

К совершенствованию устройств очистки выбросов и снижению образования отходов АЗС

*С.А. Кошкарев, К.С. Кошкарев, А. А. Брехов,
А. Д. Перницкий, А.Н. Курасов*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Статья посвящена вопросу совершенствования устройств очистки выбросов АЗС от паров углеводородов для повышения экологической безопасности зон и территорий жилой застройки. Наибольшая часть выделения паров бензина, поступающих в локальные системы аспирации, связана с заполнением и опорожнением резервуаров хранения топлива на АЗС. Известно, что выбросы паров бензола, относящегося ко второму классу опасности, имеют существенную проблему в части превышения предельно допустимых концентраций на границах санитарно-защитных зон АЗС и близлежащей жилой застройки. Создание новых высокоэффективных технологий и устройств снижения объема выбросов загрязняющих веществ и образования количества отходов от автозаправочных комплексов, при уменьшении затрат на экологические платежи и эксплуатацию, является актуальной задачей. Для улавливания паров углеводородов бензина обосновано применение абсорбера с использованием сорбента, состоящего из смеси воды из емкости сбора стоков с территории и раствора бишофита. Приведены результаты расчета экономической эффективности предлагаемого вида устройства и сорбента по части снижения экологических платежей за выбросы и отходы, и также эксплуатационных затрат. Проведенные успешные испытания показали надежную и эффективную работу опытной установки с предложенным аппаратом на АЗС. Предотвращен экономический ущерб, сокращены экологические платежи за выбросы и эксплуатационные расходы. Применение в установках систем аспирации АЗС предложенного устройства повышает экологическую безопасность АЗС.

Ключевые слова: автозаправочная станция (АЗС), экология, бензин, выброс, углеводороды, атмосфера, ущерб, аспирация, сорбция, бишофит, отход, вода.

Анализ литературы показывает, что жилая застройка расположена в границах санитарно - защитных зон (СЗЗ) у 45-50% общего количества автозаправочных станций (АЗС) [1]. Расчеты выделений – выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городского воздушного бассейна проводятся в соответствии с «Методическими указаниями по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. СПб: Интеграл. 1997». Для одной средней АЗС, расположенной в южном регионе

РФ, величина валовых выбросов вредных веществ составляет около 9,9 т/год [1, 2].

Имеются данные по валовым испарениям паров бензина нефтяного в теплый период года в количестве 1,18 кг/т закачиваемого топлива, и в холодный период года - 0,37 кг/т для климатических условий г. Москвы [2]. Для одной “средней” по оборачиваемости – реализации бензина АЗС, которая не оборудована технологическими средствами снижения испарений, или устройствами улавливания паров углеводородов в системах аспирации, суммарные среднегодовые потери статистического характера составляют 16,0 – 25,0 т/г.

Данная величина выбросов является суммой выделений паров бензина из бензобаков при заправке автомобилей и резервуаров хранения топлива на АЗС. Валовые потери топлива – выбросы углеводородов бензина по Московской области и г. Москва, при существующем уровне среднегодового потребления бензина, составляют более 30 тыс. т/год [2].

По данным ряда исследователей, при заполнении, хранении и сливе бензина из резервуаров через топливораздаточные колонки АЗС, количество испаряющихся паров углеводородов в Германии составляет 0,17% (145 тыс. т/г), во Франции - 0,18% от объема оборачиваемости – реализации бензина. Ежегодно в России по оценкам [2], при технологических операциях слива топлива, например, из цистерн автотопливозаправщиков в резервуары хранения АЗС, выделяется и рассеивается в атмосферном воздухе около 11 млн. м³ углеводородов. В соответствии с расчетом по «Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров», объем среднегодовых выделений (выбросов) углеводородов от АЗС в регионах ЮФО России, том числе для Ставрополя, составляет около 450 т/г, а для Волгограда - около 800 т/г [1, 2].

Это обстоятельство требует мер по предотвращению загрязнения атмосферы. Например, правительство Москвы приняло ряд законодательных документов и постановлений, направленных на предотвращение выбросов паров моторного топлива (Постановление Правительства Москвы от 20.08.2002 г. № 663-ПП «О мерах по предотвращению выбросов паров моторного топлива в окружающую среду на объектах топливного рынка г. Москвы»). Данное постановление предписывает с целью снижения выбросов - потерь топлива оснащать АЗС системами улавливания легких фракций бензина (УЛФБ) на территории г. Москвы. Уровень эффективности устройств очистки выбросов из резервуаров АЗС от углеводородов, установленный природоохранными нормативными документами, должен составлять для Японии не менее 85%, в ФРГ - около 90-97% при концентрации паров углеводородов в выбросах при наливке бензина в транспортное средство не более 90 мг/м³ [2].

