

УДК 614.841.123.24

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИХРЕВЫХ ПОТОКОВ

IMPROVING THE DESIGN ELEMENTS OF FIRE EXTINGUISHING DEVICES FOR CREATING EDDY FLOWS

Р.А. Ганеев, И.Ф. Хафизов

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

Ruslan A. Ganeev, Ildar F. Khafizov

Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation

e-mail: ganeev.ra@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема повышения эффективности тушения пожаров с применением технических средств доставки огнетушащих веществ к очагу пожара, в особенности на значительно удаленные расстояния. Это связано с быстро растущим технологическим прогрессом в производственных и жизнедеятельных процессах во всех развивающихся странах. Данные явления повышают требования к приборам, используемым в мобильных устройствах пожаротушения.

Ликвидация пожаров, в свою очередь, требует привлечение значительных человеческих ресурсов, технических средств и материальных затрат.

К сожалению, арсенал технических средств борьбы с огнем, находящийся на вооружении пожарных подразделений, уже не в полной мере отвечает постоянно возрастающим потребностям современного мира.



Abstract. The article deals with the problem of improving the efficiency of fire extinguishing, using technical means of delivering fire extinguishing agents to the fire source, especially at significantly remote distances. This is due to the rapidly increasing technological progress in production and life processes in all developing countries. These phenomena increase the requirements for devices used in mobile fire extinguishing devices.

The elimination of fires, in turn, requires the involvement of significant human resources, technical means and material costs.

Unfortunately, the Arsenal of technical means of fighting fire that is in service with fire departments no longer fully meets the ever-increasing needs of the modern world.

Ключевые слова: ствол; вихревое движение жидкости; тепловой поток

Keywords: trunk; eddy motion of a liquid; heat flow

Опыт тушения пожаров показал, что основными трудностями при тушении пожаров на объектах нефтегазовой отрасли является дальность подачи огнетушащего вещества через пожарный ствол и сильный тепловой поток, который либо разрушает огнетушащее вещество, либо оказывает большое сопротивление для входящего огнетушащего вещества в зону горения, что приводит в свою очередь к увеличению его расхода и снижению эффективности подаваемого огнетушащего вещества.

В аббревиатурах приборов пожаротушения используется термин «ствол», что является созвучным с названиями части огнестрельного оружия.

На сегодняшний день доподлинно известно, что огнестрельное нарезное оружие имеет ряд преимуществ перед гладкоствольным. Винтовые нарезы в канале ствола стрелкового оружия придают снаряду (пуле) вращательное движение, благодаря чему обеспечивается его устойчивость на траектории,



дальность полёта и кучность стрельбы. Предлагается похожий принцип действия и для пожарных стволов.

С этой целью с помощью программы Компас-3D была проведена работа по созданию условий, при которых огнетушащее вещество с большей эффективностью будет преодолевать тепловой поток горящего вещества. С внутренней части ствола, где проходит огнетушащее вещество, устанавливаются спиралевидные пластины (рисунок 1). При прохождении жидкости происходит ее закручивание (завихрение) [1].

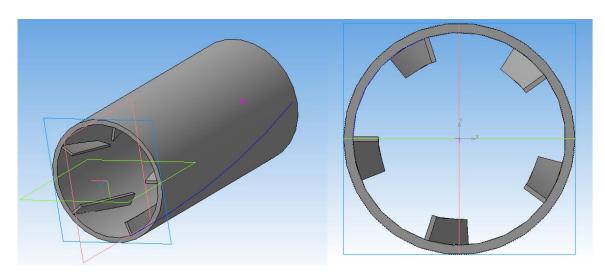
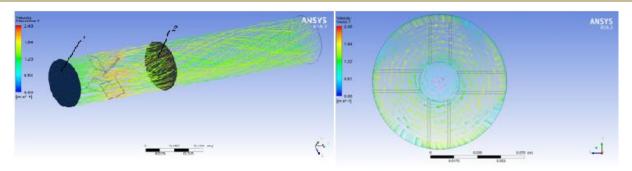


Рисунок 1. Схема устройства в программе Компас-3D

Вихревое движение жидкости способствует более сильному и, в свою очередь, глубокому проникновению огнетушащего вещества в очаг пожара, преодолевающего тепловой поток.

В целях подтверждения данной гипотезы были проведены исследования движения жидкости в трубе при наличии пластин, установленных под углом (рисунок 2), с помощью программы <u>FlowVision</u> [2]. Результат исследования показал значительное увеличение скорости движения жидкости после прохождения завихрителей (пластин).





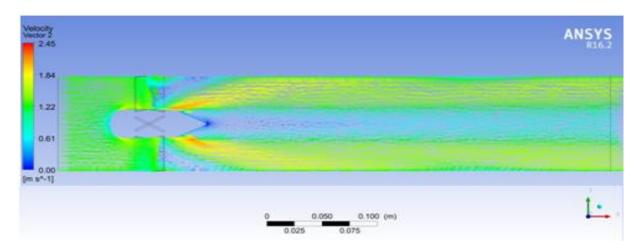


Рисунок 2. Исследование в программе FlowVision

В результате повышения скорости потока жидкости можно достичь увеличения дальности подачи огнетушащего вещества.

Из рисунка 3 хорошо видно, что при увеличении скорости движения жидкости коэффициент гидравлических потерь снижается.

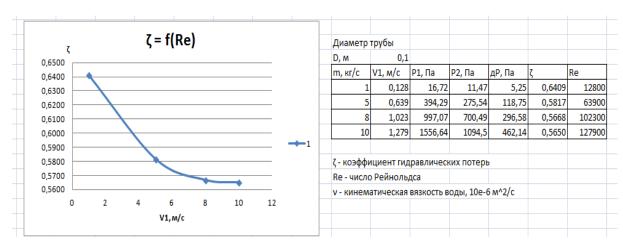


Рисунок 3. Изменения скорости потока жидкости и гидравлических потерь



Гидравлические потери можно разделить на два типа:

- потери на трение по всей длине. Образуются при равномерном течении в прямых трубах постоянного диаметра, при этом прямо пропорциональны длине трубы;
- местные гидравлические потери. Определяются местным гидравлическим сопротивлением либо изменениями формы и диаметра отверстия, которые деформируют поток. Местные потери можно увидеть при резком расширении либо сужении трубы, а также при повороте и т.п.

Гидравлические потери возможно выразить в так называемых потерях напора $\Delta \rho$ либо давления ΔP :

$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\rho g}$$
,

где ρ – плотность вещества;

g – ускорение свободного падения.

Очень часто практически с полной уверенностью следует считать, что расходование энергии при движении жидкости [3] через определенную составляющую гидравлической системы пропорциональны квадрату скорости жидкости [4]. В результате чего можно утверждать, что сопротивление является безразмерной величиной ζ, называется коэффициентом потерь либо коэффициентом местного сопротивления, при этом

$$\Delta \rho = \zeta \frac{\rho \omega^2}{2g}, \Delta h = \zeta \frac{\omega^2}{2g} . \tag{1}$$

Предполагается, что скорость ω по всему сечению потока одинакова

$$\zeta = \frac{\Delta P}{e_{{}_{HODM}}},$$

где $e_{{\scriptscriptstyle HOPM}} = \frac{\rho \omega^2}{2}$ — является энергией торможения единицы объёма потока относительно канала.



На самом деле, в потоке скорость жидкости не постоянна, в нормативной документации в этих формулах за основу берется среднерасходная скорость

$$\omega = Q/F$$
,

где Q – это объёмный расход;

F является площадью сечения, для которого и производится расчет скорости [5].

Таким образом, мы можем утверждать, что средняя энергия торможения потока, как правило, несколько больше $\frac{\rho\omega^2}{2}$.

Для определения линейных потерь следует пользоваться коэффициентом потерь на трение по длине (коэффициент Дарси) λ , присутствующего в формуле Дарси-Вейсбаха [4]

$$\Delta h = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}, (2)$$

где L — длина элемента;

d – характеризует размер сечения (диаметр).

В единицах давления происходит иначе:

$$\Delta \rho = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2},\tag{3}$$

следовательно, для линейного элемента относительной длины L/d коэффициент сопротивления трения будет определяться как $\zeta_{mp} = \lambda L/d$.

Воздействие способа течения жидкости в трубах на гидравлические потери

Известно, что при турбулентном движении происходит расход энергии потока на преодоление вязкости, при этом гидравлические потери значительно больше, чем при ламинарном. К примеру, напор на насосах можно уменьшить на порядок, если в водопроводных и отопительных сетях



при обычных скоростях движущейся жидкости можно было бы поддерживать абсолютно ламинарное движение потока.

Если преобразовать ламинарное движение потока в турбулентное, то данный факт вызовет резкое увеличение сопротивления (другими словами, в определенном диапазоне чисел Рейнольдса ламинарное движение нестабильно, но в конкретных условиях присутствует) [6].

Коэффициент гидравлического сопротивления при ламинарном движении становится больше, чем при турбулентном, поскольку ламинарному движению присущи скорости гораздо ниже. В ламинарном потоке сопротивление приблизительно линейно зависит от скорости движения жидкости, при этом коэффициент примерно линейно снижается, однако для турбулентного движения в ровных трубах данная зависимость приобретает другой вид.

Практическое применение

На сегодняшний день для преодоления гидравлических потерь в различного рода трубопроводах используются технические приборы (например насосы).

Для того, чтобы уменьшить гидравлические потери, следует исключить использование в конструкциях оборудования составляющих, обеспечивающих резкие преобразования направления потока, другими словами, заменить резкое увеличение диаметра трубы постепенным. Известен факт, что даже в идеально гладких трубах присутствуют гидравлические потери [4], и при ламинарном потоке шероховатость оказывает незначительное влияние, но в технике её увеличение вызывает повышение гидродинамического сопротивления.

В жизни присутствуют моменты, когда наоборот необходимо добавить гидравлическое сопротивление. Здесь можно применять различного рода устройства, повышающие гидравлическое сопротивление. Если известен



график коэффициента гидравлического сопротивления, то можно вычислить скорость потока.

Вывод

Исследованы условия, при которых огнетушащее вещество с большой эффективностью будет преодолевать тепловой поток горящего вещества. Предложен способ решения задачи по повышению эффективности дальности подачи огнетушащего вещества, что приведет к повышению эффективности тушения пожара и снижению воздействия опасных факторов пожара на участниках тушения пожара.

Список используемых источников

- 1. Хафизов Ф.Ш., Абдрахманов Н.Х., Климин О.Н., Ванчухин Н.П., Юминов И.П. Применение вихревых аппаратов в промышленности // Обеспечение промышленной безопасности производственных объектов топливно-энергетического комплекса Республики Башкортостан: матер. II науч.-техн. семинара. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. С. 225.
- 2. Казьмин В.Н. Вероятностный подход к решению задачи SLAM в трехмерном пространстве // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 2 (187). С. 172-184. DOI: 10.18522/2311-3103-2017-1-172184.
- 3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. М.: Машиностроение, 1992. 671 с.
- 4. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.
- 5. Кокорин В.В., Контобойцев Е.А., Контобойцева М.Г., Хафизов Ф.Ш. Актуальные вопросы обеспечения безопасности процессов транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4 (148). С. 13-16.



6. 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 // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 1. С. 336-349. URL: http://www.ogbus.ru/authors/KhafizovFSh/KhafizovFSh/2.pdf (дата обращения: 04.06.2021).

References

- 1. Khafizov F.Sh., Abdrakhmanov N.Kh., Klimin O.N., Vanchukhin N.P., Yuminov I.P. Primenenie vikhrevykh apparatov v promyshlennosti [The Use of Vortex Devices in Industry]. *Materialy II nauchno-tekhnicheskogo seminara «Obespechenie promyshlennoi bezopasnosti proizvodstvennykh ob"ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa Respubliki Bashkortostan»* [Materials of the II Scientific and Technical Seminar «Ensuring Industrial Safety of Production Facilities of the Fuel and Energy Complex of the Republic of Bashkortostan»]. Ufa, UGNTU Publ., 1999, pp. 225. [in Russian].
- 2. Kazmin V.N. Veroyatnostnyi podkhod k resheniyu zadachi SLAM v trekhmernom prostranstve [Probabilistic Approach in 3D SLAM Problem]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2017, No. 2 (187), pp. 172-184. DOI: 10.18522/2311-3103-2017-1-172184. [in Russian].
- 3. Idelchik I.E. *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* [Hydraulic Resistance Guide]. Ed. by M.O. Shteinberga. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1992. 671 p. [in Russian].
- 4. Bashta T.M., Rudnev S.S., Nekrasov B.B. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody* [Hydraulics, Hydraulic Machines and Hydraulic Drives]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 423 p. [in Russian].



- 5. Kokorin V.V., Kontoboitsev E.A., Kontoboitseva M.G., Khafizov F.Sh. Aktual'nye voprosy obespecheniya bezopasnosti protsessov transportirovki i khraneniya nefti i nefteproduktov [Actual Issues of Security Processes in Oil Products Transportation and Storage]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti Bezopasnost' Zhiznedeatel'nosti*, 2013, No. 4 (148), pp. 13-16. [in Russian].
- 6. Khafizov F.Sh., Kudryavtsev A.A., Shevchenko D.I. Opredelenie struktury i parametrov regulyatorov dlya zadach modelirovaniya protsessov v komp'yuternykh trenazherakh pri ogranichennom informatsionnom obespechenii [The Determination of Structure and Regulators Parameters for the Tasks of Computer Simulator Model Building While There is not Enough Information]. Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business», 2011, No. 1, pp. 336-349. URL: http://www.ogbus.ru/authors/KhafizovFSh/KhafizovFSh_2.pdf (accessed 04.06.2021). [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Ганеев Руслан Альбертович, аспирант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ruslan A. Ganeev, Post-graduate Student of Fire and Industrial Safety Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: ganeev.ra@mail.ru

Хафизов Ильдар Фанилевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ildar F. Khafizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Fire and Industrial Safety Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: ildar.hafizov@mail.ru