливов до границы многоквартирных домов или других зданий составляет в среднем от 3 до 10 метров.
5. Установлена зависимость концентрации бензина (в единицах ПДК) в атмосферном воздухе от площади «малого» пролива бензина, характерной для АЗС, скорости ветра, температуры окружающей среды и расстояния от места «малого» пролива бензина.
6. Установлена зависимость концентрации бензина (в единицах ПДК) в атмосферном воздухе от площади «малого» пролива смеси технических

жидкостей автотранспорта, скорости ветра, температуры окружающей среды и расстояния от места их «малого» пролива.

3.6 Выводы по третьей главе

1. При единичном «малом» проливе бензина в городской среде может происходить превышение ПДК максимальной разовой бензина в атмосферном воздухе на расстоянии нескольких десятков метров от места возникновения «малого» пролива. Также наблюдается превышение в воздухе ПДК максимальных разовых, таких опасных веществ, как этилбензол, м-ксилол и амиловый спирт.
2. Установлены зависимости концентрации бензина в атмосферном воздухе при «малых» проливах бензина и при «малых» проливах смеси технических жидкостей автотранспорта от следующих факторов: площади «малого» пролива, скорости ветра, температуры окружающей среды и расстояния от места «малого» пролива.
3. Экспериментально установлено, что основная часть пролитого бензина в результате возникновения «малого» пролива испаряется в атмосферный воздух в течение 3 минут. Сбор «малого» пролива бензина песком неэффективен, так как в течение 5 минут с образовавшегося отхода (песок + бензин) происходит испарение более 50 % массы бензина.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Определение оптимального времени реагирования на «малый» пролив бензина

Определение времени реагирования на «малый» пролив нефтепродукта необходимо для минимизации вредного воздействия на окружающую среду, особенно в случае бензинов, «малые» проливы которых быстро испаряются в атмосферный воздух. Время реагирования на «малый» пролив является временем, в течение которого приняты меры по его ликвидации, в частности засыпка материалом, сбор и помещение образовавшегося при этом отхода в контейнер для хранения и накопления. Указанное время может не включать в себя время на сбор и помещение отхода в контейнер, что возможно в случае принятия мер, позволяющих минимизировать загрязнение окружающей среды от образовавшегося отхода. Время, на которое можно оставить образовавшийся отход на месте, где произошёл «малый» пролив, без последствий для окружающей среды ограничено, и может быть определено на основании свойств материала, используемого для сбора «малого» пролива.

В нормативных документах не указано время, в течение которого должен быть устранен пролив нефтепродукта. По смыслу его необходимо ликвидировать как можно быстрее. Не всегда можно обнаружить «малые» проливы нефтепродуктов в момент их возникновения. «Малый» пролив топлива на АЗС выявит обслуживающий персонал и, как правило, обнаружение происходит практически с момента возникновения пролива, что позволяет незамедлительно принять соответствующие меры. В таком случае время реагирования можно отсчитывать с

момента возникновения «малого» пролива. При нахождении транспортного средства на стоянке или парковке вероятнее всего обнаружение «малого» пролива произойдет после отъезда транспортного средства с места стоянки, тогда время реагирования можно отсчитывать с момента обнаружения «малого» пролива.

Время реагирования на «малый» пролив должно быть по возможности минимальным. В третьей главе настоящей работы было установлено, что основная часть пролитого бензина от его «малого» пролива испаряется в течение 3 минут. Учитывая реальные условия, следует оперировать оптимальным временем реагирования на «малый» пролив, которое является временем, необходимым обслуживающему персоналу для взятия материала, засыпки, сбора и помещения нефтесодержащего отхода в контейнер с учётом времени испарения бензина от его «малого» пролива и испарения бензина с образовавшегося отхода. По оценкам, полученным нами экспериментальным путем, оптимальное время реагирования на «малый» пролив топлива на АЗС составляет около 1 мин. Упомянутое время необходимо внести в нормативно-технические документы, относящиеся к деятельности АЗС.

4.2 Рекомендации по обработке материалом «малого» пролива

В результате проведения экспериментальных исследований, указанных в третьей главе, установлено, что при сборе «малого» пролива нефтепродукта большое значение для минимизации загрязнения атмосферного воздуха имеет способ его засыпки материалом. Засыпку необходимо проводить таким образом, чтобы площадь, занимаемая «малым» проливом, была полностью покрыта материалом. При этом площадь засыпки материалом должна быть больше площади «малого» пролива для минимизации испарения, и толщина материала

над «малым» проливом должна быть такой, чтобы верхний слой материала оставался несмоченным нефтепродуктом, как это представлено на рисунке 4.1. Учитывая, что толщина «малого» пролива в начальный момент времени составляет не более нескольких миллиметров, и количество материала для засыпки значительно превосходит количество материала, необходимого для поглощения нефтепродукта, то проникновение всего нефтепродукта в материал происходит практически мгновенно. В связи с чем, работник АЗС, устраниющий выявленный «малый» пролив, может оценить необходимость использования дополнительного количества материала для его засыпки. Объём пролитой жидкости, вызвавшей образование «малого» пролива на АЗС, в каждом отдельном случае неизвестен, но работник АЗС может визуально оценить площадь пролива, что позволит оперативно принять решение о количестве материала, необходимого для его засыпки.

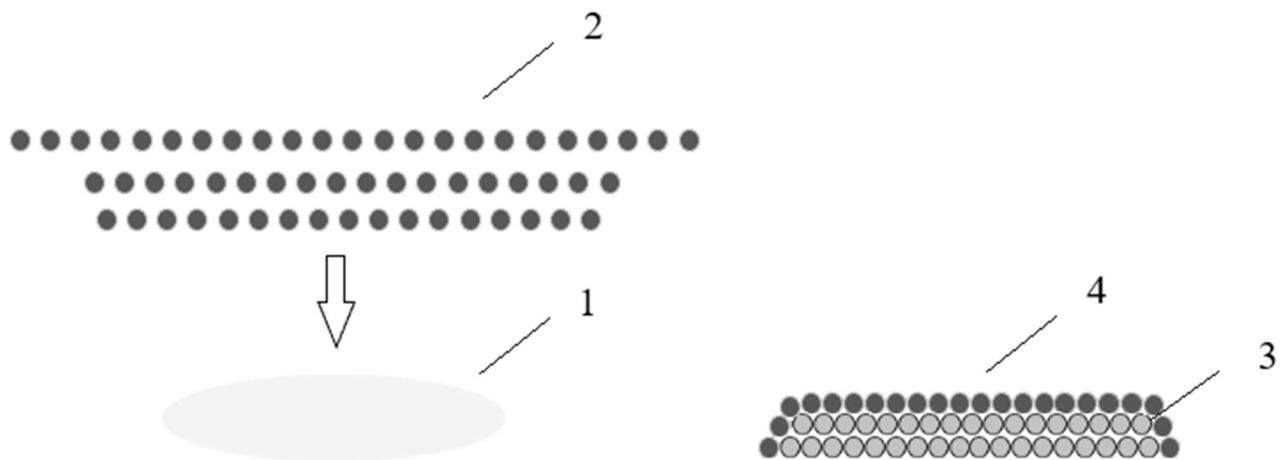


Рисунок 4.1 Схематическое изображение засыпки «малого» пролива материалом для его сбора: 1 – «малый» пролив нефтепродукта, 2 – материал, которым засыпается «малый» пролив нефтепродукта, 3 – материал, смоченный нефтепродуктом, 4 – материал, несмоченный нефтепродуктом

4.3 Анализ материалов, применяемых для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде

В первой главе отмечали, что для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в основном применяют песок, требования к которому для указанных целей в нормативных документах не приведены, что оказывает отрицательное влияние на эффективность сбора проливов. Песок имеет большое количество характеристик. Качественные и количественные значения его характеристик находятся в широких пределах. Согласно ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» [140] «песок – природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке валунногравийно-песчаных, гравийно-песчаных и песчаных месторождений», что позволяет сделать вывод о разнообразии свойств песка. Песок является распространённым, доступным материалом, что определяет его низкую стоимость и широкое применение, в том числе и для сбора «малых» проливов.

Использование песка для сбора «малых» проливов нефтепродуктов имеет ряд значительных недостатков. Сбор «малых» проливов песком осуществляется за счёт его удерживающей способности. В третьей главе было показано, что значение нефтеёмкости песка мало, что обуславливает его большой удельный расход для сбора «малых» проливов и образования при этом значительного количества отходов. Зерновой состав песка находится в широких пределах, что определяет различную удельную поверхность [141] и пористость, и в итоге также влияет на значение его нефтеёмкости. Сведения по влиянию температуры окружающего воздуха на эффективность сбора «малых» проливов нефтепродуктов песком встретить не удалось. При повышении значения температуры увеличивается давление насыщенных паров нефтепродуктов, что отражается на процессах их испарения, как с «малого» пролива, так и с отхода,

образовавшегося при его сборе. При повышении температуры уменьшается плотность и вязкость нефтепродуктов, что влияет на процесс их поглощения песком.

Отход, образовавшийся при сборе «малого» пролива нефтепродукта песком, является источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, так как песок является только удерживающим материалом для нефтепродуктов. Согласно стандарту [140] в составе песка присутствуют пылевидные и глинистые частицы, содержание которых может достигать до 10 % по массе. В связи с чем, при применении песка возможен унос его частиц с места «малого» пролива под действием силы ветра, в том числе частиц с нефтепродуктами, что вызывает загрязнение окружающей среды.

Таким образом, применение песка для сбора «малых» проливов нефтепродуктов неэффективно. Актуальна задача по поиску материалов для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде [142-144], обладающих не только удерживающей способностью, но и сорбционными свойствами к нефтепродуктам, для решения которой были разработаны требования к сорбентам для сбора таких проливов в городской среде.

