DOI: 10.24412/2076-6785-2025-3-80-83 УДК 502.131:504.7:621.315.618.4:62-623.1 I Научная статья

Применение оголовков бессажевого горения для минимизации воздействия на окружающую среду на объектах нефтегазодобычи

Медников Д.А.[1], **Турутов А.С.**[1], **Логинов А.А.**[1], **Огородникова Е.М.**[1], **Савельев А.А.**[1], **Гилаев Г.Г.**[2]
[1]ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия; [2]Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия
Mednikovdm@yandex.ru

Аннотация
В настоящее время по всему миру увеличивается активность компаний и общественных организаций в области минимизации воздействия на окружающую среду, всесторонней интеграции «зеленых» технологий в производственные процессы различных предприятий, в том числе нефтегазодобывающих. В конце 2021 года Советом директоров утверждена стратегия «Роснефть-2030»: надежная энергия и глобальный энергетический переход». Ключевыми приоритетами новой стратегии являются снижение углеродного следа, операционное лидерство и увеличение эффективности. Реализация стратегии Компании будет способствовать достижению целей «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», Парижского соглашения по климату, а также 17 целей устойчивого развития ООН. В данной работе рассмотрено применение оголовков бессажевого горения для минимизации воздействия на окружающую среду на объектах нефтегазодобычи. Выполнены расчеты выбросов загрязняющих веществ от факельной установки в сажевом и бессажевом режимах горения. Установлено, что объем сокращения выбросов веществ составляет: бензапирен до 73 %; сероводород до 97 %; сажа до 100 %; смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} до 98 %; метан до 98 %; оксид углерода до 92 %; смесь углеводородов предельных C_1-C_5 до 98 %.

Материалы и методы
Был произведен расчет выбросов таких веществ как: метан, сероводород, оксид углерода, смесь углеводородов предельных C_1-C_5, смесь углеводородов предельных C_6-C_{10}, бенз/а/пирен, сажа с факельной установки в обычном режиме горения и в режиме бессажевого горения. При расчете использовалась «Методика расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках». Так же проведен сравнительный анализ расчётов с применением бессажевого горения и горения в обычном режиме.

Ключевые слова
углеродный менеджмент, экология, объекты нефтедобычи, парниковые газы, загрязняющие вещества, метан

ля цитирования
Медников Д.А., Турутов А.С., Логинов А.А., Огородникова Е.М., Савельев А.А., Гилаев Г.Г. Применение оголовков бессажевого горения для минимизации воздействия на окружающую среду на объектах нефтегазодобычи // Экспозиция Нефть Газ. 2025. № 3. С. 80–83.
DOI: 10.24412/2076-6785-2025-3-80-83

Поступила в редакцию: 14.05.2025

UDC 502.131:504.7:621.315.618.4:62-623.1 I Original Paper

Application of sootless flare tips to minimize environmental impact at oil and gas production facilities

Mednikov D.A.[1], **Turutov A.S.**[1], **Loginov A.A.**[1], **Ogorodnikova E.M.**[1], **Savelev A.A.**[1], **Gilaev G.G.**[2]
[1]"SamaraNIPIneft" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Samara, Russia; [2]Kuban State Technical University, Krasnodar, Russia
Mednikovdm@yandex.ru

Abstract
Currently, the activity of companies and public organizations in the field of minimizing the impact on the environment, comprehensive integration of "green" technologies into the production processes of various enterprises, including oil and gas producing ones, is increasing all over the world. At the end of 2021, the Board of Directors approved the strategy "Rosneft-2030": reliable energy and global energy transition". The key priorities of the new strategy are reducing the carbon footprint, operational leadership and increasing efficiency. The implementation of the Company's strategy will contribute to achieving the goals of the "Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050", the Paris Agreement on climate, as well as 17 UN sustainable development goals. This paper discusses the use of soot-free combustion tips to minimize the environmental impact at oil and gas production facilities. Calculations of pollutant emissions from a flare unit in soot and soot-free combustion modes are performed. It has been established that the volume of reduction of substances is: benzopyrene up to 73 %; hydrogen sulfide up to 97 %; soot up to 100 %; mixture of saturated hydrocarbons C_6-C_{10} up to 98 %; methane up to 98 %; carbon monoxide up to 92 %; mixture of saturated hydrocarbons C_1-C_5 up to 98 %.

