

УДК 614.841.123.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИХРИТЕЛЕЙ В ПРИБОРАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Ганеев Руслан Альбертович, Хафизов Ильдар Фанилевич,
Павлова Зухра Хасановна, Алексеев Дмитрий Леонидович

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены процессы создания жидкостных потоков в пожарных стволах, влияющие на эффективность тушения пожаров. Основной задачей при решении данных вопросов является модернизация имеющихся на вооружении пожарных стволов. С каждым днем увеличивается пожарная нагрузка используемых строительных материалов, сопровождающееся выделением большого количества отравляющих веществ с большой концентрацией, при этом резко увеличивается воздействие опасных факторов пожара на участников тушения пожаров. Это указывает на необходимость совершенствования уже имеющихся пожарных стволов, находящихся на вооружении пожарных подразделений. Максимальная универсализация и повышенная эффективность пожарных стволов позволит решить большое количество поставленных задач при тушении пожаров, тем самым снизить количество привлекаемых сил и средств, увеличивающуюся нагрузку на участников тушения пожара, а также уменьшить временные показатели локализации и ликвидации пожаров. Для объектов нефтепереработки данная тема так же важна, так как они включают в себя отдельно стоящие резервуары, резервуарные парки, насосные, наливные железнодорожные и автомобильные эстакады, продуктопроводы и другие различного рода технологические сооружения, эксплуатация которых носит особый характер. Она связана с серьезными рисками возникновения аварийных ситуаций. Технологические процессы объектов нефтепереработки оказывают значительное влияние на пожарную опасность и количество связанных с ними пожаров.

Ключевые слова: вихревые потоки, ликвидация пожара, пожарный ствол, завихритель, движение жидкости

INVESTIGATION OF SWIRLERS IN FIRE EXTINGUISHING DEVICES TO IMPROVE FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY

Ruslan A. Ganeev, Ildar F. Hafizov, Zuhra H. Pavlova, Dmitry L. Alekseev

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

The article discusses the processes of creating liquid flows in fire barrels that affect the effectiveness of fire extinguishing. The main task in solving these issues is to modernize the fire barrels in service. The fire load of building materials used in construction increases every day, accompanied by the release of a large amount of toxic substances and with a high concentration of it, while the impact of fire hazards on participants in extinguishing fires increases dramatically. This indicates the need to improve the existing fire barrels in service with fire departments. Maximum universalization and increased efficiency of fire barrels will allow solving a large number of tasks in extinguishing fires, thereby reducing the number of forces and means involved, increasing the burden on participants in extinguishing a fire, as well as reducing the time indicators of localization and elimination of fires. Oil refining facilities include free-standing reservoirs, tank farms, pumping, bulk railway and automobile overpasses, product pipelines and other various technological structures, the operation of which is of a special nature and is associated with serious risks in case of emergency situations. The technological processes of oil refining facilities have a significant impact on the fire hazard and the number of fires associated with them.

Keywords: vortex flows, fire elimination, fire barrel, swirler, fluid movement

Введение

При ликвидации крупных пожаров невозможно обойтись без использования большого количества участников тушения пожара, пожарной техники и пожарнотехнического вооружения.

Пожарнотехническое вооружение, комплектующее пожарные подразделения, отстает от быстроразвивающихся современных технологий и не всегда удовлетворяет возникающим потребностям. В результате этого становятся открытыми такие проблемные вопросы, как укомплектованность дежурных караулов, превышение сроков эксплуатации техники, морально устаревшие средства пожаротушения. Это демонстрирует то, что для повышения эффективности действий личного состава пожарной охраны требуются дополнительные силы и средства, снижающие возможность их использования на других направлениях.

В мире постоянно ведутся разработки абсолютно новых образцов приборов пожаротушения и достигаются вполне весомые результаты.

Создание и применение современных образцов пожарного оборудования не обходится без исследований мировой науки [1].

Основными видами пожарного оборудования, применяемого при ликвидации пожаров, являются ручные и лафетные пожарные стволы.

