

4. Chai T., Jia Y., Li H., Wang H. An intelligent switching control for a mixed separation thickener process // Control Engineering Practice, Volume 57, 2016, Pages 61-71, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2016.07.007>.

5. Munoz A., Hedengren S., Hedengren J. D. Transfer Learning for Thickener Control // Processes, 2025, 13, № 1: p. 223. <https://doi.org/10.3390/pr13010223>

УДК 614.84

М.В. Остапова

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Санкт-Петербург, Россия

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА.

***Аннотация.** В статье рассматривается возможность применения беспилотных воздушных судов для тушения пожаров на объектах нефтегазового комплекса. Обоснована необходимость внедрения в структуру противопожарной защиты и предложен вариант их использования для обеспечения оперативной подачи огнетушащего состава на высотные установки.*

M. Ostapova

St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
St. Petersburg, Russia

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN FIRE SUPPRESSION AT OIL AND GAS FACILITIES

***Abstract.** The article examines the potential use of unmanned aerial vehicles for firefighting at oil and gas industry facilities. The necessity of integrating these aviation systems into the firefighting protection structure is justified, and an option for their application to ensure rapid delivery of extinguishing agents to high-rise technological installations is proposed.*

Пожары на объектах нефтегазового комплекса представляют собой один из наиболее опасных видов чрезвычайных ситуаций вследствие высокой тепловой мощности горения, сложности архитектурных решений технологических установок и риска

вторичных взрывов. Нефтеперерабатывающие заводы и нефтехимические предприятия функционируют в условиях обращений с легковоспламеняющимися жидкостями, высокотемпературными продуктами переработки, а также происходит эксплуатация оборудования под избыточным давлением, что обуславливает повышенную пожаро- и взрывоопасность производственной среды. [1]

Сложность тушения пожаров на объектах нефтегазовой промышленности обусловлена специфическими характеристиками горения углеводородного сырья, высокими тепловыми потоками, интенсивным распространением пламени, образованием токсичных продуктов горения и термического разложения, а также длительным характером течения аварий.

Высотные технологические установки нефтегазового комплекса, такие как ректификационные колонны, представляют значительные сложности для проведения пожаротушения, поскольку их конструктивные высоты, выходят за пределы эффективной зоны действия наземных средств подачи огнетушащих веществ, а интенсивное тепловое излучение, разрушение теплоизоляционных слоёв и высокая плотность технологических коммуникаций дополнительно ограничивают применение ручных стволов и специальной техники.

Существующие средства подачи огнетушащих веществ не позволяют обеспечить требуемый напор и интенсивность на высотах, регламентируемых требованиями охлаждения технологических конструкций, что обуславливает необходимость разработки альтернативных технологических решений. В таких условиях возрастает риск для личного состава, а эффективность средств может быть ограничена недоступностью зон горения, разрушением инфраструктуры, интенсивным тепловым воздействием и необходимостью одновременной работы по нескольким очагам.

Повышение эффективности в обеспечении безопасности в целях снижения ущерба и минимизации последствий аварий возможно за счет решения задач по цифровой модернизации, разработки и внедрения новых инновационных технологий, позволяющие повысить эффективность системы обеспечения безопасности на различных уровнях на потенциально опасных объектах нефтегазовой отрасли. [2]

Совокупность конструктивных ограничений высотных технологических установок, превышение ими возможностей наземных средств подачи огнетушащих веществ, воздействие критических тепловых потоков, недоступность зон горения и требования нормативных документов по исключению личного состава из опасных

зон формируют объективную потребность в применении дистанционных средств пожаротушения. В этих условиях беспилотные воздушные суда (БВС), оснащённые противопожарным оборудованием, являются необходимым средством оперативной доставки огнетушащих веществ в труднодоступные зоны высотных объектов нефтегазового комплекса.

Указанные факторы определяют необходимость поиска инновационных средств пожаротушения, способных обеспечить оперативное реагирование, высокую манёвренность и безопасность выполнения задач в условиях сложной техногенной обстановки.

В условиях усложнения производственной инфраструктуры внедрение БВС соответствует тенденциям цифровизации промышленной безопасности и развитию киберфизических систем нового поколения.

В настоящее время беспилотные воздушные суда применяются в системе пожарной безопасности преимущественно в качестве средств оперативного мониторинга, разведки обстановки и тепловизионного контроля. Однако анализ современных нормативных документов и требований к беспилотным авиационным системам демонстрирует устойчивую тенденцию к расширению их функциональных возможностей в направлении активного участия в процессах пожаротушения. В действующих нормативных требованиях указывается, что беспилотные авиационные системы могут применяться не только для мониторинга обстановки, но и для выполнения задач пожаротушения. Технические требования задают критерии, напрямую влияющие на возможность применения беспилотных воздушных судов в условиях пожаров нефтегазового комплекса. БВС должны обеспечивать удержание положения в автоматическом режиме, устойчивость управления, точное определение координат и работу в условиях воздействия агрессивных факторов. Эти характеристики критически важны для выполнения задач на высоте в зоне интенсивного теплового излучения, характерной для верхних ярусов ректификационных колонн. Дополнительно установлены требования к полезной нагрузке, предусматривая наличие средств автоматического распознавания очага, тепловизионной съёмки и анализа тепловых аномалий. Данные возможности обеспечивают БВС способность выявлять зоны локального разрушения теплоизоляции, определять участки повышенных температур и осуществлять адресную подачу огнетушащего вещества на критические участки технологического оборудования. [3]

Исходя из формирования нормативной, технической и эксплуатационной основы, подтверждающей инженерную целесообразность и практическую реализуемость применения беспилотных воздушных судов в качестве средств активного пожаротушения, включая тушение и охлаждение высотного технологического оборудования нефтегазового комплекса можно сделать вывод о рассмотрении возможности применения БВС в качестве средства доставки огнетушащих веществ, выводя данную технологию за рамки вспомогательных функций и формируя основу для её интеграции в систему активного тушения высотных технологических объектов.

Дальнейшее развитие данного направления требует совершенствования вычислительных моделей аэродинамики, рассмотрения вопроса увеличения грузоподъемности БВС, оптимизации автономных систем управления, стандартизации противопожарного оборудования и интеграции беспилотных платформ в эффективные комплексы пожаротушения, что закладывает основу для формирования высокотехнологичных роботизированных систем, способных обеспечить новый уровень безопасности и устойчивости нефтегазовой инфраструктуры.

Список использованных источников

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 25.12.2023): Федер. закон РФ от 22.07.2008 №123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одоб. Сов. Федерации 11.07.2008 //Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (ч. I), ст. 3579.

2. Давиденко, А.С. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при расследовании пожаров на объектах нефтегазового комплекса / Давиденко А.С., Шарапов С.В., Калач А.В., Мартинович Н.В // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2021, №4.-С.97-103.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2021/v4/N23_97-103.

3. ГОСТ Р 70802-2023. Беспилотные авиационные системы для обеспечения пожаротушения, аварийно-спасательных и других работ, выполняемых в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2023.