Materials and methods
The emissions of such substances as methane, hydrogen sulphide, carbon monoxide, a mixture of C_1-C_5 saturated hydrocarbons, a mixture of C_6-C_{10} saturated hydrocarbons, benz/a/pyrene, soot from a flare unit in the normal combustion mode and in the soot-free combustion mode were calculated. The "Methodology for calculating emissions of harmful substances into the atmosphere during combustion of associated petroleum gas in flare units" was used in the calculation. A comparative analysis was also conducted of calculations using smokeless combustion versus conventional combustion mode.

Keywords
carbon management, ecology, oil production facilities, greenhouse gases, pollutants, methane

For citation
Mednikov D.A., Turutov A.S., Loginov A.A., Ogorodnikova E.M., Savelev A.A., Gilaev G.G. Application of sootless flare tips to minimize environmental impact at oil and gas production facilities. Exposition Oil Gas, 2025, issue 3, P. 80–83. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2025-3-80-83

Received: 14.05.2025

В настоящее время по всему миру увеличивается активность компаний и общественных организаций в области минимизации воздействия на окружающую среду, всесторонней интеграции «зеленых» технологий в производственные процессы различных предприятий, в том числе нефтегазодобывающих [1, 2, 6, 7].

Россия, как одна из крупнейших стран мира, играет важную роль в глобальной экологической повестке. Будучи участницей Парижского соглашения по климату, Россия взяла на себя обязательства по снижению выбросов парниковых газов (в первую очередь диоксида углерода и метана) и переходу к низкоуглеродной экономике [3]. Основным документом, регулирующим эти усилия, является Парижское соглашение 2015 года, которое ставит целью удержать рост глобальной средней температуры ниже 2 °С относительно доиндустриального уровня, а также приложить усилия для ограничения роста температуры до 1,5 °С [4]. К договору присоединились 195 стран и взяли на себя исполнение данных обязательств. Россия, как участник Парижского соглашения, представила свой Национальный план адаптации к изменению климата и Стратегию низкоуглеродного развития до 2050 года. Россия ставит акцент на адаптации к изменению климата, учитывая свои географические и экономические особенности.

В России принята экологическая доктрина, которая определяет цели, направления, задачи и принципы проведения в Российской Федерации единой государственной политики в области экологии на долгосрочный период. Документ направлен на устойчивое развитие Российской Федерации, высокое качество жизни и здоровье ее населения, а также национальную безопасность.

В законодательстве введена новая, ранее не действующая, ставка платы негативного воздействия за вещество — углерод (пигмент черный или углеродсодержащий аэрозоль (сажа)) в размере — 204,04 руб. за 1 тонну [5].

В конце 2021 года Советом директоров утверждена стратегия «Роснефть-2030»: надежная энергия и глобальный энергетический переход». Ключевыми приоритетами новой стратегии являются снижение углеродного следа, операционное лидерство и увеличение эффективности. Реализация стратегии Компании будет способствовать достижению целей «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», Парижского соглашения по климату, а также 17 целей устойчивого развития ООН [6].

Углеродная нейтральность является основой для формирования стратегического видения ПАО «НК «Роснефть»: оставаться надежным производителем, при этом минимизируя воздействие на климат и окружающую среду. Реализация указанной задачи планируется за счет мероприятий по сокращению выбросов, использованию низкоуглеродной генерации, развитию энергосберегающих технологий, технологий по улавливанию и хранению углерода, использованию потенциала природного поглощения, а также ряда других [6].

Одновременно стратегия «Роснефть-2030» определяет направления развития Компании по всем сегментам деятельности, в том числе активное внедрение принципов циркулярной экономики и применение подходов по сохранению биоразнообразия («суммарное положительное воздействие», в соответствии с лучшей практикой Международного союза охраны природы (IUCN), а также 100 % утилизации отходов и рекультивации земель «исторического наследия» [6].

Современный процесс добычи и подготовки нефти невозможен без наличия факельных систем для сжигания излишков попутного нефтяного газа, в том числе при проведении плановых ремонтов. По данным Всемирного банка, в 2022 году в мире было сожжено около 144 млрд кубометров попутного нефтяного газа, что эквивалентно выбросам 400 млн тонн CO_2 [7].