В науке проведено большое количество теоретических и экспериментальных исследований по изучению вихрей, а также исследований различных видов движения жидкостей с замкнутыми или почти замкнутыми линиями тока и ненулевой завихренностью в ограниченном пространстве.

Интерес, возникший к изучению таких движений жидкости, проявляется следующими аспектами, такие формы течений имеют большую распространенность в природных условиях, при этом можно увидеть широкий диапазон изменения их значений. На поверхности земли образуются вихри, исчисляемые километрами, в атмосфере они представляют собой спиральные облачные системы и их различные формы – тайфуны и ураганы, в

океанах и морях такие проявления представляют собой мезомасштабные вихри и кольцевые течения [2].

Различные исследования показали, что запас кинетической энергии в вихрях достигает больших значений, компактные вихри в атмосфере, например торнадо, могут наносить большой экономический и экологический урон, а также привести к гибели людей [3].

Для стабилизации физико-химических процессов горения, в промышленности используют вихревые потоки, за счет разделения компонентов, изъятием твердых и жидких механических включений [4].

Результаты и их обсуждение

Для продолжения изучения исследуемых процессов, необходимо рассмотреть принцип работы стрелкового оружия. В стрелковом оружии основным элементом является ствольная часть. В ней создаются условия для создания зарядом энергии, сгорание которой происходит в камере заряда и передает пуле поступательное движение, придавая ей скорость и способность следовать в нужную цель.

Внутренний канал ствола визуально представляет собой трубу. В целом каналы всех стволов обычно конструктивно одинаковы, отличительной чертой служит количество, форма и вид нарезов.

Конструктивные особенности стрелкового оружия можно по аналогии перенести и на приборы пожаротушения. При этом в качестве патрона вы-

ступают огнетушащие вещества, которые могут отличаться друг от друга, однако схожи по своим функциональным направлениям.

Сопоставив работу нарезного оружия и внесение подобных условий для совершенствования элементов конструкции устройств пожаротушения, создающих вихревые потоки, получим необходимый нам закрученный поток жидкости.

Предлагаемый способ создания вихревых потоков (с помощью использования завихрителя) работает следующим образом [5–13]: подаваемое огнетушащее вещество проходит через завихритель (рис. 1), вмонтированный в трубу (рис. 2). Исходя из полученных исследовательских данных, определены оптимальные значения завихрителя (шаг, количество витков) и длина трубной части.

Для проведения эксперимента взяты завихритель с шагом 25 мм, длиной 100 мм, а также труба, диаметр которой позволяет накрутить на нее соединительную головку с условным проходом 51 мм.

При изготовлении опытных образцов использовался пластик с использованием 3D-принтера.

Опытный образец, представленный на рис. 3, представляет собой трубу, в полость которой помещен завихритель с необходимыми параметрами шага, а также общей длины. Данное изделие предназначено для осуществления завихрения жидкости.