Использование одного из наиболее бюджетных технологических средств уменьшения выделения паров топлива при “большом” и “малом” дыхании резервуаров АЗС – понтонов имеет вполне определенные трудности для практического применения [1, 2].

В России в ходе производства, отпуска и транспортирования, хранения и реализации нефтепродуктов и топлива, в атмосферу выбрасывается более одного млн. тонн легких углеводородов, которые наносят вред здоровью населения и способствуют развитию тяжелых заболеваний. Эта величина валовых выбросов относится ко всему производящему и реализующему топливо комплексу предприятий ТЭК (терминалы, нефтебазы и АЗС), которые негативно воздействуют на атмосферу и окружающую среду [1, 2].

Оценка рассеивания выбросов в атмосфере и уровня фактического загрязнения в районах расположения АЗС углеводородами бензина (ВТЕХ), приведена в целом ряде работ.

В связи с ограниченным объемом статьи, рассмотрим только некоторые результаты исследований уровня загрязнения атмосферы. Так, в [3] приведены результаты исследований концентраций углеводородов бензина в атмосферном воздухе в районах расположения АЗС в столице Бразилии Рио-де-Жанейро. Превышения предельно допустимых значений концентраций паров углеводородов группы веществ (ВТЕХ) наблюдались при сливе топлива из автозаправщиков и заполнении резервуаров хранения АЗС, как собственно на территории объекта, так и в радиусе до 250 м [3].

При исследовании величин концентраций углеводородов ВТЕХ (бензола) в жилых районах Тегерана и других городов Ирана, было установлено, что на территории и в районах расположения АЗС, величины концентраций были выше предельно допустимых значений [4]. Оценка качества атмосферного воздуха определялась по индексу опасности воздействия углеводородов ВТЕХ ($HI_{ВТЕХ}$). Для некоторых объектов исследованной выборки значение индекса опасности составляло $HI_{ВТЕХ}=5,75$, при допустимом уровне $HI_{ВТЕХ} < 1$. Средние значения индекса опасности составили от 3 до 5 для исследованных объектов АЗС.

В [5] приведены результаты исследования концентраций паров бензола, которые фиксировались при заполнении резервуаров хранения АЗС при сливе топлива из цистерн автозаправщиков. Мониторинг качества атмосферного воздуха проводился на границах СЗЗ автозаправочных станций и в жилой застройке на расстояниях по радиусу до 250 м. Бензол имеет в России жесткие санитарно-гигиенические нормативы со значением предельно допустимой концентрации $C_{пдк}=0,3 \text{ мг/м}^3$, и относится ко второму классу опасности. При сливе бензина даже в один резервуар из автоцистерны максимально-разовые усредненные значения концентрации на границе СЗЗ размером 50 м. для паров бензола (код 602) имели величину $C^{MP}_{602} = 1,84 \text{ мг/м}^3$, что в относительных долях ПДК $C_{пдк}$ для бензола составляет

$C_{\text{пдк602}}=6,20$ (больше $C_{\text{пдк}}$ в 6-7 раз). Величина превышения допустимых значений концентраций для ксилола (диметилбензола, код 616) $C_{\text{пдк616}}$ составляло 10-15%.

Особенно актуальным для снижения объема выбросов в атмосферу от предприятий ТЭК, нефтебаз и АЗС, представляется проведение добровольной инвентаризации объема парниковых газов в субъектах Российской Федерации.

Распоряжением правительства РФ предусмотрено сокращение объема выбросов парниковых газов, не менее чем на 25% к 2020 г по сравнению с 1990 г (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.04.2014 N504-р «О реализации плана мероприятий по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 году»). В соответствии с имеющимися оценочными данными РБК [6], предприятиям комплекса ТЭК и потребителям топлива в РФ придется платить “углеродный налог”, который может составить до €1,1 млрд. в год. В этой связи насущную актуальность составляет не только экологическая, но и экономическая необходимость снижения “углеродного налога” за объемы выбросов парниковых газов в атмосферу от предприятий ТЭК, нефтебаз и АЗС.

Повышение экологической безопасности АЗС связано со снижением объемов выбросов. Снижение количества образования отходов и энергопотребления при эксплуатации оборудования АЗС является также насущной и связанной с экологической безопасностью проблемой. Анализ, проведенный в [7], показал, что наиболее широкое распространение на практике получили методы физической абсорбции УЛФБ.