Для снижения выбросов загрязняющих веществ при сжигании ПНГ существуют оголовки бессажевого горения, имеющие специальную конструкцию. В настоящее время они выпускаются в двух вариантах [8, 11, 12].

Кинетические факельные оголовки обеспечивают истечение газа при скоростях, создающих условия для эффективного перемешивания газа с кислородом воздуха для бессажевого, бездымного сжигания газа. Оголовки данной конструкции отличаются относительной простотой конструкции и отсутствием вспомогательного оборудования. В процессе их работы не требуется подвод в зону горения дополнительных флюидов (воздуха, пара, воды). Сокращение выбросов составляет 98 %. Однако такие оголовки имеют относительно небольшой диапазон бессажевого режима работы [8].

Основными затратами при оснащении факельных установок кинетическими оголовками бессажевого горения являются: проектные работы, приобретение самого оголовка, логистика, монтаж, пусконаладочные работы (ПНР), расходы на техническое обслуживание и ремонт оголовка [8].

Факельные оголовки с принудительной подачей воздуха в зону горения имеют более широкий диапазон бессажевого сжигания газа, чем кинетические. Сокращение выбросов загрязняющих веществ может достигать 98 %. К преимуществам таких оголовков относится возможность управления эффективностью сжигания путем изменения расхода воздуха при различных объемах сжигаемого углеводородного сырья. Применение таких факельных систем требует существенного изменения конструкции факельной установки с монтажом электрической воздуходувки. Недостатками являются необходимость регулярного технического обслуживания воздуходувки и дополнительные расходы на электроэнергию [8].

При расчете выбросов факела в режиме бессажевого горения концентрации таких веществ, как метан, сероводород, оксид углерода, смесь углеводородов предельных C_1-C_5, смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} и бенз/а/пирен, показали значительное снижение до 98 %, а выбросы сажи исчезают полностью.

Расчет выполнен согласно «Методике расчета выбросов вредных веществ, в атмосферу при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках», которая разработана Научно-исследовательским институтом охраны атмосферного воздуха [9]. Согласно выполненным расчетам, объем сокращения веществ по классам опасности [10] представлен на графике ниже (рис. 1).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при использовании оголовков бессажевого горения можно снизить выбросы как загрязняющих веществ, так и парникового газа метана, с факелов сжигания ПНГ. Данное решение уже показало свою эффективность на некоторых установках, оно позволяет минимизировать влияние факелов на окружающую среду и способствует достижению целей как Компании ПАО НК «Роснефть», так и стратегическим целям Российской Федерации.

На Российском рынке существуют компании, осуществляющие перевооружение, проектирование, изготовление и монтаж факельных оголовков. Таким образом данное технологическое решение является полностью отечественной разработкой.

Итоги

Результатами проведенных расчётов подтверждается необходимость установки оголовков бессажевого горения для снижения выбросов веществ с факельных установок.

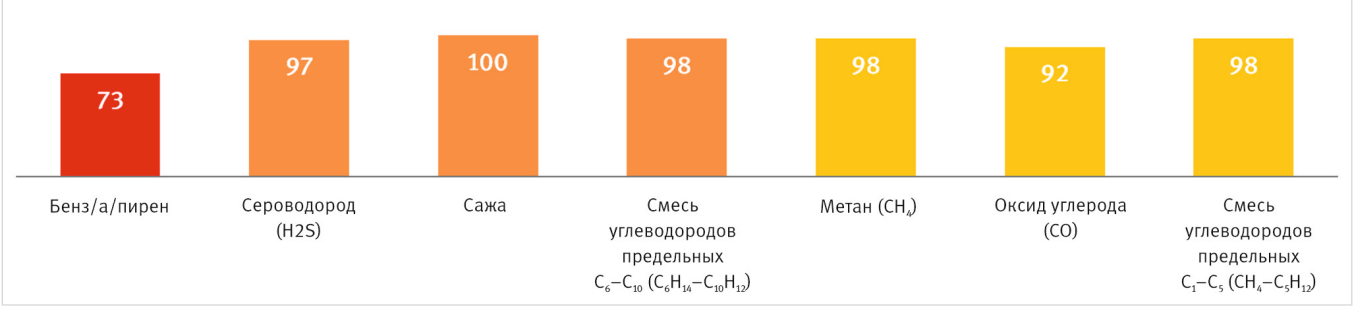

Рис. 1. Эффективность сокращения выбросов загрязняющих веществ при замене сажевого оголовка на бессажевый
Fig. 1. Emission abatement efficiency achieved by replacing a sooting flare tip with a smokeless flare tip

Выводы

По результатам выполненного расчета выбросов загрязняющих веществ от факельной установки в сажевом и бессажевом режимах горения, установлено, что объем сокращения выбросов веществ составляет: бензапирен до 73 %; сероводород до 97 %; сажа до 100 %; смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} до 98 %; метан до 98 %; оксид углерода до 92 %; смесь углеводородов предельных C_1-C_5 до 98 %.

