

# РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ОГNETУШАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ И ФОРМИРУЕМОЙ ИМ ВЫСОКОНАПОРНОЙ СТРУИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ФОНТАНОВ\*

Е. В. Козлова<sup>1</sup>, Ю. И. Карташов<sup>2</sup>, С. Н. Копылов<sup>3</sup>, О. И. Рогожина<sup>4</sup>

**Аннотация:** Проведено исследование параметров струи высоконапорного генератора огнетушащего аэрозоля (ГОА). Выполнен расчет выпускного сопла генератора на быстрогорящем аэрозолеобразующем составе (АОС). Расчетным и экспериментальным путем определены характеристики формируемого сверхзвукового потока с конденсацией аэрозольных частиц в нем. Показано, что формируемая высоконапорным генератором аэрозольная струя способна подняться на вдвое большую высоту, чем при использовании устройства на медленногорящем АОС. Это связано с принципиально иной динамикой формируемого потока и меньшим размером частиц аэрозоля, конденсирующихся за срезом сопла генератора. Крупномасштабные эксперименты показали, что подача огнетушащего аэрозоля на высоту порядка 9 м спутно с потоком горящей нефти или газа обеспечивает крайне малое время тушения фонтана — 3–5 с от момента начала работы генераторов. Тушение достигается объемным способом при заполнении объема факела огнетушащим аэрозолем и достижении им минимальной огнетушащей концентрации.

**Ключевые слова:** аэрозоль; тушение; газ; нефть; фонтан; горение

DOI: 10.30826/CE24170405

EDN: WFFTWS

## Литература

1. Долганов Ю. Д., Соболевский В. В., Симонов В. М. Открытые фонтаны и борьба с ними. Справочник. — М.: Недра, 1991. 189 с.
2. Nolan D. P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical, and related facilities. — London — New York: Academic Press, 2019. 426 p.
3. Grace R. D. Blowout and well control handbook. — London — New York: Academic Press, 2003. 469 p.
4. Tuttle S. G., Ficher B. T., Kessler D. A., et al. Petroleum wellhead burning: A review of the basic science for burn efficiency prediction // Fuel, 2021. Vol. 303. Article 121279.
5. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителей тушения пожара. — М.: Стройиздат, 1987. 228 с.
6. Бараковских С. А., Чабаяев Л. У., Бакеев Р. А. и др. Анализ способов ликвидации горящих газовых фонтанов на скважинах Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2016. № 5. С. 124–129.
7. Копылов С. Н., Рогожина О. И., Козлова Е. В., Карташов Ю. И. Тушение нефтяных и газовых фонтанов высоконапорными струями огнетушащего аэрозоля // Безопасность труда в промышленности, 2023. № 9. С. 65–73.
8. Повзик Я. С. Пожарная тактика. — М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. 414 с.
9. Evans D., Pfenning D. Water sprays suppress gas-well blowout fires // Oil Gas J., 1985. Vol. 83. P. 80–86.
10. Кайзер Ю. Ф., Лысянников А. В., Желудкевич Р. Б. и др. Автомобиль газо-водяного тушения // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 5. С. 203–208.
11. Забегаев В. И. Способ вихревого порошкового тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газо-нефтяных скважинах. Патент РФ № RU 2616039 C1, опубликован 12.04.2017.
12. Zakhmatov V. D., Silnikov M. V., Chernyshov M. V. Overview of impulse fire-extinguishing system applications // J. Industrial Pollution Control, 2016. Vol. 32. No. 2. P. 490–499.
13. Агафонов В. В., Бухтояров Д. В., Гришакина В. А., Казаков А. В., Копылов С. Н., Голубев А. Д. Обоснование способов аэрозольного пожаротушения в высотных помещениях и сооружениях // Пожарная безопасность, 2019. № 4. С. 21–31.

\*Статья основана на докладе, представленном на 11-м Международном симпозиуме по неравновесным процессам, плазме, горению и атмосферным явлениям (NEPCAP), прошедшем в Сочи (Россия) в период с 7 по 11 октября 2024 г.

<sup>1</sup>РНЦ «Прикладная химия» (ГИПХ), giph@giph.su

<sup>2</sup>РНЦ «Прикладная химия» (ГИПХ), y.kartashov@giph.su

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС России; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), firetest@mail.ru

<sup>4</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС России, rogozhina.ole4ka@yandex.ru

14. *Смирнов П. Г.* Расчет равновесного состава продуктов сгорания топливных композиций методом минимизации термодинамического потенциала // *Аэрокосмическая техника и технологии*, 2023. Т. 1. № 1. С. 160–172.
15. *Зудин Я. Б., Уртенев Д. С., Устинов В. С.* Кинетический анализ интенсивной конденсации (дозвуковой и сверхзвуковой режимы) // *Известия РАН. Энергетика*, 2019. № 4. С. 75–97.
16. *Шаблий Л. С., Кривцов А. В.* Расчет сверхзвукового течения двухфазной среды в ANSYS Fluent. — Самара: НИУ СГАУ им. С. П. Королева, 2014. 6 с.
17. *Крапошин М. В.* Математическое моделирование сжимаемых течений с использованием гибридного метода аппроксимации конвективных потоков: Дис. . . . канд. физ.-мат. наук. — Москва: Институт системного программирования РАН, 2016. 182 с.
18. *Lee J. H. W., Chu V. H.* Turbulent jets and plumes — a Lagrangian approach. — Kluwer Academic Publs., 2003. 390 p.
19. *Гималудинов И. К., Кильдибаева С. Р., Ахмадеева Р. З.* Расчет теплофизических и кинетических параметров затопленной струи // *Фундаментальные исследования*, 2013. № 11-7. С. 1323–1327.

*Поступила в редакцию 11.07.2024*