Ограниченный объем статьи не позволяет принять во внимание многочисленные патентные решения устройств УЛФБ. Так, например, в установке очистки газовой смеси выбросов аспирации от

углеводородов [8], эффективность улавливания составляет 90-95%. Определенным недостатком данного устройства является использование в качестве сорбента керосина, расход которого составляет 5 - 7 т/г на одну АЗС средней по объему реализации бензина по данным [8].

Приемлемую степень улавливания паров углеводородов имеют установки сорбции, например, [9, 10]. При этом определенным недостатком является применение в установках дополнительных теплообменников и специальной системы автоматического управления для поддержания температуры керосина в интервале от 25 до 30С, что приводит к увеличению приведенных затрат [9, 10]. Использование керосина в качестве сорбента существенно увеличивает пожаровзрывоопасность АЗС. Это требует пожаровзрывоопасного исполнения оборудования (насосов, вентиляторов, теплообменников и т.д.), что ограничивает возможность широкого применения таких установок на практике.

Имеются и другие методы улавливания паров бензола, например, парами воды и последующей их десорбцией [11]. Данные установки имеют высокую стоимость и сложны в эксплуатации. Результаты применения адсорбции паров толуола и бензола в устройстве с использованием органических сорбентов, в состав которых входят растительные отходы кожуры бананов, показали высокую эффективность улавливания углеводородов при очистке газожидкостной среды [12]. Однако данные установки имеют ряд недостатков, одним из которых является образование отходов кожуры бананов, содержащих нефтепродукты и требующих утилизации.

Известны и другие решения фирм - флагманов производства абсорбционной техники, занимающих лидирующие позиции в мировой практике Cool Sorption, Carbovac, стоимость которых составляет 1 млн. евро и более. Номенклатура отечественных сорбционных установок представлена

большим разнообразием ценового диапазона и конструкций, например, производимых «Приволжским заводом газоочистного оборудования». Интересным с экономической точки зрения является применение и других аппаратов, выпускаемых в России, например, сорбционного устройства «ПО Ремстроймаш» стоимостью от 220 тыс. руб. Установка УУПБА-01М (НПО «Химавтоматика» - ООО «ТЕХИНВЕСТ») предлагается потребителям по цене более 250 тыс. руб. с учетом затрат на монтажные и наладочные работы. Эксплуатация данной сорбционной установки предполагает расходы не менее 60 тыс. рублей на замену фильтра 1 раз в два года и последующую переработку отхода – отработанного фильтра [2].

Таким образом, дальнейшие исследования по разработке новых более совершенных устройств улавливания углеводородов в выбросах при снижении количества образования отходов, являются решением актуальной задачи повышения экологической безопасности АЗС.

Для практических целей были проведены экспериментальные исследования опытно-промышленной установки улавливания углеводородов в выбросах аспирации АЗС с получением регрессий для расчета эффективности степени очистки [13]. В исследованном устройстве сорбционного поглощения углеводородов в качестве абсорбента использовался раствор соли бишофита с концентрацией в массовых долях 0,2 кг/кг в сточной воде с остаточным содержанием нефтепродуктов. Вода из емкости сбора воды с территории АЗС подавалась в питательный резервуар установки, где осуществлялось ее смешивание с раствором соли бишофита с получением жидкого сорбента.

Преимуществом использования сточной воды в качестве абсорбента по сравнению, например, с керосином, является отсутствие необходимости последующей дорогостоящей переработки отработанного пожароопасного сорбента (керосина). Такой подход снижает пожаровзрывоопасность АЗС, а

также исключает образование дополнительного объема отходов отработанного сорбента (керосина). Отработанный сорбент в виде суспензии воды и остатков нефтепродуктов направляется на специализированные предприятия для последующей очистки и переработки.

Опытно-промышленные испытания установки сорбционной очистки выбросов АЗС от паров бензина проведены на автозаправочной станции в Ставрополе. Эффективность аппарата предложенной конструкции по улавливанию паров углеводородов составила 93,6%.

Стоимость величины экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха $C_{y\text{ пр}}^a$, предотвращенного абсорбционной установкой улавливания паров бензина, определяется по известной формуле расчета, имеющей вид:

$$C_{y\text{ пр}}^a = Y_{y\text{д } i} \Delta m_i \quad (1)$$

где $Y_{y\text{д } i}$ - показатель удельного ущерба от выбросов i -го вещества, руб./т;

Δm_i - величина снижения выброса количества паров i -го загрязняющего вещества, т.

Показатель удельного ущерба от выброса каждого вредного вещества определяется по выражению:

$$Y_{y\text{д } 1} = Y_{y\text{д } P\Phi} K_{3i} \quad (2)$$

где $Y_{y\text{д } P\Phi}$ - базовый показатель удельного ущерба в целом по РФ;

K_{3i} - коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества.

С учетом (2), формула (1) для расчета величины предотвращаемого экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха имеет вид:

$$C_{y\text{ пр}}^a = Y_{y\partial P\Phi} K_{zi} \Delta m_i \quad (3)$$

Тогда предотвращенный эколого-экономический ущерб при снижении выбросов в результате применения испытанного аппарата составит:

$$C_{y\text{ пр}}^a = 2,7 \cdot 118,7 \cdot 20,98 = 49006 \text{ руб./год} \quad (4)$$

При использовании керосина в качестве сорбента в количестве не менее 5 т/г на 1 АЗС, что предполагается работой устройства [8], расходы на эксплуатацию при стоимости керосина в настоящее время около 31 тыс. руб. увеличиваются дополнительно на 155 тыс. руб. Несмотря на предотвращенный эколого-экономический ущерб, экономическая эффективность при использовании керосина в качестве сорбента в предложенном аппарате снижается в значительной степени.

Применение смеси стоков из емкости сбора сточной воды территории с остаточным содержанием нефтепродуктов и соли бишофита как сорбента, снижает эксплуатационные затраты, например, на керосин. Экономический эффект с учетом предотвращенного эколого-экономического ущерба, и снижением затрат на приобретение - использование керосина, составил не менее 204 тыс. руб.

Величина «углеродного налога» составляет в настоящее время от 35 до 50 долл. США за 1 т «углеродной единицы». Для средней АЗС, расположенной, например, в Ставрополе и Волгограде, при выбросе около 10 т/г размер величины «углеродного налога» составит 350 - 500 долл. США, или около 36,75 тыс. руб.

При этом, величины выбросов парниковых газов и «углеродного налога», должны рассчитываться, например, по действующим в РФ и ЕС методикам, в зависимости от их химического состава. Суммарный экономический эффект от внедрения установки на одной АЗС с учетом

снижения платежей за эколого-экономический ущерб и «углеродный» налог составит около 250 тыс. руб.

Выводы.

1. Суммарный экономический эффект от снижения расходов составит около 250 тыс. руб. с учетом платежей за эколого-экономический ущерб и «углеродный» налог, а также затрат на эксплуатацию предложенного аппарата, в котором использована в качестве сорбента вода из емкости сбора стоков с территории АЗС.

2. При эксплуатации предложенной установки с использованием сорбента сточной воды с остаточным содержанием нефтепродуктов и раствора соли бишофита не образуются дополнительные отходы, например, отработанный керосин, и снижается пожаровзрывоопасность АЗС. Применение установки позволило обеспечить достижение нормативных значений выбросов, при снижении образования отходов, что в целом является значимым вкладом в решение актуальной задачи повышения экологической безопасности АЗС.

Литература

1. Соколова, Е. В. Повышение экологической безопасности городских автозаправочных станций: автореф. дис. . . . канд. техн. наук : 05.23.19: Волгоград, 2013, 20 с.
2. Александров, А.А., Архаров, И.А., Емельянов, В.Ю. Обзор действующих систем улавливания паров нефтепродуктов. URL: wwtec.ru/index.php?id=362.
3. Correa, S. M., Arbilla, G., Marques, M. R., Oliveira, K. M.. The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. // Atmospheric pollution research. 2012. V. 3 (2). Pp. 163-169.

4. Asadi M, Mirmohammadi M. Experimental study of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) contributions in the air pollution of Tehran, Iran. // Environmental Quality Management.2017. V.27 (1). Pp.83-93.
5. Кошкарёв, С.А., Заурова, Ф.Х., Кузубова, А.А., Хаустова, Е.П., Кошкарёв, К.С. К результатам исследования уровня загрязнения воздуха в районе расположения АЗС для снижения выбросов углеводородов // Инженерный вестник Дона. 2020. №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6372.
6. РБК.URL: rbc.ru/economics/26/07/2021/ 60fac8469a7947d1f4871b47.
7. Кошкарёв, С.А., Кошкарёв, К.С., Перницкий, А.Д. Эффективные технологии для систем аспирации АЗС // Экономика. Бизнес. Банки. 2021. № 10. С. 24-40.
8. Кошкарёв, С.А., Азаров, В. Н., Карпушко, М. О., Кисленко, Т.А., Соколова, Е.В.. Патент № 139122 Россия, МКИ В 01 Д 47/02. Устройство для очистки газов / Заявка № 2013138200/05; Заяв. 15.08.2013. Оpubл. 10.04.2014. Бюл. № 10. URL:patents.google.com/patent/RU139122U1/ru.
9. Сахабутдинов, Р.З., Фаттахов, Р.Б., Тронов, В.П. Патент RU №2155631 Россия, МПК (мкл.) В013/14. Способ утилизации паров бензина / 06.05.1996. URL:patents.google.com/patent/RU2155631C2/ru.
10. Будников, В.Ф., Басарыгин, Ю.М., Завертайло, М.М. Патент RU №2100689. МПК (мкл.) F17C 3/00 (1995.01). Способ хранения жидких углеводородов. Заявка: 95109542/25, 07.06.1995. Оpubл. 27.12.1997. URL:freepatent.ru/patents/2100689.
11. Zhao, Z., Wang, S., Yang, Y., Li, X., Li, J., Li, Z. Competitive adsorption and selectivity of benzene and water vapor on the microporous

- metal organic frameworks (HKUST-1) // Chemical engineering journal. 2015. V. 259. Pp.79-89.
12. Shen, X., Ou, R., Lu, Y., Yuan, A., Liu, J., Gu, J., Yang, F. Record-high capture of volatile benzene and toluene enabled by activator implant-optimized banana peel-derived engineering carbonaceous adsorbents // Environment International. 2020. V. 143. 105774.
13. Кошкарев, С.А., Бушнев, Д.Д., Кузубова, А.А., Кошкарев, К.С., Пафандам, М.Ф. К совершенствованию устройств очистки выбросов АЗС паров углеводородов при снижении образования отходов для повышения экологической безопасности жилых зон // Инженерный вестник Дона. 2021. №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6802.

References

1. Sokolova, E. V. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti gorodskih avtozapravochnyh stancij [Improving the environmental safety of city gas stations]: author. dis. Cand. tech. Sciences: 05.23.19: Volgograd, 2013, 20 p.
2. Alexandrov, A.A., Arkharov, I.A., Emelyanov, V.Yu. Obzor dejstvujushhih sistem ulavlivaniya parov nefteproduktov [Review of operating systems for capturing vapors of petroleum products]. URL: wwtec.ru/index.php?id=362.
3. Correa, S. M., Arbilla, G., Marques, M. R., & Oliveira, K. M. Atmospheric pollution research. 2012. V. 3 (2). Pp. 163-169.
4. Asadi M, Mirmohammadi M. Experimental study of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) contributions in the air pollution of Tehran, Iran. Environmental Quality Management. 2017. V.27 (1). Pp.83-93.



5. Koshkarev, S.A., Bushnev, D.D., Kuzubova, A.A., Koshkarev, K.S., Paphandam, M.F. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/ n3y2020/6372.
6. RBC. URL:rbc.ru/economics/26/07/2021/ 60fac8469a7947d1f4871b47.
7. Koshkarev, S.A., Koshkarev, K.S., Pernitsky, A.D. Economics. Business. Banks. 2021. № 10. Pp.24-40.
8. Koshkarev, S.A., Azarov, V. N., Karpushko, M.O., Kislenko, T.A., Sokolova, E.V. Patent No139122 Rossiya. MKI V 01 D 47/02. Ustrojstvo dlja ochistki gazov. Zajavka № 2013138200/05; Zajav. 15.08.2013. Opubl. 10.04.2014. Bjul. № 10. URL:patents.google.com/patent/RU139122U1/ru.
9. Sahabutdinov, R.Z., Fattahov, R.B., Tronov, V.P. Patent RU №2155631 Rossiya, MPK (mkl.) V013/14. 06.05.1996. URL:patents.google.com/patent/RU2155631C2/ru.
10. Budnikov, V.F., Basarygin, Ju.M., Zavertajlo, M.M. Patent RU No 2100689. MPK (mkl.) F17C 3/00 (1995.01). Zajavka: 95109542/25, 07.06.1995. Opubl. 27.12.1997. URL:freepatent.ru/patents/2100689.
11. Zhao, Z., Wang, S., Yang, Y., Li, X., Li, J., Li, Z. Chemical engineering journal. 2015. V. 259. Pp.79-89.
12. Shen, X., Ou, R., Lu, Y., Yuan, A., Liu, J., Gu, J., Yang, F. Environment International. 2020. V. 143. 105774.
13. Koshkarev, S.A., Bushnev, D.D., Kuzubova, A.A., Koshkarev, K.S., Pafandam, M.F. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6802.