Полученные данные могут способствовать достижению целей по стратегии «Роснефть-2030»: надежная энергия и глобальный энергетический переход», целям по «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», Парижского соглашения по климату, а также 17 целей устойчивого развития ООН. Ключевыми приоритетами которых являются снижение углеродного следа, операционное лидерство и увеличение эффективности.

Литература

1. Рощин П.В., Парамзин А.Р., Савельев А.А. и др. Сокращение выбросов парниковых газов: стратегия и методы декарбонизации нефтегазовых компаний // Нефть. Газ. Новации. 2024. № 7. С. 11–15.
2. Рощин П.В., Парамзин А.Р., Савельев А.А. и др. Достижение углеродной нейтральности крупнейшими нефтегазовыми компаниями. Стратегии декарбонизации: анализ данных // Нефть. Газ. Новации. 2024. № 7. С. 16–23.
3. Рашевская Ю.А., Рощин П.В., Губа А.С., Савельев А.А., Никитин А.В. Метан и углекислый газ в российском законодательстве // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 2. 18 с.
4. Парижское соглашение. Переговорный процесс и встречи. United Nations Climate Change. URL: https://unfccc.int/ru/informaciya-ob-onuv/chto-takoe-parizhskoe-soglashenie (дата обращения: 25.03.2025)
5. Постановление Правительства РФ от 17.04.2024 N 492 (ред. от 24.09.2024) «О применении в 2024 и 2025 годах ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду».
6. Стратегия «Роснефть-2030». Перспективы развития и стратегии // Роснефть: официальный сайт. URL: https://www.rosneft.ru/about/strategy (дата обращения: 25.03.2025)
7. Global Flaring and Methane Reduction Partnership. World Bank Group URL: https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction (дата обращения: 25.03.2025) (In Eng).
8. Кожин В.Н., Бодоговский С.В., Рощин П.В. и др. Минимизация негативного воздействия на окружающую среду при применении факельных установок с оголовками с высокоинтенсивными камерами сгорания // Нефтяное хозяйство. 2023. № 11. С. 60–63.
9. Методика расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках. Дата введения 01.01.98. Разработан научно-исследовательским институтом охраны атмосферного воздуха.
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
11. Рощин П.В., Зулпикаров А.А., Кощеев И.В. и др. Применение факельных оголовков бессажевого горения для сокращения объемов выбросов метана на объектах нефтегазодобычи // Нефтяное хозяйство. 2023. № 6. С. 102–105.
12. Логинов А.А., Рощин П.В. Технико-экономические аспекты применения оголовков бессажевого горения для сокращения выбросов метана на факельных установках // Научно-технические конференции ООО «СамараНИПИнефть». Самара: 2023. 143 с.

ENGLISH

Results

The calculation results confirm the necessity of installing smokeless flare tips to reduce emissions from flare systems.

Conclusions

Based on the results of the calculation of pollutant emissions from the flare unit in soot and soot-free combustion modes, it was established that the volume of emission reduction is: benzopyrene up to 73 %; hydrogen sulfide up to 97 %; soot up to 100 %; a mixture of saturated hydrocarbons C_6-C_{10} up to 98 %; methane up to 98 %; carbon monoxide up to 92 %; a mixture of saturated hydrocarbons C_1-C_5 up to 98%. The obtained data can contribute to achieving the goals of the Rosneft-2030 strategy: reliable energy and global energy transition, the goals of the Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050, the Paris Agreement on climate change, as well as 17 UN sustainable development goals. The key priorities of which are reducing the carbon footprint, operational leadership and increasing efficiency.