4.4 Требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде

Нормативно-техническая документация предусматривает применение сорбентов для сбора нефтепродуктов. Многие учёные приводят сведения о требованиях к таким сорбентам, однако, в основном они носят качественный характер и требуют дополнения с учётом специфики «малых» проливов на урбанизированных территориях.

Для ликвидации разливов нефтепродуктов выпускают продукцию, которую можно применять и для «малых» проливов в городской среде. Группа компаний «Терра Экология» [145] предлагает наборы для ликвидации разливов нефтепродуктов, в состав которых входит и сорбент. При этом предлагают сорбенты на основе торфяного мха и вспученного вермикулита, имеющие высокие эксплуатационные характеристики, в том числе высокую емкость к нефтепродуктам, плавучесть и другие. Упомянутые сорбенты обладают низкой насыпной плотностью не более 200 кг/м³, что важно для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. Указанное значение насыпной плотности может способствовать уносу частиц сорбента под действием силы ветра. Стоимость таких сорбентов будет значительно выше стоимости песка.

Для эффективного сбора «малых» проливов в городской среде и для улучшения экологической ситуации с образующимися при этом отходами к сорбентам необходимо предъявлять следующие требования [146].

1) Низкая стоимость

Низкая стоимость сорбента позволит использовать его взамен песка без значительных финансовых затрат.

2) Сорбент должен быть природным или обработанным природным материалом.

Обычно природные материалы характеризуются низким значением нефтеёмкости и низкой стоимостью. Обработанные природные материалы имеют большее значение нефтеёмкости, чем исходные природные материалы, при этом их стоимость повышается за счёт проведения процесса их обработки, но при этом возможно достичь незначительного повышения их стоимости. В отдельных случаях возможно рассматривать применение отходов в качестве сорбентов.

3) Сорбент должен быть доступен в регионе его применения.

Такое требование способствует повышению надежности поставок сорбента к потребителям и уменьшению его стоимости.

4) Выбор способа утилизации или обезвреживания нефтесодержащего отхода осуществляют согласно следующей иерархии [147]: «извлечение нефти или нефтепродуктов; производство продукции; обезвреживание». При сборе «малых»

проливов в городской среде образуются отходы с невысоким содержанием нефтепродуктов. Содержание нефтепродуктов и их качественный состав в отходах существенно изменяются, что связано с различием в условиях хранения, длительности их периодов накопления и составом исходных нефтепродуктов. В связи с чем, извлечение нефтепродуктов и/или производство продукции из них нецелесообразно. Для таких отходов необходимо использовать обезвреживание. Предпочтительнее применять термический способ (сжигание) согласно ИТС 9-2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» [148] или биологический метод обезвреживания и утилизации согласно НТД 2 «Наилучшие доступные технологии для обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов биологическим методом» п. 4.3 ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))» [149], которые являются наиболее оптимальными для городской среды с учётом относительного небольшого количества удельного образования нефтесодержащих отходов и стабильности (постоянности) их образования.

5) Сорбент должен быть безвредным веществом или, в крайнем случае, должен относиться к четвертому классу опасности (вещества малоопасные) по степени воздействия на организм согласно документу [103].

Применение таких сорбентов позволит минимизировать требования безопасности, в частности по выполнению комплексов организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

6) Агрегатное состояние сорбента должно быть твердым.

Применение сорбента в виде пыли нежелательно, так как возможен унос частиц сорбента под действием ветра, что приведет к повышенному расходу сорбента и переносу нефтесодержащего отхода по территории городской среды.

7) Сорбент по горючести должен быть негорючим (несгораемым) или трудногорючим (трудносгораемым) в соответствии с документом [107].

Применение сорбентов с указанными группами горючести необходимо для минимизации требований при определении категории помещений по

взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования и при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования» [150].

8) Сорбент должен относиться к разряду безопасных – по потенциальной опасности вызывать пожар, усиливать опасные факторы пожара, отравлять среду обитания (воздух, воду, почву, флору, фауну и т.д.), воздействовать на человека через кожу, слизистые оболочки дыхательных путей путем непосредственного контакта или на расстоянии как при нормальных условиях, так и при пожаре в соответствии с документом [150].

Такое требование необходимо для минимизации условий хранения сорбента.

9) Сорбент должен обладать оптимальной сорбционной емкостью к нефтепродуктам (к типам нефтепродуктов).

Указанное требование обусловлено применением сорбента в различное время года, при этом значение сорбционной емкости должно быть оптимальным и значительно не изменяться в диапазоне рабочих температур.

10) Сорбент должен характеризоваться минимальной/оптимальной десорбией нефтепродуктов.

В контейнере при изменении значений температуры происходит десорбция нефтепродуктов, поступающих в воздушную среду. Для минимизации указанного процесса необходимо, чтобы десорбция была минимальной/оптимальной для диапазона значений температур хранения нефтесодержащего отхода.

11) Сорбент должен обладать химической инертностью по отношению к покрытиям, на которых образуются «малые» проливы нефтепродуктов.

Данное требование актуально для предотвращения разрушения покрытий, характерных для урбанизированных территорий.

4.5 Анализ существующих требований к контейнерам для хранения и накопления нефтесодержащих отходов, образовавшихся при сборе «малых» проливов

Анализ документации [13-15, 62-64, 151] показал, что существующие требования к контейнерам приведены в недостаточном объёме и их использование неэффективно для обеспечения экологической безопасности. В научной литературе такие требования фактически не приведены.

В настоящее время применяемые контейнеры по сути являются только местами сбора отходов. Находящиеся в них отходы вторично загрязняют воздух нефтепродуктами. Длительность интервала времени хранения отходов может достигать нескольких недель, при этом большая часть нефтепродуктов поступает в атмосферу. Эксплуатация таких контейнеров не позволяет минимизировать вторичное загрязнение окружающей среды. Автором разработаны требования к контейнерам с применением нормативных документов. Согласно ГОСТ 4.50-78 «Система показателей качества продукции (СПКП). Контейнеры грузовые. Номенклатура показателей (с Изменением N 1)» [152] наиболее значимы из показателей качества контейнеров: герметичность, присоединительные размеры, коэффициент складывания, время погрузки (выгрузки), время крепления (раскрепления) на транспортных средствах, время загрузки (разгрузки), размеры дверного проема (люка). В п. 2 ГОСТ 1510-84 «Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение (с Изменениями N 1-5)» [153] указано о необходимости обеспечения металлической тары внутренним маслостойким и паростойким защитным покрытием, удовлетворяющим требованиям электростатической искробезопасности.

4.6 Дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления нефтесодержащих отходов в городской среде

К контейнерам необходимо предъявлять ряд требований [154], которые можно классифицировать по показателям экологичности, стойкости к внешним воздействиям, стойкости к внутренним воздействиям, удобства эксплуатации и транспортабельности.

Выполнение разработанных в п. 4.6 требований необходимо для повышения надежности хранения, накопления и транспортировки нефтесодержащих отходов, снижения стоимости таких операций и минимизации загрязнения городской среды.

4.6.1 Показатели экологичности

При накоплении и хранении отходов в контейнере важно минимизировать вторичное загрязнение окружающей среды нефтепродуктами, поэтому для контейнера важны следующие показатели экологичности.

1) Герметичность контейнера

Необходима для минимизации распространения нефтепродуктов из контейнера. Полную герметичность обеспечить невозможно, так как периодически контейнер открывают посредством использования крышки или люка для загрузки отходов. Длительность времени для загрузки отходов по возможности также должна быть минимизирована. Крышку или люк в процессе

эксплуатации контейнера подвергают динамическому воздействию, их конструкции при закрытии должны обеспечивать герметичность контейнера.

2) Контейнер должен быть оборудован обратным клапаном для поступления воздуха из окружающей среды и обратным клапаном для выхода воздушной среды из контейнера. При изменении значений давления и температуры в контейнере образуется воздушная среда, содержащая пары нефтепродуктов. При открытии контейнера происходит обмен воздушной среды контейнера с атмосферным воздухом, что обуславливает его загрязнение нефтепродуктами. Установка обратных клапанов обеспечит обменные процессы для выравнивания значения давления внутри контейнера со значением давления окружающей среды.

3) Контейнер должен быть оборудован фильтром, функция которого состоит в связывании нефтепродуктов из воздуха, поступающего из него в окружающую среду. Фильтр следует устанавливать после обратного клапана на линии выхода воздушной среды с нефтепродуктами из контейнера в следующей технологической последовательности: контейнер – обратный клапан – фильтр – окружающая среда. Количество материала для фильтра необходимо определять на основании его сорбционной способности к нефтепродуктам в диапазоне рабочих температур с учётом максимального количества нефтепродуктов, которые могут выделяться в воздух при хранении отхода в контейнере.

Для расчёта максимальной массы фильтрующего материала приняты следующие условия.

1. Нефте содержащий отход занимает весь внутренний объём контейнера, то есть объём отхода равен внутреннему объёму контейнера.

Такое условие позволит учесть максимально возможное содержание нефте содержащего отхода в контейнере.

2. Нефте содержащий отход состоит только из нефтепродуктов, характерных для городской среды, и материала/сорбента, который использовали для сбора их «малых» проливов.

3. Нефтепродукты, которые выделяются из отхода, переходят в газовую фазу без образования коллоидных систем, то есть все нефтепродукты, которые необходимо удалить из очищаемого воздуха, находятся в газовой фазе.
4. Содержание нефтепродукта в отходе соответствует максимальной поглощающей способности материала/сорбента к нефтепродуктам, который использовали для сбора «малых» проливов.

Данное условие позволяет учесть максимально возможное содержание нефтепродуктов в нефте содержащем отходе в контейнере.

5. Максимальную массу нефтепродукта, которая может выделиться из отхода, определяют разницей между максимальной и минимальной поглощающей способностью материала/сорбента к нефтепродуктам, который использовали для сбора «малых» проливов.