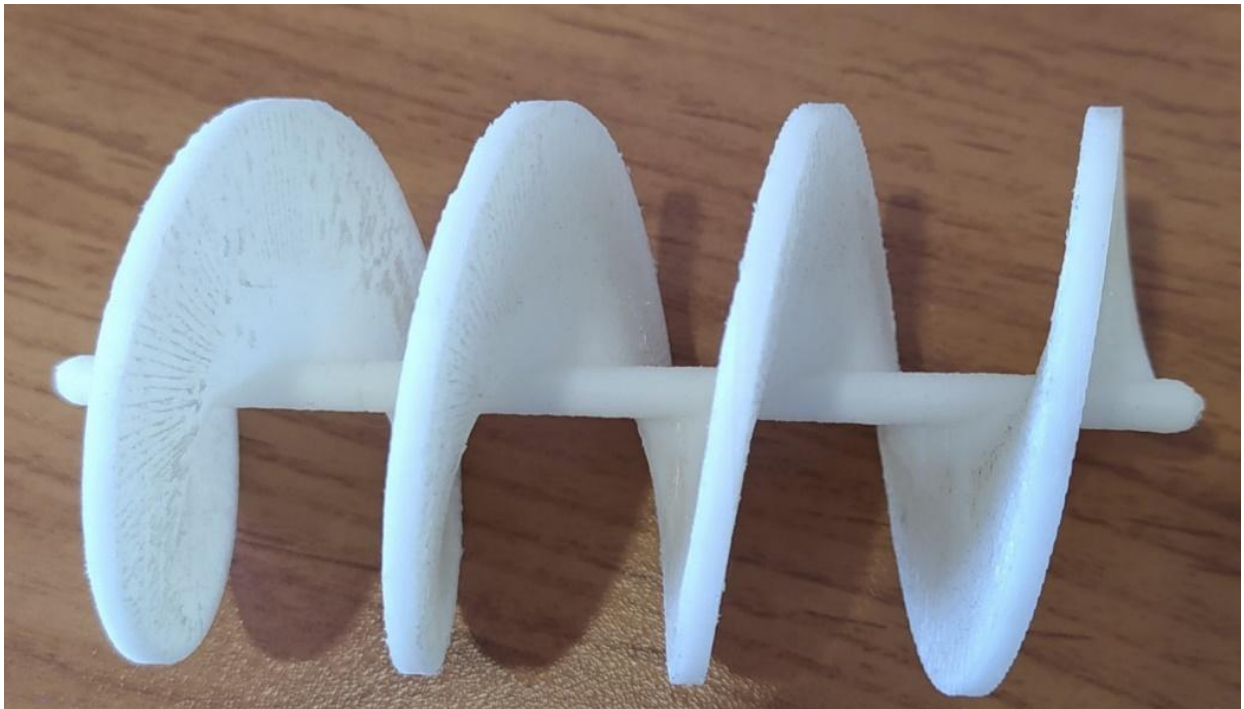


Рис. 1. Завихритель длиной 100 мм, количеством витков 4 и с шагом 25 мм

Fig. 1. A swirler with a length of 100 mm, a number of turns of 4 and a pitch of 25 mm



Рис. 2. Труба длиной 100 мм

Fig.2. The pipe is 100 mm long



Рис. 3. Опытный образец завихрителя

Fig. 3. A prototype swirler



Рис. 4. Опытная сборка завихрителя

Fig. 4. Pilot assembly of the swirler

На дальность подачи огнетушащего вещества влияют такие параметры, как угол подачи огнетушащего вещества, вид

подаваемого огнетушащего вещества, форма струи, конструктивные особенности пожарных стволов и т. д.

Испытание заключалось в том, что сначала определялась дальность подачи воды пожарных стволов, подсоединенных с помощью пожарного рукава к насосу пожарной автоцистерны. Затем между пожарными стволами и пожарным рукавом присоединялся опытный образец, представленный на рис. 4. Апробация опытного образца проводилась с учетом оптимального угла подачи огнетушащего вещества, которое составляет 30° к горизонту. Используемый пожарный насос является самым распространенным. Соблюдение данных условий необходимо для

обеспечения результатов, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации различного рода приборов пожаротушения. Для проведения эксперимента берутся разные ручные пожарные стволы с одинаковым условным проходом. В испытуемые образцы уже внедрены различного рода конструктивные изменения, поэтому одной из основных задач при испытании завихрителя будет сравнение работы пожарных стволов в сочетании с вихревыми движениями жидкостей.

Таблица 1

Результаты исследования показателей дальности подачи огнетушащего вещества из ручного пожарного ствола РСКУ-50А

Table 1

Results of the study of the parameters of the range of fire extinguishing agent supply from the RSKU-50A manual fire barrel

Давление огнетушащего вещества перед ручным пожарным стволом, МПа The pressure of the extinguishing agent in front of the manual fire barrel, MPa	Дальность подачи огнетушащего вещества без образца, м The range of fire extinguishing agent supply without a sample, m	Дальность подачи огнетушащего вещества с образцом, м The range of supply of fire extinguishing agent with a sample, m
0,4	35	43
0,5	38	47
0,6	41	51

