Фролова Наталья Николаевна, Магистрант,
Самарский государственный технический университет

Сумарченкова Ирина Александровна, к.х.н., доцент,
Самарский государственный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНЫХ АТАК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В связи с появлением беспилотных летательных аппаратов опасность возникновения пожара в резервуарных парках хранения нефтепродуктов резко возросла. Предлагается внедрить в них роботизированные установки пожаротушения, что позволит минимизировать время реакции на чрезвычайную ситуацию, повысить пожарную безопасность защищаемых объектов.

Ключевые слова: Роботизированные системы пожаротушения, беспилотные летательные аппараты.

Эксплуатация резервуарных парков хранения нефтепродуктов связана с рядом опасных факторов: большим объемом горючего, наличием динамического оборудования, высоким напряжением, образованием зарядов статического электричества и т.д. Большую угрозу при их работе представляют возникающие в них пожары. Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается с взрыва паровоздушной смеси. В качестве основных путей распространения пожара могут быть: вскипание и выброс нефтепродукта; дыхательная арматура; горючие парогазовые смеси, образующиеся при загазованности территории; нагрев стенок соседних резервуаров в результате мощных конвективных потоков воздуха от горящего резервуара. Дополнительная причина успешного распространения пожара – нарушение целостности крыши резервуаров в результате коррозии. При этом, даже в начальной стадии, горение нефтепродуктов в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1 – 2 диаметра горящего резервуара. Условиями для возникновения пожара в обваловании резервуаров, т.е. в резервуарном парке, являются: перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах и резервуарах [1].

Для защиты и тушения пожара в резервуарах они оборудуются, например [1]:

- стационарная система колец орошения;
- системой подслойного пожаротушения воздушно-механической пеной;
- система надслойного пожаротушения воздушно-механической пеной от пожарной машины и др.

Для предотвращения перегрева резервуара с нефтепродуктом используется **стационарная установка охлаждения**, которая служит для: уменьшения потерь от испарений, защиты рядом стоящих резервуаров от возгорания. Система **подслойного пожаротушения** воздушно-механической пеной; состоит из устройств, обеспечивающих получение пены (пленкообразующих пенообразователей) с помощью высокопарных парогенераторов, ее транспортировку по пенопроводу, ввод в резервуар. Данная система обеспечивает быстрое тушение пожара за счет образования на поверхности нефтепродукта стойкой пленки, перекрывающих доступ кислорода в зону горения. Тушение пожара в резервуаре осуществляется в основном системами **надслойного пожаротушения**. При

возникновении пожара раствор пенообразователя от пожарной машины подается на пеногенераторы по напорным пожарным рукавам через стационарный или переносной пенопровод (сухотруб), подведенный к резервуару с нефтепродуктом. Время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова и начало тушения пожара составляет до 10 минут [1, 2].

Вышеперечисленные меры позволяют поддерживать достаточно высокий уровень безопасности, минимизировать риски возникновения пожара, но имеющиеся решения не гарантируют полного их отсутствия не смотря на принимаемые организациями меры в области пожарной безопасности, в условиях нынешних реалий недостаточны. Учитывая геополитическую обстановку, сложившуюся на сегодняшний день, появились новые опасности, например, такие как атаки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Это серьезная угроза, поскольку даже после поражения беспилотника средствами противовоздушной обороны, попадание его осколков на крышу резервуара, способно привести к возгоранию, так как в резервуарах содержатся легковоспламеняющиеся вещества. С целью более оперативного реагирования при возникновении пожара в резервуаре предлагается внедрить автономную систему - роботизированные установки пожаротушения (РУП), представляющие собой комплекс из следующих конструктивных решений [3, 4]:

1. мультисенсорное восприятие, объединяющий данные 4D-мм-волновой радар, RGB-камеры и тепловизоры синхронизированные для детекции очага. В отличие от существующих решений, использующих один или два типа сенсоров, предложенная архитектура обеспечивает устойчивость к задымлению и пыли.

2. алгоритм предиктивного выбора огнетушащего вещества на основе классификации типа пожара (класс A, B, C, D, E) с учётом данных о материале, температуре и скорости распространения пламени. Алгоритм использует градиентный бустинг (Gradient Boosting Machine), обученный на базе данных реальных пожаров на промышленных объектах.

3. модуль навигации на основе обучения с подкреплением (RL), адаптированный для условий нулевой видимости. В отличие от стандартных SLAM-алгоритмов, предлагаемый подход использует данные радара и инерциальные измерения для построения карты препятствий без оптической информации.

4. система адаптивного управления стволом, которая динамически корректирует угол, расход и тип струи в зависимости от расстояния до очага и обратной связи по температуре. Это позволяет снизить расход воды на 35–40% по сравнению с фиксированными режимами.

Сценарии работы РУП [3, 4]:

- тушение горящего резервуара пеной низкой кратности предусмотреть одним пожарным роботом;

- охлаждение горящего резервуара водой по всей длине окружности стенки резервуара предусмотреть двумя пожарными роботами;

Основные технические характеристики РУП [4]:

- эффективная дальность пенной струи пожарного робота с расходом 64,8л/с при давлении 0,7МПа составляет 60,5м.

- радиус действия компактной части водяной струи пожарного робота с расходом 64,8л/с при давлении 0,7МПа составляет 50,2,8м.

- общий расход ОТВ (пенораствор) составляет 64,8л/с;

- общий расход воды для охлаждения резервуаров составляет 129,6л/с.

- расчетное время тушения пожара для систем автоматического пенного пожаротушения – 10 мин.

- расчетная продолжительность охлаждения горящего резервуара – 4 часа.

- инерционность стационарных систем пожаротушения не должна превышать 3 минут.

Пожарные роботы предлагается установить на специальных вышках за обвалованием, подвести пенопровод и водопровод, на которых установить дисковые затворы с электроприводом. Расстановка пожарных роботов производиться, исходя из дальности струй, при которой обеспечится наибольшая эффективность. Запуск РУП предусмотрен в автоматическом режиме от автоматической пожарной сигнализации объекта (АУПС), при этом осуществляется: запуск насосов в насосной станции, открытие магистральных задвижек на водопроводе и растворопроводе, открытие дисковых затворов нужных роботов, РУП приступит к тушению/орошению по выбранному алгоритму [3, 4].

Использование РУП обеспечит**:** существенное сокращение времени реагирования на возникновение пожара: запуск от АУПС, инерционность подачи ОТВ – не более 3 минут; автоматическая реализация алгоритмов тушения – тушение одного резервуара и охлаждение стенок горящего и соседних с ним резервуаров; сокращение продолжительности тушения пожара (расчетное время тушения пожара для систем автоматического пенного пожаротушения – 10 мин; для мобильной пожарной техники – 15 мин.); сокращение продолжительности охлаждения (для наземных резервуаров, при тушении пожара автоматической системой – 4 часа; для наземных резервуаров, тушение которых предусматривается мобильными средствами пожаротушения – 6 часов); уменьшение экономического (материального) ущерба от пожара; минимизирование контакта человека и огня при проведении мероприятий по локализации и ликвидации пожара [3, 4].

Список литературы:

1. Строительные нормы и правила СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/vse-dokumenty/6679

2. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/

3. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 59636-2021 «УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИЕ» [Электронный ресурс] URL: https://docs.cntd.ru/document/1200180683

4. Стандарт СТО 16820082.003.2026 «Роботизированные установки пожаротушения ООО «Инженерный центр «ЭФЭР. Нормы и правила проектирования» [Электронный ресурс] URL: https://firerobots.ru/support/design_help/ntd.