Испарение нефтепродуктов обусловлено изменением температуры. Значение максимальной поглощающей способности позволяет учесть максимально возможное содержание нефтепродукта в отходе. Значение минимальной поглощающей способности позволяет учесть минимальное содержание нефтепродукта в отходе, которое обусловлено самой высокой температурой, так как при увеличении температуры поглощающая способность материала/сорбента к нефтепродуктам, как правило, уменьшается.

6. Значение поглощающей способности фильтрующего материала для связывания нефтепродуктов целесообразно принимать на основании значения поглощающей способности к бензину.
7. Массу фильтрующего материала для связывания нефтепродукта из контейнера определяют на основании минимальной поглощающей способности указанного материала к нефтепродуктам. Масса фильтрующего материала должна быть таковой, чтобы обеспечить поглощение всей массы испарившихся нефтепродуктов с контейнера.

С учётом вышеизложенного, масса нефте содержащего отхода составляет:

$$m_{HO} = \rho_{HO} V, \quad (4.1)$$

где m_{HO} – масса нефтесодержащего отхода, кг; ρ_{HO} – плотность нефтесодержащего отхода, кг/м³; V – внутренний объём контейнера, м³.

Массу нефтесодержащего отхода можно также определить выражением:

$$m_{HO} = m_{M/S} + m_{HNO}, \quad (4.2)$$

где $m_{M/S}$ – масса материала/сорбента, кг; m_{HNO} – масса нефтепродукта в нефтесодержащем отходе, кг.

Массу материала/сорбента можно выразить формулой:

$$m_{M/S} = \rho_{M/S}V, \quad (4.3)$$

где $\rho_{M/S}$ – плотность материала/сорбента, кг/м³.

С учётом формул (4.1-4.3) масса нефтепродукта в нефтесодержащем отходе равна:

$$m_{HNO} = V(\rho_{HO} - \rho_{M/S}) \quad (4.4)$$

Массу нефтепродукта в нефтесодержащем отходе можно вычислить по формуле:

$$m_{HNO} = m_{M/S}\omega_{max} = \rho_{M/S}V\omega_{max}, \quad (4.5)$$

где ω_{max} – максимальная поглощающая способность материала/сорбента к нефтепродуктам, кг/кг.

Разница ($\Delta\omega$, кг/кг) между максимальной (ω_{max} , кг) и минимальной (ω_{min} , кг) поглощающей способностью материала/сорбента к нефтепродуктам равна:

$$\Delta\omega = \omega_{max} - \omega_{min} \quad (4.6)$$

Массу выделившегося нефтепродукта (m_{HG} , кг) в газовую фазу можно определить по формуле:

$$m_{HG} = m_{HNO}\Delta\omega = m_{M/S}\omega_{max}\Delta\omega = \rho_{M/S}V\omega_{max}\Delta\omega \quad (4.7)$$

Массу фильтровального материала для связывания нефтепродуктов (m_{FMN} , кг), выделяющихся в процессе их накопления в контейнере, можно рассчитать по уравнению:

$$m_{FMN} = \frac{m_{HG}}{\mu_{min}} = \frac{\rho_{M/S}V\omega_{max}\Delta\omega}{\mu_{min}}, \quad (4.8)$$

где μ_{min} – минимальная поглощающая способность фильтровального материала к бензину для связывания испарившихся нефтепродуктов, кг/кг.

С целью верификации показателей экологичности контейнера была проведена серия экспериментальных исследований. Сравнивали эффективность применения стандартного контейнера и предлагаемого контейнера для хранения и накопления отходов от сбора «малых» проливов нефтепродуктов при их закрытых и открытых крышках по значениям концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе. На рисунке 4.2 представлено изображение контейнеров для хранения и накопления отходов, образовавшихся в результате сбора «малых» проливов нефтепродуктов. На левой части изображения представлен контейнер, который обычно применяют для таких целей, а на правой части – предлагаемый автором контейнер с технологической связью [125].

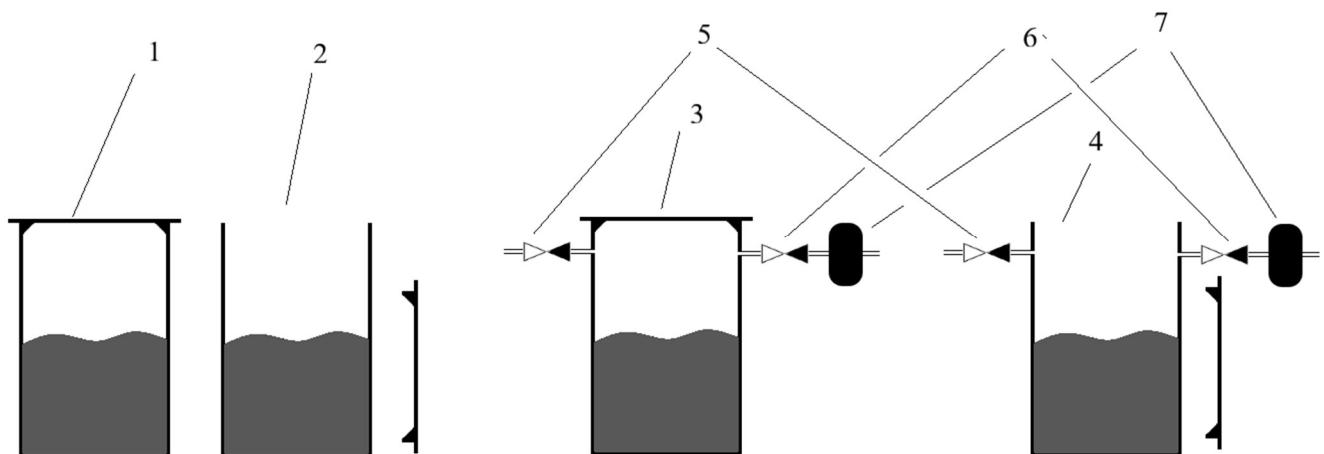


Рисунок 4.2 – Схематическое изображение контейнеров для хранения и накопления отходов в городской среде, образовавшихся в результате сбора «малых» проливов нефтепродуктов: 1 – стандартный контейнер с закрытой крышкой, 2 – стандартный контейнер с открытой крышкой, 3 – предлагаемый контейнер с закрытой крышкой, 4 – предлагаемый контейнер с открытой крышкой, 5 – обратный клапан на трубопроводе поступления воздуха из окружающей среды в контейнер, 6 – обратный клапан на трубопроводе поступления воздуха из контейнера в окружающую среду, 7 – фильтр для связывания нефтепродуктов из воздуха, поступающего из контейнера в окружающую среду

Перед началом экспериментов проводили измерение фоновой концентрации бензина в атмосферном воздухе в месте их проведения, которая составила 0,3 ПДК. В контейнеры помещали отходы одинаковой массы и одинакового состава, содержащие от 3 до 5 % по массе бензина и 95-97 % по массе песка или опоки. Контейнеры после помещения в них отходов плотно закрывали крышками. Далее проводили измерения концентрации бензина в воздухе около контейнеров в течение нескольких часов (до 10 часов). При этом было выявлено, что определенные концентрации соответствуют фоновым значениям концентрации бензина в воздухе до проведения эксперимента. Полученные результаты свидетельствовали, что при закрытых крышках контейнеров эффективность применения двух сравниваемых вариантов контейнеров одинаковая.

С целью загрузки отходов в контейнер его периодически открывают, при этом происходит обмен воздушной среды контейнера с внешней воздушной средой, что обуславливает загрязнение окружающего воздуха. В связи с чем, была проведена аналогичная серия экспериментов по загрузке в контейнеры отходов, которая описана выше. Отличие заключалось в том, что после загрузки отходов через некоторое время (от 1 до 10 часов) крышки контейнеров открывали и измеряли концентрацию бензина в атмосферном воздухе около контейнеров. Получено, что в воздухе около стандартного контейнера, концентрация бензина значительно превышает фоновую и, в отдельных случаях, кратно превышает ПДК бензина в атмосферном воздухе, а в воздухе около контейнера, предлагаемого автором, концентрация бензина примерно равна его фоновым величинам.

Таким образом, было установлено, что применение предлагаемой технологической обвязки контейнера для хранения и накопления отходов, образовавшихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде, позволяет повысить его экологичность посредством минимизации вторичного загрязнения атмосферного воздуха в процессе его эксплуатации.

4.6.2 Показатели стойкости к внешним воздействиям

Контейнер подвергают внешним воздействиям, которые могут снижать эффективность его использования. В связи с чем, он должен иметь следующие показатели стойкости к внешним воздействиям.

- 1) Изготовление контейнера из негорючих и трудногорючих веществ и материалов
- 2) Контейнер должен быть в герметичном исполнении.
- 3) Материальное исполнение контейнера должно быть выполнено из металла или из полимерного композита, что позволит придать необходимую прочность контейнера к внешним воздействиям.

При изготовлении контейнера из металла для толщины корпуса следует учесть допуск на коррозию внешней стенки на основании расчётного срока службы контейнера и расчётной скорости коррозии.

- 4) Наружное лакокрасочное покрытие металлического контейнера должно обеспечить надежное покрытие, которое механически изолирует металл от воздействия внешней среды.

Наружное лакокрасочное покрытие должно характеризоваться хорошей адгезией к защищаемому металлу в диапазоне рабочих температур эксплуатации контейнера и выдерживать кратковременное воздействие пара (при проведении очистки).

- 5) Исполнение контейнера должно отвечать требованиям электростатической искробезопасности.

Применение такого требования позволит исключить возможность возникновения пожара или взрыва от разрядов статического электричества.

- 6) Устройство молниезащиты.
- 7) Исполнение контейнера должно отвечать требованиям фрикционной искробезопасности.

4.6.3 Показатели стойкости к внутренним воздействиям

При эксплуатации контейнера в нем практически постоянно находятся отходы, содержащие нефтепродукты. Также в составе отходов присутствует вода за счёт естественной влажности материалов/сорбентов и осадков (дождя, снега) из атмосферы. Содержимое контейнера оказывает влияние на материал его исполнения, поэтому контейнер следует характеризовать показателями стойкости к внутренним воздействиям.

- 1) Внутреннее покрытие металлического контейнера должно обеспечивать защиту от коррозионных процессов, быть абразивностойким, стойким к нефтепродуктам и к воздействию пара.
- 2) При изготовлении контейнера из металла для толщины корпуса необходимо предусмотреть допуск на коррозию внутренней стенки контейнера на основании расчётного срока службы контейнера и расчётной скорости коррозии, обусловленной воздействием отходов в контейнере.
- 3) При изготовлении контейнера из полимерного композита необходимо, чтобы полимерный композит был абразивностойким, стойким к нефтепродуктам и к воздействию пара и сохранял требуемые эксплуатационные характеристики в диапазоне рабочих температур, при которых используется контейнер.
- 4) Изготовление контейнера из негорючих и трудногорючих веществ и материалов.
- 5) Исполнение контейнера должно отвечать требованиям электростатической искробезопасности.
- 6) Исполнение контейнера должно отвечать требованиям фрикционной искробезопасности.

4.6.4 Показатели удобства эксплуатации

При эксплуатации контейнера необходимо проводить его обслуживание, которое в основном заключается в проведении очистки внутренней поверхности от загрязнений. Очистку можно проводить с применением реагентов (растворы моющих средств) или/и паром. Для проведения таких операций контейнер должен характеризоваться следующими показателями удобства эксплуатации.

- 1) Наличие технологического отверстия в верхней части контейнера для подачи пара или/и раствора моющего средства.
- 2) Наличие технологического отверстия в нижней части контейнера для отведения сточных вод из контейнера после проведения очистки внутренней поверхности.

4.6.5 Показатели транспортабельности

Отходы в контейнерах необходимо транспортировать для совершения с ними дальнейших операций. В связи с чем, контейнеры необходимо грузить на транспортные средства, перевозить и разгружать с транспортных средств, поэтому контейнеры должны характеризоваться показателями транспортабельности.

- 1) Присоединительные размеры контейнера должны соответствовать присоединительным размерам существующих транспортных и погрузочно-разгрузочных средств, что позволит использовать серийно выпускаемые транспортные и погрузо-разгрузочные средства.

- 2) Время погрузки (выгрузки) контейнера должно быть минимальным и определяется степенью совершенствования захватных приспособлений и формы контейнера, что направлено на уменьшение времени доставки отходов до места обезвреживания.
- 3) Габаритные размеры контейнера должны соответствовать габаритным размерам транспортных средств, что позволяет оперативно транспортировать контейнер (следует принимать во внимание габаритные размеры автотранспорта, который в основном используется для этих целей).
- 4) Коэффициент складывания контейнера должен обеспечивать максимальную степень использования транспортных средств для транспортировки контейнеров, что нацелено на эффективное применение транспортных средств и на уменьшение себестоимости перевозок.
- 5) Время крепления (раскрепления) контейнера на транспортных средствах должно быть минимальным, что направлено на уменьшение времени доставки контейнеров и на уменьшение себестоимости перевозок.

4.7 Выводы по четвертой главе

1. Определено оптимальное время реагирования на «малый» пролив бензина в городской среде.
2. Улучшена технология обработки материалом «малого» пролива нефтепродукта, характерного для городской среды, что позволяет снизить поступление загрязняющих веществ от «малых» проливов в атмосферный воздух.
3. Обоснованы и разработаны требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде.

4. Обоснованы и разработаны дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления нефтесодержащих отходов в городской среде.
5. Разработанные мероприятия по сбору «малых» проливов нефтепродуктов на парковочных местах придомовых территорий ряда многоквартирных жилых домов в г. Волгограде, обслуживаемых ООО УК «Тандем», позволили снизить выбросы вредных веществ в атмосферный воздух (Приложение А).
6. Разработанные автором методические указания по сбору «малых» проливов нефтепродуктов применительно к парковочным местам и рекомендации по хранению отходов, образующихся при устраниении «малых» проливов, представляют практический интерес для улучшения экологической обстановки, были внедрены и используются при обслуживании придомовых территорий многоквартирных жилых домов ООО УК «Мишино» в г. Волгограде (Приложение Б).
7. Разработаны методические указания по сбору «малых» проливов нефтепродуктов и методические указания по хранению отходов, образующихся при устраниении «малых» проливов, которые имеют практическое значение для улучшения экологической обстановки и снижения негативного воздействия на дорожные покрытия, были внедрены и применяются в МУ «АВХ Волгограда» с использованием имеющихся технических средств (Приложение В)
8. Разработанные автором решения по сбору «малых» проливов нефтепродуктов, образующихся на городских дорогах г. Волгограда от автомобильного транспорта, имеют практическое значение для улучшения качества атмосферного воздуха (Приложение Г).
9. Обоснованы и разработаны требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде и требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся на урбанизированных территориях при сборе «малых» проливов, которые представляют практический интерес для городского хозяйства и согласованы департаментом городского хозяйства администрации Волгограда (Приложение Д).

10. Разработанные указания по сбору «малых» проливов нефтепродуктов и указания по накоплению и хранению отходов, образующихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов, позволили снизить реальные выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и уменьшить объём образующихся отходов на АЗС «Октан» в г. Ставрополь (Приложение Е).
11. Уточнены закономерности распределения «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде (Приложение Ж).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе приведено решение важной и актуальной задачи по снижению и прогнозированию загрязнения атмосферного воздуха городских территорий от «малых» проливов бензина и технических жидкостей автотранспорта. Определены параметры загрязнения атмосферы городской среды от вышеуказанных проливов и усовершенствованы методы по снижению загрязнения воздуха урбанизированных территорий.

Диссертация соответствует пунктам 3, 5, 7, 8 паспорта специальности 05.23.19 - Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (технические науки) по номенклатуре научных специальностей, утвержденной Минобрнауки приказом № 1027 от 23 октября 2017 г. с изменениями в редакции от 23 марта 2018 г. № 209, действующей до 16 октября 2022 г. согласно письму ВАК РФ № 382-02 от 13 мая 2021 г.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ нормативно-технической документации и научных публикаций других авторов показал, что проблематика «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде изучена в недостаточном объёме, в частности их влияние на качество атмосферного воздуха. Мероприятия по устраниению указанных проливов и по обращению с образовавшимися при их сборе отходами в документации указаны поверхностно и требуют значительной доработки.
2. На основании натурных наблюдений за «малыми» проливами установлено, что в основном они представлены проливами бензина на АЗС и технических жидкостей автотранспорта на стоянках и парковках, оказывающих наибольшее влияние на качество воздуха. Распределения их площадей подчиняются усеченным нормальным распределениям, при этом, например, для г. Волгограда их средние значения – $0,6 \text{ м}^2$ и $0,14 \text{ м}^2$ для «малых» проливов бензина и технических жидкостей автотранспорта соответственно. Удельная масса «малых» проливов бензина – до 166,7 г на тонну, а их объём на АЗС в г. Волгограде – до 82

тонн в год; средняя частота «малых» проливов технических жидкостей на 1000 м² площади – около 5 штук в сутки. Для г. Волгограда характерны подстилающие покрытия, уклон которых (не более 5-6 %) не влияет на площадь «малых» проливов. Поступление нефтепродуктов в воздух от проливов описывается функцией с использованием экспоненциальной зависимости и зависит от коэффициентов, определяемых метеоусловиями, природой и объёмом пролитого нефтепродукта, от времени испарения, плотности и объёма пролитого нефтепродукта.

3. Экспериментально доказано, что коэффициент пропорциональности между площадью «малого» пролива и объёмом пролитого нефтепродукта подчиняется линейной зависимости.

4. Экспериментально и теоретически выполнен расчёт валовых выбросов в атмосферу, рассчитано загрязнение атмосферного воздуха от «малых» проливов. Получены зависимости концентрации бензина в атмосферном воздухе от площади «малого» пролива, метеоусловий и расстояния от места его возникновения.

5. Выполнено экспериментальное исследование совершенствования сбора «малых» проливов. Определено оптимальное время реагирования на «малый» пролив нефтепродукта в городской среде на АЗС. Улучшена технология обработки «малого» пролива и повышена эффективность хранения и накопления отходов, образующихся при сборе «малых» проливов.

6. Анализ материалов для сбора «малых» проливов нефтепродуктов показал, что в основном применяется песок, сорбционные свойства которого к нефтепродуктам, не выражены. Его использование характеризуется низкой эффективностью сбора, высоким расходом и образованием существенного количества отходов. Автором разработаны требования к сорбентам для сбора упомянутых проливов.

7. Исследования, проведенные автором показали, что требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся при сборе «малых» проливов нефтепродуктов, представлены в недостаточном объёме, что препятствует эффективному хранению и накоплению подобных отходов и негативно влияет на экологическую безопасность городской среды. Автором разработаны

дополнительные требования к таким контейнерам с учётом специфических свойств «малых» проливов.

8. Результаты исследований по сбору «малых» проливов были использованы в г. Волгограде при обслуживании придомовых территорий многоквартирных жилых домов в г. Волгограде (Приложение А, Б), применяются в МУ «АВХ Волгограда» (Приложение В), имеют практическое значение для улучшения качества воздуха (Приложение Г). Разработанные мероприятия по сбору «малых» проливов и по накоплению и хранению отходов применены на АЗС «Октан» в г. Ставрополь (Приложение Е), что позволило уменьшить выбросы вредных веществ и объём образующихся отходов. Рекомендации по хранению отходов, образующихся при сборе «малых» проливов и методические указания по хранению указанных отходов применяются ООО УК «Мишино» (Приложение Б) и МУ «АВХ Волгограда» (Приложение В) соответственно. Разработанные требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде и требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образующихся при сборе указанных проливов, имеют практический интерес и согласованы департаментом городского хозяйства администрации Волгограда (Приложение Д). Результаты исследований загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов нефтепродуктов переданы в Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области (Приложение З, И, К) для использования при экологическом надзоре и мониторинге.