References

1. Roshchin P.V., Paramzin A.R., Saveliev A.A. et al. Reducing greenhouse gas emissions: strategy and methods of oil and gas companies decarbonization. Neft. Gaz. Novacii, 2024, issue 7, P. 11–15. (In Russ).
2. Roshchin P.V., Paramzin A.R., Saveliev A.A. et al. Achieving carbon neutrality by the largest oil and gas companies. decarbonization strategies: data analysis. Neft. Gaz. Novacii, 2024, issue 7, P. 16–23. (In Russ).
3. Rashevskaia Iu.A., Roshchin P.V., Guba A.S., Savelev A.A., Nikitin A.V. Methane and carbon dioxide in Russian legislation. The Eurasian Scientific Journal, 2023, Vol. 15, issue 2, 18 p. (In Russ.)
4. Paris Agreement. Negotiation process and meetings. United Nations Climate Change. Retrieved March 25, 2025, from https://unfccc.int/ru/informaciya-ob-onuv/chto-takoe-parizhskoe-soglashenie (accessed: 25.03.2025) (In Eng)
5. Decree of the Government of the Russian Federation № 492 dated April 17, 2024 (as amended on September 24, 2024) “On applying environmental pollution charge rates in 2024 and 2025” (In Russ.)
6. Rosneft-2030 Strategy. Development prospects and strategies. Rosneft official website. Retrieved March 25, 2025, from URL: https://www.rosneft.ru/about/strategy (accessed: 25.03.2025). (In Russ.)
7. Global flaring and methane reduction partnership. World Bank Group. Retrieved March 25, 2025, URL: https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction (accessed: 25.03.2025). (In Eng)
8. Kozhin V.N., Bodogovsky S.V., Roshchin P.V. et al., Environmental impact minimize by integration of soot-free flare tips. Oil Industry, 2023, issue 11, P. 60–63. (In Russ.)
9. Methodology for calculating harmful emissions into the atmosphere during associated petroleum gas flaring. Effective from January 1, 1998. Developed by the research institute of atmospheric air protection. (In Russ.)
10. Decree of the chief state sanitary doctor of the Russian Federation № 2 dated January 28, 2021. On approval of sanitary rules and regulations SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors for humans”. (In Russ.)
11. Roshchin P.V., Zulpikarov A.A., Koshcheev I.V. at al., Application of specially designed flare tips to reduce methane emissions at oil and gas production facilities, Oil Industry, 2023, issue 6, P. 102–105. (In Russ.)
12. Loginov A.A., Roshchin P.V. Technical and economic aspects of using smokeless flare tips to reduce methane emissions from flare systems. In: Scientific and Technical Conferences of SamaraNIPIneft. Samara, 2023, 143 p. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ I INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Медников Дмитрий Андреевич, ведущий инженер отдела разработки документации и экспертного сопровождения, ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия
Для контактов: Mednikovdm@yandex.ru

Турутов Андрей Сергеевич, главный менеджер по ключевым проектам отдела разработки документации и экспертного сопровождения, ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия

Логинов Александр Анатольевич, начальник отдела природоохранных технологий, ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия

Огородникова Елена Михайловна, начальник отдела охраны атмосферного воздуха, ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия

Савельев Алексей Александрович, начальник управления по охране окружающей среды и природоохранным технологиям, ООО «СамараНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Самара, Россия

Гилаев Гани Гайсинович, д.т.н., профессор кафедры, директор институт нефти, газа и энергетики, заведующий кафедрой нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,

Mednikov Dmitry Andreevich, leading engineer, Documentation Development and Expert Support Department, “SamaraNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Samara, Russia
Corresponding author: Mednikovdm@yandex.ru

Turutov Andrey Sergeevich, chief manager for key projects, Documentation Development and Expert Support Department, “SamaraNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Samara, Russia

Loginov Alexander Anatolyevich, head of the environmental technologies department, “SamaraNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Samara, Russia

Ogorodnikova Elena Mikhailovna, head of the atmospheric air protection department, “SamaraNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Samara, Russia

Savelyev Alexey Alexandrovich, head of the department for environmental protection and environmental technologies, “SamaraNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Samara, Russia

Gilaev Gani Gaisinovich, doctor of technical sciences, professor of the department. professor director of the Institute of oil, gas and energy, head of the department of oil and gas named after Professor G.T. Vartumyan, Institute of Oil, Gas and Energy, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia