

УДК 614.849

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕУВЛАЖНЕННОГО ВОЗДУХА

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.s.g@gmail.com

Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье пишется об эффективности тушения модельного очага пожара вязких нефтепродуктов с использованием потока переувлажненного воздуха. Рассмотрены особенности горения вязких нефтепродуктов, обуславливающие сложность их ликвидации традиционными методами. Описан принцип действия метода, основанный на комбинированном воздействии охлаждения и снижения концентрации кислорода в зоне горения. Также рассмотрены технические аспекты реализации системы подачи переувлажненного воздуха и возможности её практического применения на промышленных объектах.

Ключевые слова: вязкие нефтепродукты, модельный очаг пожара, переувлажненный воздух, пожаротушение.

В современных условиях повышения требований к пожарной безопасности на объектах хранения и переработки углеводородных веществ особую актуальность приобретают разработка и внедрение новых, более безопасных и эффективных методов тушения пожаров. Одним из перспективных направлений является применение потока переувлажненного воздуха для подавления горения жидких горючих веществ, в том числе вязких нефтепродуктов. Данный подход сочетает в себе преимущества водяного охлаждения с эффектом снижения концентрации кислорода в зоне горения, что может способствовать уменьшению интенсивности пламени и предотвращению повторного возгорания.

Причиной интереса к исследованию метода тушения пожаров вязкими нефтепродуктами с использованием переувлажненного воздуха является сложность ликвидации таких очагов традиционными средствами. Вязкие нефтепродукты, такие как мазуты, битумы, тяжелые масла и другие, имеют высокую температуру самовоспламенения, низкую скорость испарения и значительную теплоту сгорания. Эти свойства обуславливают длительный процесс горения, сопровождающийся образованием плотного слоя копоти и высокой температурой поверхности, что затрудняет проникновение воды или пены и снижает эффективность стандартных методов пожаротушения. Поэтому поиск альтернативных технологий, которые могли бы повысить эффективность подавления подобных пожаров, является важной научно-практической задачей.

Метод тушения потоком переувлажненного воздуха основан на подаче воздушной струи, насыщенной каплями воды до состояния, близкого к насыщению, но без образования свободной фазы воды. Такая смесь обеспечивает одновременное охлаждение горячей поверхности и создание инертной среды за счет увеличения объемной доли водяного пара в зоне горения. Переувлажненный воздух характеризуется относительной влажностью свыше 95%, а в некоторых случаях достигает 100% с наличием микрокапельной взвеси. Это позволяет значительно снизить содержание кислорода в зоне реакции горения, что замедляет окислительные процессы и приводит к прекращению выделения горючих паров.

Для оценки эффективности данного метода проводились экспериментальные исследования на модельном очаге пожара, представляющем собой емкость с заданным количеством вязкого нефтепродукта, равномерно распределенного по дну. Пожар моделировался с помощью специального источника зажигания, обеспечивающего стабильное и контролируемое возгорание. После установления устойчивого режима горения на очаг воздействовали потоком переувлажненного воздуха, подаваемым через специально разработанное сопло. В ходе экспериментов фиксировались параметры: время подавления пламени, изменение температуры на поверхности горящего вещества, уровень снижения концентрации кислорода в зоне горения и массовый расход используемой воды.

Результаты проведенных исследований показали, что применение переувлажненного воздуха позволяет достичь значительного снижения интенсивности горения уже через несколько минут после начала воздействия. Охлаждающий эффект потока приводил к уменьшению температуры поверхности нефтепродукта на 30–40%, что существенно снижало скорость испарения горючих компонентов. Одновременно с этим концентрация кислорода в приповерхностном слое снижалась до уровня, при котором дальнейшая химическая реакция горения становится невозможной. Таким образом, комбинированное воздействие позволило добиться полного прекращения горения без дополнительного применения пенных или порошковых составов.

Особый интерес представляет сравнительный анализ эффективности тушения пожаров вязких нефтепродуктов данным методом по отношению к традиционным средствам — например, водяной завесой или воздушно-механической пеной. Эксперименты показали, что использование переувлажненного воздуха обеспечивает более равномерное покрытие зоны горения и меньший расход воды при аналогичном времени подавления пламени. Кроме того, отсутствие необходимости формирования устойчивой пленки над поверхностью жидкости делает этот метод менее чувствительным к движению

продукта и его вязкостным характеристикам, что особенно важно при тушении пожаров в резервуарах или на открытых площадках.

