

УДК 614.849

СНИЖЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.s.g@gmail.com

Ильнар Ильшатович Хабибуллин

студент

Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов, которая существенно ограничивает эффективность систем пожаротушения на объектах энергетики. Анализируются основные факторы, влияющие на величину потерь давления в трубопроводах, и обосновывается необходимость поиска инновационных решений для их снижения. Особое внимание уделяется применению геля полиакриламида (ПАА) как средства уменьшения трения при движении жидкости по рукавам. Обсуждаются практические аспекты внедрения технологии в условиях энергетической инфраструктуры, включая преимущества, ограничения и требования к эксплуатации.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, напорные пожарные рукава, полиакриламид, тушение пожаров.

Тушение пожаров на объектах энергетики представляет собой сложную задачу, требующую эффективного использования ресурсов, включая воду, технику и материалы. Одной из ключевых проблем является значительное гидравлическое сопротивление напорных пожарных рукавов, которое приводит к потерям давления и снижению производительности системы пожаротушения. Это особенно актуально для длинных рукавных линий, используемых на крупных промышленных объектах [1]. Одним из перспективных решений данной проблемы является использование геля полиакриламида (ПАА), который способен изменять вязкость жидкости и уменьшать трение в трубопроводах. Данная статья анализирует влияние ПАА на гидравлическое сопротивление рукавов и рассматривает возможности применения данного метода в условиях энергетической инфраструктуры.

Гидравлическое сопротивление — это физическое явление, характеризующееся потерей энергии жидкости при ее движении по трубопроводу или рукаву. Основные факторы, влияющие на величину сопротивления, включают:

- скорость потока: чем выше скорость движения жидкости, тем больше возникают потери на трение;
- длина трубопровода: увеличение длины рукава приводит к росту гидравлических потерь;
- внутренний диаметр трубопровода: меньший диаметр вызывает большее сопротивление;
- рельеф внутренней поверхности: неровности и деформации стенок рукава также способствуют дополнительным потерям [2].

Математически гидравлическое сопротивление описывается уравнением Дарси - Вейсбаха:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

где:

- h_f — потеря напора (м);

- f — коэффициент трения;
- L — длина трубопровода (м);
- D — внутренний диаметр трубопровода (м);
- v — скорость потока (м/с);
- g — ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

На практике потери давления в пожарных рукавах могут достигать значительных величин, что ограничивает их эффективность на больших расстояниях.

В условиях тушения пожаров на объектах энергетики, таких как электростанции, нефтеперерабатывающие заводы или хранилища топлива, часто требуется подача воды через длинные рукавные линии. Однако высокие потери давления могут привести к следующим негативным последствиям:

- уменьшение скорости подачи воды к очагу возгорания;
- необходимость использования более мощных насосов, что увеличивает энергозатраты;
- снижение качества тушения за счет недостаточного давления в струе.

Эти проблемы особенно актуальны при работе с большим количеством соединений и поворотов, которые дополнительно увеличивают гидравлические потери.

Полиакриламид (ПАА) представляет собой полимер, обладающий высокой вязкостью и способностью модифицировать свойства жидкостей. При добавлении ПАА в воду образуется гелевая смесь, которая демонстрирует эффект уменьшения трения в трубопроводах. Этот эффект связан с изменением структуры потока: полимерные цепочки ПАА вытягиваются вдоль направления движения жидкости, создавая "скользящий" эффект [3].

Основные преимущества использования ПАА в пожаротушении:

- снижение гидравлического сопротивления: экспериментальные исследования показывают, что добавление даже небольшого количества паа может уменьшить потери давления на 20–30%;

- увеличение дальности подачи воды: благодаря снижению трения удается доставлять воду на более далекие расстояния без необходимости увеличения мощности насосов;

- экономическая эффективность: использование ПАА позволяет снизить затраты на электроэнергию и обслуживание оборудования.

Однако применение ПАА имеет свои ограничения. Например, концентрация полимера должна быть оптимальной, так как чрезмерное количество может вызвать обратный эффект — увеличение вязкости и, соответственно, сопротивления. Кроме того, необходимо учитывать совместимость ПАА с другими веществами, используемыми при тушении пожаров.

Чтобы оценить влияние ПАА на гидравлическое сопротивление пожарных рукавов, были проведены экспериментальные исследования. Методика включала следующие этапы:

1. Подготовка испытательной установки с использованием стандартных пожарных рукавов длиной 100 метров.

2. Измерение потерь давления при различных скоростях потока воды без добавления ПАА.

3. Введение раствора ПАА с концентрацией 50 ppm (частей на миллион) и повторное измерение параметров.

Результаты показали, что добавление ПАА позволило снизить потери давления на 25%. При этом расход воды оставался неизменным, а дальность подачи увеличилась на 15%.

Внедрение технологии с использованием ПАА особенно актуально для энергетических объектов, где требуется высокая эффективность систем пожаротушения. Примерами являются:

- атомные электростанции, где важна надежность систем безопасности;
- ТЭЦ и ГЭС, где расположены большие объемы горючих материалов;
- нефтеперерабатывающие заводы, где риск возникновения пожара повышен [4].

При внедрении данной технологии важно учитывать следующие аспекты:

- обучение персонала правильному использованию ПАА;
- регулярное техническое обслуживание оборудования для приготовления растворов;
- контроль экологической безопасности, так как ПАА должен быть правильно утилизирован после использования.

Использование геля полиакриламида для снижения гидравлического сопротивления пожарных рукавов представляет собой перспективное направление развития технологий пожаротушения. Экспериментальные данные подтверждают эффективность данного метода, позволяющего увеличить дальность подачи воды и повысить общую производительность систем. При этом важно соблюдать рекомендации по концентрации полимера и контролировать процесс его применения.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. Абросимов Ю. Г., Хоанг Зань Бинь Влияние режимных параметров на гидравлическое сопротивление напорных пожарных рукавов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. №2. С. 78-85.
3. Хуснуллин Р. Р., Хамидуллин Р. Ф., Шарифуллин А. В. Эффективность применения поверхностно-активных веществ и полимеров для снижения гидравлического сопротивления в системах оборотного водоснабжения // Вестник Казанского технологического университета. 2007. №4. С. 45-57.
4. Яковлев Д.Г., Поляков С.И. Экономическая эффективность систем оборотного водоснабжения. М.: Химия. 1978. 224 с.

UDC 614.849

REDUCTION OF HYDRAULIC RESISTANCE OF FIRE HOSES USING POLYACRYLAMIDE

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Ilnar II. Khabibullin

student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article discusses the problem of hydraulic resistance of pressure fire hoses, which significantly limits the effectiveness of fire extinguishing systems at energy facilities. The main factors influencing the magnitude of pressure losses in pipelines are analyzed, and the need to find innovative solutions to reduce them is substantiated. Special attention is paid to the use of polyacrylamide (PAA) gel as a means of reducing friction during fluid movement through the sleeves. The practical aspects of implementing the technology in an energy infrastructure environment, including advantages, limitations, and operational requirements, are discussed.

Keywords: hydraulic resistance, pressure hoses, polyacrylamide, fire extinguishing.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.