В работе приведены рекомендации по снижению загрязнения воздуха городской среды от «малых» проливов нефтепродуктов и отходов, образовавшихся при их сборе. Разработаны требования к сорбентам для сбора таких проливов и дополнительные требования к контейнерам для хранения и накопления отходов, образовавшихся при сборе указанных проливов.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в совершенствовании мониторинга загрязнения воздуха городской среды от «малых» проливов нефтепродуктов, в том числе способов их учёта при сводных расчётах загрязнения и разработке нормативно-технических документов по их сбору и по обращению с образовавшимися при этом отходами.

Список литературы

1. Экоаналитический контроль и биоиндикация состояния городской территории [Текст] / О. М. Лабузова, Т. В. Носкова, М. С. Лысенко, Е. Г. Ильина // Acta Biologica Sibrica. – 2016. – Т. 2, № 3. – С. 21-24.
2. Феоктистова, И. Д. Оценка экологического состояния почв урбанизированных территорий, загрязненных нефтепродуктами [Текст] / И. Д. Феоктистова, О. Н. Сахно, А. Г. Журавлева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1-5. – С. 1233-1235.
3. Каманина, И. З. Смет транспортно-дорожного комплекса как источник загрязнения городской среды [Текст] / И. З. Каманина, С. П. Каплина, Н. С. Мелин // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 3. – С. 88-97.
4. Цыплакова, Е. Г. Оценка воздействия безгаражного хранения автотранспорта на состояние селитебных территорий северных городов на примере Санкт-Петербурга [Текст] / Е. Г. Цыплакова // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. – 2011. – Т. 6, № 4. – С. 80-90.
5. Степanova, И. А. Изучение экологических особенностей структурно-функциональной организации экосистемы города Оренбурга [Текст] / И. А. Степanova, А. С. Степанов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 10 (159). – С. 343-344.
6. Игнатьев, Ю. В. Возведение автомобильных стоянок и парковок в крупных городах [Текст] / Ю. В. Игнатьев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 17 (276). – С. 68-72.

7. Михайлов, А. Ю. Анализ методик расчета пропускной способности пересечений в одном уровне [Текст] / А. Ю. Михайлов, Е. Л. Попова, И. Л. Гайворонский // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 12 (143). – С. 231-238.
8. Кох, И. А. Стратегия управления транспортной инфраструктурой города: социологические аспекты [Текст] / И. А. Кох // Вопросы управления. – 2017. – № 2 (45). – С. 106-112.
9. Мазурова, О. В. Оценка сравнительной эффективности использования автомобильных топлив и электроэнергии для автомобильного транспорта [Текст] / О. В. Мазурова // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, №. 2. – С. 493-505.
10. Демидов, Д. И. Прогноз глобального развития электротранспорта и инфраструктуры электрических заправочных станций [Текст] / Д. И. Демидов, В. В. Пугачёв // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5 (79). – С. 173-178.
- 11.Постановление Правительства Российской Федерации от 21 августа 2000 года № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (с изменениями на 14 ноября 2014 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901767072>.
12. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 3 марта 2003 года N 156 «Об утверждении Указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901855161>.
13. РД 153-39.2-080-01. Правила технической эксплуатации автозаправочных станций (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200026364>.

14. ГОСТ Р 58404-2019. Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200164025>.
15. Приказ Минтруда России от 16 ноября 2015 года № 873н «Об утверждении Правил по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420319664>.
16. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (с изменениями на 14 декабря 2010 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902170886>.
17. Обеспечение пожарной безопасности установок по ликвидации аварийных проливов нефти и нефтепродуктов. Рекомендации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/415946814>.
18. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200110842>.
19. Усанович, С. А. Теоретический анализ воздействия опасных факторов пожара на персонал и технологическое оборудование автозаправочных станций [Текст] / С. А. Усанович, Е. Г. Лумисте // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агронженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2011. – № 2 (47). – С. 64-68.
20. Юрченко, В. А. Эмиссия нефтепродуктов, создаваемая дорожными инфраструктурными комплексами [Текст] / В. А. Юрченко, О. Г. Мельникова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014. – № 64. – С. 134-139.
21. Ямпольская, Т. Д. Состояние почво-грунтов территорий ряда автозаправочных станций города Сургута [Текст] / Т. Д. Ямпольская, А. И. Фахрутдинов, И. С.

- Васильева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1-4. – С. 1134-1138.
- 22.Майорова, О. О загрязнении окружающей среды мегаполисов при эксплуатации автозаправочных станций и комплексов [Текст] / О. Майорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 12. – С. 137-138.
- 23.Производство нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1213> (дата обращения: 14.05.2021).
- 24.Якунин, Н. Н. Повышение экологической безопасности автотранспорта за счет переработки нефтеотходов [Текст] / Н. Н. Якунин, М. И. Филатов, Д. А. Дрючин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 10 (146). – С. 187-190.
- 25.Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р «О введении в действие Методических рекомендаций "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте" (с изменениями на 20 сентября 2018 года)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902092963>.
- 26.8700.00 РД. Методика расчета норм расхода горюче-смазочных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200082908>.
- 27.Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Госкомнефтепродукта РСФСР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032583>.
- 28.Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу (Роснефть) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/471809454>.
- 29.Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)

- [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/1200031564>.
- 30.ГОСТ 31967-2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/1200104634>.
- 31.Перечень методик, используемых в 2019 году для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nii-atmosphere.ru/wp-content/uploads/2019/03/perechen_2019.pdf.
- 32.Сергиенко, О. И. Наилучшие доступные технологии и оценка воздействия на окружающую среду автозаправочных станций на стадии проектирования [Электронный ресурс] / О. И. Сергиенко, А. П. Елистратова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/11114.pdf>.
- 33.Методические рекомендации по оценке объемов образования отходов производства и потребления [Текст]. – Москва : ГУ НИЦПУРО, 2003. – 90 с.
- 34.Катун, Е. С. Об основных путях повышения экологичности стационарных заправочных пунктов [Текст] / Е. С. Катун // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2019. – № S2 (3). – С. 156-160.
- 35.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями на 25 апреля 2014 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/902065388>.
- 36.Цыплакова, Е. Г. Анализ экологической ситуации в местах автостоянок и парковки автотранспорта в Санкт-Петербурге [Текст] / Е. Г. Цыплакова // Записки Горного института. – 2014. – Т. 209. – С. 144-147.
- 37.Письмо Минприроды от 18 сентября 2015 г. №12-44/22962 «О нормировании выбросов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/420340775>.

38. Головцова, А. В. К вопросу о пожарной опасности технологического процесса автозаправочных станций [Текст] / А. В. Головцова, С. О. Потапова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1, № 9. – С. 154-159.
39. Дроздова, Т. И. Прогнозный анализ техногенных рисков при сливно-наливных операциях на автозаправочной станции г. Свирска [Текст] / Т. И. Дроздова, И. С. Деревянченко // ХХI век. Техносферная безопасность. – 2019. – Т. 4, № 2 (14). – С. 171-188.
40. Головцова, А. В. Классификация АЗС и методы обеспечения пожарной безопасности на АЗС, работающих на жидким топливе [Текст] / А. В. Головцова, С. О. Потапова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1, № 9. – С. 160-164.
41. РД 37.009.026-92. Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, минитрактора) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200034663>.
42. 170-ФЗ О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 1 мая 2019 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902286411>.
43. Гришмановский, Д. Ю. Правовые проблемы технического обслуживания и ремонта транспортного средства [Текст] / Д. Ю. Гришмановский, Н. Е. Никонова // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2017. – Т. 1, № 2 (17). – С. 68-70.
44. Бурменко, Т. Д. Некоторые аспекты специфики деятельности и производства услуг автосервисных предприятий [Текст] / Т. Д. Бурменко, Г. Г. Кузьминич // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2015. – Т. 25, № 4. – С. 583–589.
45. Дымченко, Е. В. Рынок автозапчастей в России 2017 [Текст] / Е. В. Дымченко, Д. Д. Рыжкова // Инновационная наука. – 2017. – № 12. – С. 103-105.

- 46.Ткачев, М. М. Экономика контрафакта в автомобильной промышленности [Текст] / М. М. Ткачев // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2013. – № 1 (1). – С. 251-259.
- 47.Буткевич, М. Н. Проблемы экологии в автосервисе [Текст] / М. Н. Буткевич, О. П. Голубев // Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. – 2009. – № 4. – С.18-23.
- 48.Постановление мэра города Южно-Сахалинска от 24 ноября 2009 года N 2081 «О требованиях, предъявляемых к размещению и эксплуатации некапитальных автостоянок открытого типа на территории городского округа «город Южно-Сахалинск» (с изменениями на: 19.09.2013)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/441674774>.
- 49.СП 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456044290>.
- 50.Перспективы применения биосорбентов для очистки водоемов при ликвидации аварийных разливов нефти [Текст] / Е. А. Артюх, А. С. Мазур, Т. В. Украинцева, Л. В. Костюк // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2014. – № 26 (52). – С. 58-66.
- 51.Корнев, В. А. Минеральные порошкообразные сорбенты типа бентонита для устранения разливов жидких нефтепродуктов в зонах перекачивания и хранения топлива [Текст] / В. А. Корнев, Ю. Н. Рыбаков // Проблемы современной науки и образования. – 2015. – № 12 (42). – С. 79-83.
- 52.Бадмаева, С. В. Применение сорбентов, полученных из растительных отходов, для поглощения нефтепродуктов [Текст] / С. В. Бадмаева, Э. Ц. Дашинаамжилова, С. Ц. Ханхасаева // Вестник Бурятского государственного университета. Химия. Физика. – 2018. – № 4. – С. 30-35.
- 53.Сорока, М. Л. Применение текстильных отходов в качестве сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов на транспорте [Текст] / М. Л. Сорока,

- Л. А. Ярышкина // Автомобильный транспорт (Харьков). – 2012. – №. 31. – С. 129-135.
- 54.Булавка, Ю. А. Использование отходов агропромышленного комплекса для получения нефтяных сорбентов [Текст] / Ю. А. Булавка, С. Ф. Якубовский, Е. И. Майорова // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2, № 4 (8). – С. 38-47.
- 55.Бухарова, Е. А. Применение сорбента из отхода термопластов для обеспечения экологической безопасности водных объектов [Текст] / Е. А. Бухарова, Е. А. Татаринцева, Л. Н. Ольшанская // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 9 (158). – С. 232-238.
- 56.Постановление администрации города Волгограда Волгоградской области от 9 февраля 2018 года №154 «Об утверждении требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на территории Волгограда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/446645341>.
- 57.Постановление администрации Калининградской области от 28 февраля 2002 г. N 86. «Об утверждении требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на территории Калининградской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/469731143>.
- 58.Луценко, А. Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [Текст] / А. Н. Луценко // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2012. – Вып. № 3 (43)-июнь. – С. 1-8.
- 59.Оценка эффективности использования рисовой шелухи в качестве нефtesорбента [Текст] / М. М. Абдибаттаева, Р. Д. Нурымова, Л. Б. Жиенбаева, А. К. Бекетова // Научный журнал «Ізденістер, нәтижелер-Исследования, результаты». – 2014. – № 1. – С. 112-118.
- 60.Изучение способа получения гидрофобного сорбента на основе модифицированного торфа [Текст] / Е. А. Баннова, Н. К. Китаева, С. М.

- Мерков [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2013. – Т. 13, вып. 1. – С. 60-68.
- 61.Кашеева, П. Б. Создание новых функциональных материалов для очистки водных сред от нефти и нефтепродуктов : дис. ... канд. хим. наук : 03.02.08 / Кашеева Полина Борисовна. – Москва, 2014. – 107 с.
- 62.МР 2.2.1/2.1.1.1936-04. Временные методические рекомендации по применению требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные оны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» в части размещения гаражей и автостоянок различных типов и вместимости на территории города Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200038957>.
- 63.ГОСТ 21046-2015. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия (переиздание с поправками) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200127452>.
- 64.ГОСТ Р 57703-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200147104>.
- 65.Балык, О. В. Экологическая безопасность хранения и транспортировки опасных грузов [Текст] / О. В. Балык // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 3-7.
- 66.Анализ конструкций кузовных мусоровозов / И. А. Яковлев, Р. В. Каргин, Е. А. Шемшура, Д. Р. Каргина // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8, № 6. – С. 1-9.
- 67.Озерова, Е. М. Проектирование отрасли по обращению с отходами на основе Технологического Цикла по обращению с ТКО [Текст] / Е. М. Озерова, Г. В. Хильченко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2016. – № 4. – С. 78-87.
- 68.Волкодаева, М. В. Научно-методические основы оценки воздействия автотранспорта на атмосферный воздух [Текст] : дис. ... д-ра тех. наук : 25.00.36 / Волкодаева Марина Владимировна. – Санкт Петербург, 2009. –283 с.

- 69.Цыплакова, Е. Г. Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на окружающую среду северных городов [Текст] : дис. ... д-ра тех. наук : 05.11.13 / Цыплакова Елена Германовна. – Санкт Петербург, 2014. – 347 с.
70. Ложкина, О. В. Методология прогнозирования и мониторинга чрезвычайного воздействия транспорта на городскую среду и население [Текст] : дис. ... д-ра тех. наук : 05.26.02 / Ложкина Ольга Владимировна. – Санкт Петербург, 2018. – 379 с.
- 71.Ottosen, T. Analysis of the impact of inhomogeneous emissions in a semi-parameterized street canyon model [Text] / T. Ottosen, R. Berkowicz, M. Ketzel // Geoscientific Model Development Discussions. – 2015. – V. 8, № 2. – P. 935-977.
- 72.Evaluation of the CAR-FMI model against measurements near a major road [Text] / J. Kukkonen, J. Häkkönen, J. Walden [et al.] // Atmos. Environ. – 2001. – V. 35. – P. 949-960.
- 73.Häkkönen, J. Regulatory dispersion modelling of traffic-originated pollution [Text] / J. Häkkönen. – Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 38, FMI-CONT-38. - University Press, Helsinki, 2002. – 103 p.
- 74.Description of the OSPM model [Electronic resource]. – Режим доступа: http://envs.au.dk/en/knowledge/air/models/ospm/ospm_description/.
- 75.Berkowicz, R. OSPM – a parameterized street pollution model [Text] / R. Berkowicz // Environmental Monitoring and Assessment. – 2000. – V. 65 (2). – P. 323-331.
- 76.Air-pollution modelling at an urban scale – Russian experience and problems [Text] / E. L. Genikhovich, I. G. Gracheva, R. L. Onikul, E. N. Filatova // Water, Air, & Soil Pollution: Focus. - 2002. – V. 2. – № 5-6. – C. 501-512.
- 77.EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-airpollutant-emission-inventory-guidebook/emep>.
- 78.Приказ Минприроды России от 6 июня 2017 года № 273 « Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в

- атмосферном воздухе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456074826>.
- 79.ГОСТ 26098-84. Нефтепродукты. Термины и определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003648>.
- 80.Востоков, В. Ю. О методических подходах, используемых при расчете испарения пролитой жидкости [Текст] / В. Ю. Востоков // Проблемы анализа риска. – 2006. – Т. 3, № 4. – С. 379-382.
- 81.Шупляк, А. Ю. Математическое моделирование массопереноса в процессе испарения многокомпонентных жидкостей [Текст] / А. Ю. Шупляк, С. П. Шкаруппа, А. М. Штеренберг // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2013. – № 3 (32). – С. 98-109.
- 82.Шупляк, А. Ю. Моделирование процесса испарения углеводородосодержащих отходов [Текст] / А. Ю. Шупляк, С. П. Шкаруппа // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2014. – № 3 (43). – С. 180-191.
- 83.Кошкарев, С. А. К вопросу моделирования рассеивания выбросов паров тяжелых углеводородов и обоснованию размера санитарно-защитной зоны АЗС [Текст] / С. А. Кошкарев, Е. В. Соколова, П. А. Сидякин // Современная наука и инновации. – 2013. – № 4 (4). – С. 24-32.
- 84.Ложкин, В. Н. Информационная технология прогноза чрезвычайного загрязнения воздуха отработавшими газами судов и автотранспорта [Текст] / В. Н. Ложкин, О. В. Ложкина // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 222-227.
- 85.Ложкина, О. В. К вопросу о развитии информационного процесса мониторинга экологической безопасности автомобильного и водного транспорта большого города (на примере Санкт-Петербурга) [Текст] / О. В. Ложкина, В. Н. Ложкин, В. И. Комашинский // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2018. – № 1-2 (115-116). – С. 160-166.

- 86.Шкаруппа, С. П. Оценка рассеивания углеводородов в атмосфере при эксплуатации объектов накопления нефтесодержащих отходов [Текст] / С. П. Шкаруппа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 2-3. – С. 843-847.
- 87.Цветкова, И. В. Направления автомобилизации в оценке тольяттинцев [Текст] / И. В. Цветкова // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2016. – № 8. – С. 26-33.
- 88.Число собственных легковых автомобилей по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – Режим доступа: www.gks.ru/free_doc/new_site/business/trans-sv/t3-4.xls.
- 89.Статистический ежегодник Волгоградская область 2018 : сб. / Терр. орган Фед. службы гос. статистики по Волгоград. обл. – Волгоград : Волгоградстат, 2019. – 768 с.
- 90.Решение Волгоградской городской думы от 25 января 2017 года №53/1539 «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/446507709>.
- 91.443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями на 15 апреля 2019 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556184613>.
- 92.Идрисов, Г. И. Основные факторы цен на розничном рынке бензина: эмпирическое исследование для Санкт-Петербурга [Текст] / Г. И. Идрисов, Ю. О. Литвинова // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 423-456.
- 93.Количество автозаправочных станций (АЗС) по субъектам Российской Федерации на конец 2018 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – Режим доступа: [gks.ru/free_doc/new_site/business/trans-sv/azs.xls](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/trans-sv/azs.xls) (дата обращения 12.05.2021).

- 94.АЗС в Волгограде [Электронный ресурс] // Справочник Волгоград. – Режим доступа: <https://volgograd.spravker.ru/azs> (дата обращения 08.09.2021).
- 95.Измайлова, Д. З. Влияние АЗС на экологию [Текст] / Д. З. Измайлова, Д. А. Миронычев, А. К. Жданова // Аллея науки. – 2018. – Т. 2, № 4 (20). – С. 840-847.
- 96.Бакаева, Н. В. Численное моделирование распространения газовоздушных потоков на территории автозаправочных станций и анализ их влияния на застройку местности [Текст] / Н. В. Бакаева, О. В. Пилипенко, К. В. Гармонов // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 5 (79). – С. 79-87.
- 97.Бакаева, Н. В. Экспериментальное моделирование распространения вредных веществ, выделяющихся от автозаправочных станций [Текст] / Н. В. Бакаева, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3 (6). – С. 71-78.
- 98.Потребность автотранспорта в моторных маслах [Электронный ресурс] // Официальный сайт аналитического агентства «АВТОСТАТ» – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/infographics/26145> (дата обращения 12.05.2021).
- 99.Рынок трансмиссионных масел для автотранспорта: текущее состояние, прогноз до 2025 года, анализ ключевых игроков и каналов продаж [Электронный ресурс] // Официальный сайт RPI – Режим доступа: <http://rpi-consult.ru/reports/masla-i-smazki/rynok-transmissionnykh-masel/> (дата обращения 30.04.2021).
100. ГОСТ 10541-78. Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия (с Изменениями N 1-11) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003558>.
101. ГОСТ 12337-84. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия (с Изменениями N 1-7) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003556>.