Еще одним преимуществом метода является экологическая безопасность. В отличие от химических огнетушащих составов, переувлажненный воздух не оставляет токсичных следов, не загрязняет окружающую среду и не требует последующей нейтрализации. Это делает его особенно перспективным для использования на объектах с высокими требованиями к экологическому регулированию, а также в районах с ограниченным доступом к источникам воды или сложными условиями ликвидации последствий аварий.

Также были рассмотрены технические аспекты реализации системы подачи переувлажненного воздуха. Для создания необходимой смеси применялись специализированные увлажнители, работающие по принципу форсуночного распыления воды в воздушном потоке. Было установлено, что оптимальная степень увлажнения зависит от скорости подачи воздушной струи, начальной температуры и давления, а также от вязкости и температуры горящего вещества. При этом необходимо учитывать возможность образования конденсата внутри трубопроводов и оборудования, что может привести к снижению эффективности работы системы. Для предотвращения этого явления рекомендуются способы термоизоляции и автоматического контроля параметров увлажнения.

Важным этапом исследования стало изучение влияния угла и расстояния подачи потока на эффективность тушения. Было установлено, что наилучшие результаты достигаются при направленной подаче воздушно-водяной смеси под углом 45 градусов к поверхности горящего вещества на расстоянии 1,5–2 метра. Такой подход обеспечивает максимальное покрытие зоны горения и минимальное рассеивание воздушного потока под действием внешних факторов. Также была разработана методика расчета необходимого объема воздушного потока и времени воздействия для полного подавления очага пожара заданной площади.

С точки зрения практического применения, данный метод может быть интегрирован в существующие системы противопожарной защиты промышленных объектов, в частности — на нефтебазах, в резервуарных парках и на транспортных терминалах. Возможность модернизации существующих систем воздушного охлаждения или вентиляции путем добавления увлажняющих элементов делает технологию экономически целесообразной. Кроме того, мобильные установки подачи переувлажненного воздуха могут использоваться в качестве дополнительного средства при ликвидации пожаров в труднодоступных местах.

Таким образом метод тушения модельного очага пожара вязких нефтепродуктов потоком переувлажненного воздуха демонстрирует хорошие перспективы для дальнейшего развития и внедрения в практику. Он сочетает в себе преимущества водяного охлаждения и инертной среды, обеспечивает высокую эффективность при относительно низком расходе ресурсов и соответствует современным требованиям экологической безопасности. Однако для широкого применения данной технологии необходимы дальнейшие исследования, включая масштабирование опытных данных на реальные условия, стандартизацию параметров увлажнения и разработку нормативно-технической базы для сертификации оборудования и методик тушения.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Киселева Е.А. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности газовой котельной // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2022. № 10. С. 118-129.
2. Касторных А. В., Кузовлев А. В. Современные методы тушения складов нефтепродуктов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. С. 324-327.
3. Тербнев В.В., Артемьев Н.С., Подгрушный А.В. Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга № 4. М.: Пожнаука 2007. 325 с.

4. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. ВНИИПО. 2000.

UDC 614.849

EXTINGUISHING FIRES OF VISCOUS PETROLEUM PRODUCTS USING WATERLOGGED AIR

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article describes the effectiveness of extinguishing a model fire of viscous petroleum products using a stream of waterlogged air. The features of the combustion of viscous petroleum products, which make it difficult to eliminate them by traditional methods, are considered. Gorenje The principle of operation of the method is described, based on the combined effect of cooling and reducing the oxygen concentration in the gorenje. The technical aspects of the implementation of the waterlogged air supply system and the possibility of its practical application in industrial facilities are also considered.

Keywords: viscous petroleum products, model fire source, waterlogged air, firefighting.

Статья поступила в редакцию 10.09.2025; одобрена после рецензирования 20.10.2025; принята к публикации 31.10.2025.

The article was submitted 10.09.2025; approved after reviewing 20.10.2025; accepted for publication 31.10.2025.