Таблица 2

Результаты исследования показателей дальности подачи огнетушащего вещества из ручного пожарного ствола РСК-50

Table 2

The results of the study of the indicators of the range of fire extinguishing agent supply from the RSK-50 hand-held fire barrel

Давление огнетушащего вещества перед ручным пожарным стволом, МПа The pressure of the extinguishing agent in front of the manual fire barrel, MPa	Дальность подачи огнетушащего вещества без образца, м The range of fire extinguishing agent supply without a sample, m	Дальность подачи огнетушащего вещества с образцом, м The range of supply of fire extinguishing agent with a sample, m
0,4	30	38
0,5	32	40
0,6	34	43

В ходе теоретических исследований получено выражение, позволяющее осуществить количественную оценку изменения скорости потока в зависимости от шага завихрителя и его радиуса, которое представляется в следующем виде:

$$V_h = \frac{8\nu}{R} h^{-0,0044}, \quad (1)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$;

R – радиус завихрителя, м ;

V_h – скорость движения жидкости при удельном шаге завихрителя, $\text{м}/\text{с}$;

h – удельный шаг завихрителя.

$$h = \frac{L}{R}, \quad (2)$$

L – шаг завихрителя, м ;

R – радиус завихрителя, м

Выводы

При проведении теоретических исследований получена математическая модель формирования критерия, позво-

ляющая осуществить количественную оценку изменения скорости потока в зависимости от шага закручивающего устройства и его радиуса. Проведены исследования по определению необходимых параметров для получения максимальных числовых значений скорости движения жидкости. В ходе исследования получены данные по оптимальному количеству витков в закручивающем устройстве, шаге и общей его длины для проведения экспериментальных исследований.

В ходе проведения экспериментальных исследований и испытаний существующих пожарных стволов с использованием опытных образцов, во внутреннюю часть устройства которых вмонтированы завихрители, была определена возможность увеличения дальности подачи огнетушащих веществ при использовании вихревых потоков в пожарных стволах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кошмаров Ю. А., Решетар Я., Лимонов В. Г. Экспериментальные исследования теплового воздействия пламени // Противопожарная защита объектов народного хозяйства. М. : ВИПТШ, 1979. С. 82–87.
2. Наливкин Д. В. Ураганы, бури и смерчи. Л. : Наука, 1969. 487 с.
3. Океанология. Физика океана: в 2-х т. / под ред. А. С. Монины, В. М. Каменковича. М. : Наука, 1978. Т. 1. Гидрофизика океана. 466 с.
4. Алексеенко С. В., Куйбин П. А., Окулов В. Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. Новосибирск : Ин-т теплофизики СО РАН, 2003. 503 с.
5. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 15.11.1991 № 1743 : введен впервые : дата введения 1993-01-01 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001409> (дата обращения: 23.12.2024).
6. Стволы пожарные ручные универсальные с регулируемым расходом КУРС-8 : паспорт и руководство по эксплуатации. Воронеж : Орт, 2015. 8 с.
7. Ганеев Р. А. Использование вихревых потоков жидкости в приборах пожаротушения // Сборник материалов конференции «73-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». Уфа, УГНТУ, 2022. С. 125.
8. ГОСТ Р 51115-97. Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные. Общие технические требования. Методы испытаний : нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта России от 25 декабря 1997 г. № 425 : введен впервые : дата введения 1999-01-01 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011368> (дата обращения: 23.12.2024).
9. Ганеев Р. А., Хафизов И. Ф. Совершенствование элементов конструкции приборов пожаротушения для создания вихревых потоков // Нефтегазовое дело. 2021. № 4. С. 22–31.