102. ГОСТ 23652-79. Масла трансмиссионные. Технические условия (с Изменениями № 1-9) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003857>.
103. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200233>.
104. Паспорт безопасности химической продукции РПБ №84035624.19.47018 от 27.06.2017 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО «Газпромнефть-СМ» – Режим доступа: <https://gazpromneft-oil.ru/uploads/storage/65/a4/b362d1f7879d3cba99248807d83ce087368e5998.pdf>.
105. Паспорт безопасности химической продукции РПБ №94862535.20.48067 от 07.09.2017 г. [Электронный ресурс] // Моторные масла G-Energy- официальный сайт – Режим доступа: <http://g-energy.org/files/gpn/5/7/57289ed6-bed9-11e7-80e1-000c29e828b1.pdf>
106. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200107826>.
107. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожароизрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004802>.
108. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.
109. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200108179>.
110. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских

- поселений (с изменениями на 31 мая 2018 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556185926>.
111. Капитонова, Ю. Б. Актуальность проблемы снижения потерь топлива в системе нефтепродуктообеспечения [Текст] / Ю. Б. Капитонова // Вологдинские чтения. – 2006. – № 56. – С. 29-31.
112. Травин, Д. С. Система обеспечения пожарной безопасности на АЗС [Текст] / Д. С. Травин, Д. Н. Толстов, Е. В. Калач // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. – Т. 1, № 9. – С. 1050-1052.
113. РНД 211.2.02.09-2004. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров [Текст]. – Астана, 2005.
114. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003683>.
115. Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Предприятия транспорта, хранения нефтепродуктов и автозаправочные станции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200042419> (дата обращения 15.05.2021).
116. Табель оснащенности средствами измерений автозаправочных станций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003929> (дата обращения 15.05.2021).
117. Неронов, А. А. Анализ методик определения количественных характеристик аварийных разливов нефти на сушке [Текст] / А. А. Неронов, И. А. Чуб // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2013. – Вып. 17. – С. 93-98.
118. Бурмакова, А. В. Реализация математической модели прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов [Текст] / А. В. Бурмакова, В. В. Смелов, А. А. Захаров // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. – 2018. – № 1 (206). – С. 82-87.
119. Халиков, В. Д. Совершенствование метода расчета площади аварийного пролива нефти для технологических трубопроводов [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.26.03 / Халиков Вадим Данисович. – Уфа, 2017. – 129 с.

120. Методы определения площади пролива нефтепродуктов на горизонтальную поверхность [Текст] / В. В. Кокорин, Р. С. Сатюков, С. В. Субачев, В. Д. Халиков // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2 (72). – С. 130-134.
121. Разработка зависимости по определению площади пролива для горючих и легковоспламеняющихся жидкостей [Текст] / Ф. Ш. Хафизов, Д. Ю. Пережогин, А. В. Краснов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2016. – № 4 (106). – С. 183-192.
122. Имитационная модель аварийного пролива горючих жидкостей на производственных объектах [Текст] / И. Н. Карькин, Н. А. Контарь, С. В. Субачев, А. А. Субачева // Техносферная безопасность. – 2018. – № 3 (20). – С. 127-132.
123. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505>.
124. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учебник для вузов. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 543 с.
125. Хрестенко, Р. В. «Малые» проливы нефтепродуктов в городе Волгограде и их влияние на загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс] / Р. В. Хрестенко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 11. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/n11y2021/7281.
126. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156>.
127. ГОСТ Р 52577-2006. Дороги автомобильные общего пользования. Методы определения параметров геометрических элементов автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200046909>.

128. ГОСТ 33062-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к размещению объектов дорожного и придорожного сервиса (Переиздание) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200123714>.
129. Стряпков, А. В. Варианты снижения пожаровзрывоопасности нефтехимических объектов [Текст] / А. В. Стряпков, И. Н. Паршина, Д. В. Коваленко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 12 (37). – С. 124-128.
130. Колесников, Е. Ю. Количественная оценка неопределенности аварийного риска. Сценарий аварии «длительное испарение пролива бензина» [Текст] / Е. Ю. Колесников // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 8. – С. 78-84.
131. Хрестенко, Р. В. Учёт испарений от проливов нефтепродуктов в городской среде [Текст] / Р. В. Хрестенко, В. Н. Азаров // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4(30). – С. 50-54.
132. The gasoline vapors spread from “small” spills in an urban environment at low wind speeds [Electronic resource] / R. Khrestenko, E. Sokolova, D. Okulovsky, V. Azarov // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019) – E3S Web Conf., 2020. – Vol. 164. – 7 p. – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/24/e3sconf_tpacee2020_01006.pdf.
133. Зажигаев, Л. С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента [Текст] / Л. С. Зажигаев. – Москва : Атомиздат, 1978.
134. Бондарь, А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – Киев : Вища школа, 1976. – 184 с.
135. Хрестенко, Р. В. Загрязнение воздуха при испарениях разливов и проливов нефтепродуктов на урбанизированных территориях [Текст] / Р. В. Хрестенко,

- Е. В. Соколова, В. Н. Азаров // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2019. – № 4 (28). – С. 13-24.
136. Хрестенко, Р. В. Выбросы от «малых» проливов нефтепродуктов в атмосферный воздух городских территорий [Текст] / Р. В. Хрестенко // Охрана атмосферного воздуха. Новые подходы и пути решения: сб. трудов к XXII экологическому Конгрессу «АТМОСФЕРА-2021» / под. ред. В. А. Коплан-Дикс ; АО «НИИ Атмосфера». - Санкт-Петербург, 2021. – С. 203-208.
137. Хрестенко, Р. В. Материалы для сбора нефтепродуктов при ликвидации разливов и проливов в городской среде [Электронный ресурс] / Р. В. Хрестенко, В. Н. Азаров // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5 (56). - Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5997.
138. Хрестенко, Р. В. Использование песка и опоки для сбора разливов и проливов нефтепродуктов на урбанизированных территориях [Электронный ресурс] / Р. В. Хрестенко, А. А. Сахарова, В. Н. Азаров // Инженерный вестник Дона – 2019 – № 8. – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6251.
139. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200031822>.
140. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200114239>.
141. Мелкозернистый бетон для ремонта бетонных оснований нефтедобывающих станций [Текст] / Н. М. Морозов, О. В. Хохряков, Н. Н. Морозова, В. Г. Хозин // Известия КГАСУ. Строительные материалы и технологии. – 2006. – № 1 (5). – С. 28-29.
142. Хрестенко, Р. В. О нефтесодержащих отходах при проливах нефтепродуктов на АЗС [Текст] / Р. В. Хрестенко // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр.

- инженеров-экологов / под ред. В. Н. Азарова ; Волгогр. гос. техн. ун-т. - Волгоград, 2020. - Вып. 10. - С. 154-157.
143. Хрестенко, Р. В. О возможности применения глины взамен песка для сбора разливов и проливов нефтепродуктов в городской среде [Текст] / Р. В. Хрестенко // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов / под ред. В. Н. Азарова ; Волгогр. гос. техн. ун-т. - Волгоград, 2020. - Вып. 10. - С. 151-153.
144. Хрестенко, Р. В. Анализ особенностей сбора и накопления отходов при разливах нефтепродуктов в городской среде [Текст] / Р. В. Хрестенко // Региональная экономика, инвестиции, инновации, социально-экономическое развитие: теория, методология и концепция модернизации: материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. (26 фев. 2019 г., г. Михайловка) / Волгогр. гос. техн. ун-т. - Волгоград, 2019. - С. 126-128.
145. Современные решения для ликвидации аварийных разливов нефти, масла и других нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://terra-ecology.ru/napravlenija-dejatelnosti/likvidacija-razlivov-nefteproduktov/> (дата обращения 20.05.2021).
146. Хрестенко, Р. В. Требования к сорбентам для сбора разливов и проливов нефтепродуктов в городской среде [Электронный ресурс] / Р. В. Хрестенко, В. Н. Азаров // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6 (57). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6061>.
147. ГОСТ Р 56828.43-2018. Наилучшие доступные технологии. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. Показатели для идентификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200159496>.
148. ИТС 9-2015. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200128669>.

149. ИТС 15-2016. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200143229>.
150. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>.
151. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года N 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации (с изменениями на 31 декабря 2020 года)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565837297>.
152. ГОСТ 4.50-78. Система показателей качества продукции (СПКП). Контейнеры грузовые. Номенклатура показателей (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200010159>.
153. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение (с Изменениями N 1-5) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901711462>.
154. Хрестенко, Р. В. О требованиях к контейнерам для сбора нефтесодержащих отходов в городской среде [Текст] / Р. В. Хрестенко, В. Н. Азаров // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 3 (29). – С. 41-45.

Приложение А**Справка ООО УК «Тандем»**

г. Волгоград
6 февраля 2020 г.

СПРАВКА

Настоящая справка выдана Хрестенко Руслану Владимировичу о том, что разработанные им при проведении диссертационного исследования на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» мероприятия по сбору «малых» проливов нефтепродуктов на парковочных местах придомовых территорий многоквартирных жилых домов, обслуживаемых ООО УК «Тандем» в г. Волгограде, позволили снизить выбросы вредных веществ в атмосферный воздух.

Главный инженер ООО УК «Тандем»



С.Ю. Борисова

Приложение Б**Акт о внедрении ООО УК «Мишино»**

**Общество с ограниченной ответственностью
Управляющая компания «Мишино»**

ОГРН 1133443001020 ИНН 3459000603 КПП 345901001 Телефон/факс: (8442) 99-05-14
Почтовый адрес: г. Волгоград, ул. Варшавская, 4.
Юридический адрес: г. Волгоград, ул. Варшавская, 4.
e-mail: mishino2013@mail.ru

4 февраля 2020 г.

г. Волгоград

АКТ**о внедрении результатов диссертационной работы**

**Хрестенко Руслана Владимировича на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность
строительства и городского хозяйства»**

Настоящим удостоверяется, что отдельные результаты диссертационного исследования Хрестенко Руслана Владимировича, в частности:

- методические указания по сбору «малых» проливов нефтепродуктов (автомобильных бензинов, дизельного топлива, моторного и трансмиссионного масел) применительно к парковочным местам;
- рекомендации по хранению отходов, образующихся при устраниении «малых» проливов, -

представляют практический интерес для улучшения экологической обстановки, были внедрены и используются при обслуживании придомовых территорий многоквартирных жилых домов ООО УК «Мишино» в г. Волгограде.

Директор ООО УК «Мишино»

Б.В. Павленко



Приложение В**Акт о внедрении МУ «АВХ Волгограда»**

АДМИНИСТРАЦИЯ ВОЛГОГРАДА
Муниципальное учреждение
«Автохозяйство Волгограда»
 МУ «АВХ Волгограда»
 400087, Волгоград, ул. Невская, д. 10
 тел/факс (8442) 37-18-56,
 Е-mail: ykhoz@yandex.ru
 ОКПО 48047815, ОГРН 1023403447770,
 ИНН/КПП 3444100411/344401001

11.02.2020 № 045/09020

на № _____ от _____

АКТ
о внедрении

Настоящим удостоверяется, что отдельные результаты диссертационного исследования Хрестенко Руслана Владимировича на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства», в частности методические указания по сбору «малых» проливов нефтепродуктов и методические указания по хранению отходов, образующихся при устраниении «малых» проливов имеют практическое значение для улучшения экологической обстановки и снижения негативного воздействия на дорожные покрытия, были внедрены и применяются в МУ «АВХ Волгограда» с использованием имеющихся технических средств.

Директор МУ «АВХ Волгограда»

М.А. Поляков

Приложение Г**Справка МБУ «Северное»**

г. Волгоград
10 февраля 2020 г.

СПРАВКА

Настоящая справка выдана Хрестенко Руслану Владимировичу о том, что разработанные им в рамках диссертационного исследования на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» решения по сбору «малых» проливов нефтепродуктов, образующихся на городских дорогах г. Волгограда от автомобильного транспорта, имеют практическое значение для улучшения качества атмосферного воздуха.

Главный инженер МБУ «Северное»



К.Г. Горюнов

Приложение Д

Письмо департамента городского хозяйства администрации Волгограда

**АДМИНИСТРАЦИЯ
ВОЛГОГРАДА
Департамент
городского хозяйства**

Хрестенко Р.В.
40999502@mail.ru

400001, Волгоград, ул. Ковровская, д. 16а,
тел. (8442) 39-70-31, факс (8442) 97-25-02,
E-mail: Gh_Gh@volgadmin.ru,
ОКПО 53558877, ОГРН 1023403444790,
ИНН/КПП 3444080557/346001001

от 07.02.2020 № *DIX/03-1760*
на № от

Уважаемый Руслан Владимирович!

Настоящим письмом сообщаем, что разработанные Вами в рамках диссертационного исследования на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» требования к сорбентам для сбора «малых» проливов нефтепродуктов в городской среде и требования к контейнерам для образующихся при этом отходов представляют практический интерес для городского хозяйства и согласованы департаментом городского хозяйства администрации Волгограда для проведения дальнейших исследований и натурных испытаний.

Заместитель руководителя

В.А.Аблязов

Приложение Е**Акт о внедрении ООО ПКП «СТАВПРОМКОМПЛЕКТ»**

г. Ставрополь
12 февраля 2020 г.

**ООО ПКП
«СТАВПРОМКОМПЛЕКТ»**

АКТ**о внедрении результатов диссертационного исследования**

**Хрестенко Руслана Владимировича на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность
строительства и городского хозяйства»**

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертационного исследования Хрестенко Руслана Владимировича нашли практическое применение для улучшения экологической ситуации в расположении АЗС (АЗС «Октан», г. Ставрополь, ул. Доваторцев, 82) и снижению загрязнения воздушной среды на прилегающих территориях.

Использование Методических указаний по сбору «малых» проливов нефтепродуктов и Методических указаний по накоплению и хранению отходов, позволило снизить реальные выбросы вредных веществ в атмосферный воздух на 15 % и уменьшить объем образующихся отходов (содержащих нефтепродукты) на 25 %.

Внедрение мероприятий позволило обеспечить загрязнение воздуха на территории АЗС меньше ПДК.

Директор ПКП «СТАВПРОМКОМПЛЕКТ» Гонтарь А.Ю.



Приложение Ж**Справка ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой»****ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой»**

Юридический адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10 тел./факс: (8442)37-97-01
Почтовый адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10 37-12-76
р/с 4070281031100000897 Волгоградское ОСБ №8621 г.Волгоград
БИК 041806647 Email: ptb2006@mail.ru
к/с 3010181010000000647 www.ptbvgstroy.ru
ОГРН 1063444056356
ИНН 3444135069/ КПП 344401001

Справка

Настоящая справка дана Хрестенко Руслану Владимировичу о том, что он в период с 2012 г. по 2015 г. в рамках разработки проектов ПДВ проводил исследования по поступлению вредных веществ в атмосферу от «малых» проливов топлива на автозаправочных станциях в г. Волгограде.

Директор

Поляков В.Г.

Приложение 3

Письмо Облкомприроды № 10-14-02/20640 от 17.09.2021 г.

КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ,
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭКОЛОГИИ
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
(ОБЛКОМПРИРОДЫ)

Ковровская ул., д. 24, Волгоград, 400074.
Тел./факс (8442) 35-31-01/35-31-23
E-mail: oblcompriroda@volganet.ru

Заместителю директора ИАиС
ФГБОУВО "Волгоградский
государственный технический
университет" по научной работе

Бурлаченко О.В.

17.09.2021 № 10-14-02/20640

на № _____ от _____

Уважаемый Олег Васильевич!

Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области (далее – комитет), рассмотрев Ваше письмо от 06.09.2021 № 31.07.17-63-893, сообщает следующую информацию.

Проводимая ФГБОУВО "Волгоградский государственный технический университет" научно-исследовательская работа по изучению загрязнения атмосферного воздуха Волгограда от "малых" проливов нефтепродуктов, является актуальной в рамках реализуемых мероприятий по охране атмосферного воздуха на территории Волгоградской области.

Итоги исследований могут представлять не только научный интерес, но и иметь прикладное значение для повышения экологической безопасности городской среды, связанное с увеличением количества транспортных средств в региональном центре.

Комитет готов оказать содействие по сбору информации о "малых" проливах нефтепродуктов на объектах городского хозяйства в рамках возложенных полномочий.

Одновременно прошу Вас предоставить в комитет результаты исследований по вышеуказанной теме.

Заместитель
председателя комитета

Е.П.Православнова

Мытарев Михаил Александрович
(8442) 35-31-72

Приложение И**Письмо ИАиС ВолгГТУ**

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ
АРХИТЕКТУРЫ И СПРОЕКТИЛЬСТВА
400005, г. Волгоград,
им. В.И. Ленина проспект, 28
тел: 23-09-76, факс 23-41-21
Академическая ул., 1, г. Волгоград 400074
тел: 97-49-72, факс 97-49-33
e-mail: info@vstu.ru
ОГРН 1023403440818
ОКОПО 02068060
ИНН КПП 3444049170344401001
21.09.2021 № 31.09.17-63 - 953
на № _____ от _____

Г Заместителю председателя
Комитета природных ресурсов, лесного
хозяйства и экологии Волгоградской
области
Православновой Е. П.

Уважаемая Елена Павловна!

В ответ на Ваше письмо №10-14-02/20640 от 17.09.2021 г. представляем результаты исследований загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов нефтепродуктов в г. Волгограде, полученные Хрестенко Р.В. Установлено, что упомянутые проливы происходят в большинстве случаев на стоянках, парковках и АЗС. Определены основные характеристики «малых» проливов нефтепродуктов и их влияние на загрязнение атмосферного воздуха. Разработаны математические модели, применение которых позволяет рассчитывать концентрацию нефтепродуктов от «малых» проливов в атмосферном воздухе в зависимости от метеорологических условий, свойств проливов и расстояния от места их возникновения.

Приложение: Результаты исследований загрязнения атмосферного воздуха от «малых» проливов нефтепродуктов в городе Волгограде на 12 л.

Заместитель директора по научной работе ИАиС ВолгГТУ

О.В.Бурлаченко

Исп.
Хрестенко Р.В.
8-995-409-02-29

Приложение К

Письмо Облкомприроды № 10-14-02/22322 от 12.10.2021 г.

КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ,
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭКОЛОГИИ
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
(ОБЛКОМПРИРОДЫ)

Ковровская ул., д. 24, Волгоград, 400074.
Тел./факс (8442) 35-31-01/35-31-23
E-mail: oblcompriroda@volganet.ru

Заместителю директора ИАиС
ФГБОУ ВО "Волгоградский
государственный технический
университет" по научной работе

Бурлаченко О.В.

12.10.21 № 10-14-02/22322

на № _____ от _____

Уважаемый Олег Васильевич!

Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области (далее – комитет), рассмотрев Ваше письмо от 21.09.2021 № 31.07.17-63-953 о результатах исследования загрязнения атмосферного воздуха от "малых" проливов нефтепродуктов в г. Волгограде, сообщает следующую информацию.

Проведенная ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный технический университет" исследовательская работа является актуальной для населенных пунктов, в которых широко развита транспортная инфраструктура.

Из предоставленных материалов следует, что "малые" проливы нефтепродуктов на АЗС и утечки технических жидкостей с транспортных средств на стоянках и парковках могут вносить дополнительный вклад в загрязнение объектов окружающей среды.

При необходимости полученные результаты исследований будут использоваться комитетом в рамках реализации полномочий по осуществлению на территории Волгоградской области регионального государственного экологического надзора и государственного экологического мониторинга.

Заместитель
председателя комитета

Е.П.Православнова