10. Вероятностный подход к решению задачи SLAM в трехмерном пространстве / Казьмин В. Н. [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 2. С. 49–51.
11. Ганеев Р. А., Хафизов И. Ф. Использование вихревых потоков в приборах пожаротушения // Техносферная безопасность. 2021. № 2. С. 82–86.
12. Ганеев Р. А. Исследование изучения вихревых потоков жидкости в приборах пожаротушения // Сборник материалов конференции «69-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ». Уфа : УГНТУ, 2018. С. 291.
13. Хафизов Ф. Ш., Кудрявцев А. А., Шевченко Д. И. Определение структуры и параметров регуляторов для задач моделирования процессов в компьютерных тренажерах при ограниченном информационном обеспечении // Нефтегазовое дело. 2011. № 1. С. 336–349.

REFERENCES

1. Koshmarov Yu.A. Experimental studies of the thermal effects of flame / Yu.A. Koshmarov, Ya. Reshetar, V.G. Limonov // Fire protection of objects of the national economy. Moscow, VIPTSH, 1979; 82–87. (rus).
2. Nalivkin D.V. Hurricanes, storms and tornadoes. Leningrad, Nauka, 1969; 487. (rus).
3. Oceanology. Physics of the ocean. T. I. Hydrophysics of the ocean. Ed. Monina A.S. and Kamenskovich V.M. Moscow, Nauka, 1978; 466. (rus).
4. Alekseenko S.V., Kuibin P.A., Okulov V.L. Introduction to the theory of concentrated vortices. S.S. Kutateladze Institute of Thermophysics. Novosibirsk: Institute of Thermophysics SB RAS. 2003; 503. (rus).
5. GOST 10704-91. Interstate standard. Straight-seam electric-welded steel pipes. Assortment. (rus).
6. Passport and instruction manual. Hand-held universal fire barrels with adjustable flow rate KURS-8. Voronezh, NPO Ort LLC, 2015; 8. (rus).
7. Ganeev R.A. The use of vortex fluid flows in fire extinguishing devices // Collection of materials of the conference "73rd scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists of USNTU". Ufa, USPTU, 2022; 125. (rus).
8. GOST R 51115-97. Fire fighting equipment. Fire carriage barrels. General technical requirements. Test methods. 1999; 15. (rus).
9. Ganeev R.A., Khafizov I.F. Improvement of the design elements of fire extinguishing devices for the construction of vortex flows // Online publication "Oil and Gas business". 2021; 4: 22–31. (rus).
10. Kazmin V.N. et al. A probabilistic approach to solving the SLAM problem in three-dimensional space // Izvestiya SFU. Technical sciences. 2017; 2: 49–51. (rus).
11. Ganeev R.A., Khafizov I.F. The use of vortex flows in fire extinguishing devices // Technosphere Security online publication. 2021; 2: 82–86. (rus).
12. Ganeev R.A. A study of vortex fluid flows in fire extinguishing devices // Collection of materials of the conference "69th scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists of USNTU". Ufa, USPTU, 2018; 291. (rus).
13. Hafizov F.Sh., Kudryavtsev A.A., Shevchenko D.I. Determination of the structure and parameters of regulators for process modeling tasks in computer simulators with limited information support // Electronic scientific journal "Oil and gas business". 2011; 1: 336–349. (rus).

Информация об авторах

Ганеев Руслан Альбертович, соискатель ученой степени кандидата технических наук кафедры пожарной и промышленной безопасности, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: ganeev.ra@mail.ru

Хафизов Ильдар Фанилевич, доктор технических наук, профессор кафедры по-

Information about the authors

Ruslan A. Ganeev, Candidate of Scientific Degree of Candidate of Technical Sciences, Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technical University, Kosmonavtov str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation;
e-mail: ganeev.ra@mail.ru

Ildar F. Hafizov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire

жарной и промышленной безопасности, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Павлова Зухра Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники и оборудования предприятий», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Алексеев Дмитрий Леонидович, соискатель ученой степени кандидата технических наук кафедры пожарной и промышленной безопасности, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technical University, Kosmonavtov str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation

Zukhra K. Pavlova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Engineering and Equipment of Enterprises, Ufa State Petroleum Technical University, Kosmonavtov str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation

Dmitry L. Alekseev, Candidate of Scientific Degree of Candidate of Technical Sciences, Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technical University, Kosmonavtov str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation