УДК 614.84:665.63:004.8

Назарова Оксана Витальевна, магистр
(ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа)
Бакиров Ирек Климович, доцент, к.т.н
(ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа)
Nazarova Oksana Vitalievna, Master's degree
(FSBEI HE USPTU, Ufa)
Bakirov Irek Klimovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
(FSBEI HE USPTU, Ufa)

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ
THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OIL REFINERY PLANTS

Аннотация. Данная статья посвящена возможностям применения беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта с целью усовершенствования традиционной системы противопожарной защиты.Предложена интегрированная система противопожарной защиты на НПЗ, состоящая из четырех взаимосвязанных уровней.

Abstract. This article is devoted to the possibilities of using unmanned aerial vehicles and artificial intelligence to improve the traditional fire protection system. An integrated fire protection system for oil refineries, consisting of four interconnected levels, is proposed.

Нефтеперерабатывающие заводы (далее – НПЗ) входят в число одних самых опасных объектов на территории Российской Федерации. Это обусловлено целым комплексом факторов, к которым относятся взрыво- и пожароопасность, высокие температуры и давления в установках, характер и количество опасных веществ и другие. На ограниченной территории нефтегазового комплекса размещены промышленные оборудования, функционирующие под высоким давлением и при повышенных температурах, компрессорные и насосные станции, сливо-наливные эстакады, ректификационные и перегонные колонны, резервуарные парки с легковоспламеняющейся жидкостью и другие объекты.

При разгерметизации вышеперечисленного оборудования происходит образование облака паров углеводородов, в результате чего происходит воспламенение. Тепловое воздействие оказывает влияние на установки, и происходит каскадное развитие аварии, которые, в свою очередь, приводят к пожару и разрушительным последствиям. Последствиями являются

материальный ущерб предприятия, перебои в работе оборудований, экологическое риски,вред для здоровья людей или летальный исход.

Кроме того, в последнее время учащаются случаи с возникновением пожара в результате прилета беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) на отечественные НПЗ. В связи с этим появилось потребность в изменение требований к системе противопожарной защиты. Здесь подразумевается, что очаг возгорания может произойти в любой точки и вне зоны стационарного извещателя, а время на принятие решений идёт на секунды.

Повысить уровень пожарной безопасности на таких предприятиях можно, используя БПЛА, на которых установлены газоанализаторы и тепловизоры, а также за счет искусственного интеллекта (далее – ИИ), которые помогают обрабатывать поток данных с датчиков и видеопотоки. Эти направления получают и государственную поддержку, так как на законодательном уровне уже приняты Национальные стратегии развития искусственного интеллекта за период до 2030 года и Стратегии развития беспилотной авиации [1–2].

Целью данной научной работы является обоснование четырехуровневой структуры системы противопожарной защиты НПЗ в сочетании с применением современных средств БПЛА и ИИ.

Недостатки, присущие традиционным системам пожаротушения

Согласно действующей нормативной документации, взрывопожароопасные производства должны быть оснащены установками пожарной сигнализации, средствами контроля довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров и системами противоаварийной автоматической защиты [3–4].

Во-первых, основной недостаток в пожарных извещателях проявляется в том, что они контролируют лишь заданную спроектированную зону, именно поэтому некоторые пространства, такие как кровли резервуара или между установками, чаще всего перекрываются неравномерно [5]. Во-вторых, видеонаблюдение зависит от нескольких факторов, к которым относятся: освещенность, задымление, человеческий фактор.

В-третьих, стационарные газоанализаторы определяют превышение концентрации веществ лишь в точке его установке.

Сравнительные характеристики средств обнаружения очагов пожаров на НПЗ по параметрам диапазона контроля, скорости выявления и недостаткам приведена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика средств обнаружения очагов пожаров на НПЗ

Table 1. Comparative analysis of fire detection systems at oil refineries

Средство обнаружения	Диапазон контроля	Скорость выявления	Недостатки
Пожарный	Заданная	Высокая	Распространяется

извещатель	спроектированная зона установки или помещения		лишь на спроектированную зону, не охватывая узкие места
Стационарный газоанализатор	Место установки датчика	Высокая	Локальная зона действия
Видеонаблюдение с оператором	Зона, попадающая в обзор камеры	Зависит от скорости реакции оператора	Человеческий фактор
Видеонаблюдение с ИИ	Зона, попадающая в обзор камеры	Высокая	Ложные фиксации
БПЛА	Маршрут полета	Определяется по времени вылету и полета	Непродолжительный период полета, погодные условия

Проанализировав таблицу 1, можно заключить, что ни один из указанных средств не отвечают полностью требованиям, указанные в таблице. Но их следует усовершенствовать, используя мобильные и интеллектуальные средства.

Способы применения БПЛА на нефтеперарабатывающих комплексах

Существует три варианта использования БПЛА, они различаются по целям и параметрам, которые определяют готовность устройства к использованию.

Первый вариант работы заключается в регулярном облете по заданному маршруту и плану. Предполагается, что аппарат во время облета территории анализирует состояние технологического оборудования на наличие тепловых утечек, перегрева и даже на ранние очаги возгорания. При оснащении БПЛА лазерным газоанализатором можно добиться того, что он на уровне 20-50 м начнет фиксировать утечку легких углеводородов, не дожидаясь сигнала сработки от автоматического датчика.

Второй вариант - это вылет БПЛА по сигналу тревоги. Аппарат в тепловом режиме вплоть до 5 минут осматривает установки или конкретную точку и передает оператором мгновенную фотофиксацию из двух видов каналов: обычного и теплового. Благодаря такой съемке можно быстро обнаружить настоящий очаг или ложную тревогу.

Третий вариант подразумевает помощь в тушение пожара. При возникновении такого случая аппарат становится воздушным наблюдателем [6]. Он помогает определить границы возгорания, замечает новые очаги, выделяет объекты с опасной концентраций горючих веществ.

Чтобы внедрить дроны в повседневную деятельность предприятия, необходимо его правильно разместить. Аппарат необходимо установить в защищенной станции, где он сможет автоматически заряжаться. Кроме того, станция должна располагаться во вневзрывоопасной зоне. Если

соблюдать данные требования, то БПЛА сможет безошибочно в штатном режиме выполнять свои функции.

При облете, следуя заданному маршруту, от дрона поступает большой объем информации, с которым оператору сложно справляться, так как он подлежит детальному анализу. Поэтому в такой системе начинают подключать алгоритмы ИИ. Выделяют три основных направления его применения.

Начнем с того, что одним из главных способов использования ИИ является распознавание дыма и очагов возгораний по изображению. Нейронные сети, относящиеся к детектору семейству YOLO, обладают свойством обнаружения объектов в кадре в режиме реального времени [7]. Если обучить их на специальных карточках, где будут изображены пламя и очаги пожаров, то можно достичь высокой точности на встроенных вычислительных устройствах. На заводах необходимо совместно использовать видимый и тепловой канал, так как появляющиеся блики от металла на факельных установок чаще всего принимается за ложную сработку. Совместный анализ помогает исключить такие ошибки.

Далее одно из направлений применения ИИ предполагает обнаружение отклонений от стандартных технологических показателей. Получаемые данные от автоматизированной системы управления технологическим процессом (далее – АСУ ТП), например, температура, давление, расходы, уровни и вибрации, в большинстве случаев содержат первые признаки аварийной ситуации. Модели машинного обучения после настройки на данные по штатной работе устройства могут зафиксировать нестандартное сочетание параметров еще до того момента, как один их них переходит в предаварийное состояние [8].

Перейдем к следующему методу, а именно поддержка при принятии решений. Если объединить следующие факторы: скорость ветра и его направление, задымление, координаты очагов, количество взрывопожароопасных веществ, расположение оборудований и установок относительно друг друга, то можно предложить сценарий распространения паров облаков пара и теплового потока [9–10]. После совершения анализа предлагаются варианты расстановки сил и средств. В этом случае ИИ является инструментом помощи; окончательное решение остается за руководящим составом.

Интегрированная система противопожарной защиты на НПЗ

Автором статьи предлагается интегрированная система противопожарной защиты на НПЗ, состоящая из четырех уровней, указанная на рисунке 1.

На первом уровне находятся источники данных, к ним относятся пожарные извещатели и газоанализаторы, видеокамеры, датчики АСУ ТП и БПЛА.

Второй уровень – граничные вычисления. Здесь видеопоток обрабатывается прямо в самом дроне и на серверах, которые располагаются рядом с камерами во избежание перегрузки количеством данных и для более быстрой работы системы.

Третий уровень – это использование ИИ-платформы. Она объединяет разнородную информацию, проверяет достоверность тревоги и оценивает последующие сценарии развития аварийных ситуаций.

На четвертом уровне рассматривается управление и реагирование, в частности автоматическое рабочее место диспетчера и руководителя тушения.

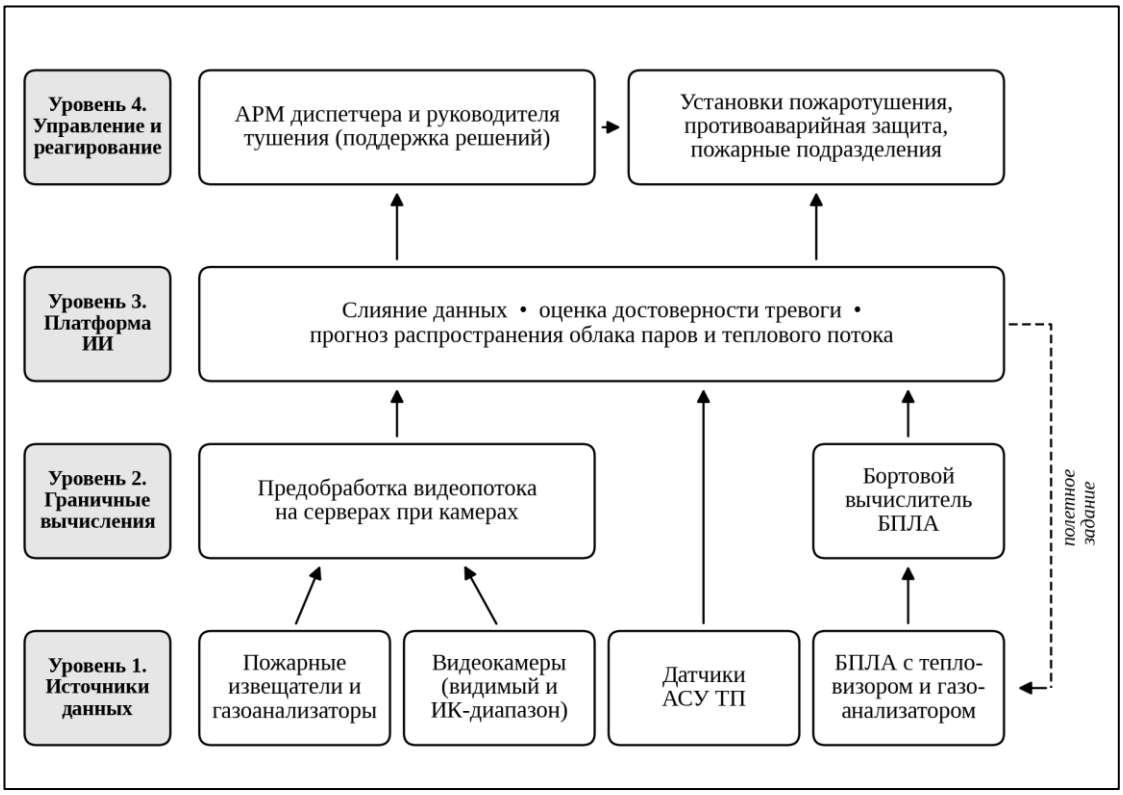

Рисунок 1. Схема интегрированной системы противопожарной защиты НПЗ

Главной особенностью рассматриваемой схемы является взаимосвязь между уровнями системы. Если ИИ-платформа выдаст тревогу, опираясь при этом на данные стационарной камеры или газового анализатора, то она автоматически создает задание с планом вылета для БПЛА. После совершения дроном облета собранные данные помогут оперативно определить координаты и характер происшествия.

Таким образом, при внедрении данного подхода можно эффективно обрабатывать и исключать ложные сработки, которые в действительно аварийной ситуации могут вызывать привыкание к таким ситуациям и, как результат, замедлить реакцию персонала.

Заключение

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что традиционная система противопожарной защиты несовершенна. Она имеет ряд ограничений в виде неполного покрытия территории и замедленной реакции на тревогу. Это говорит о том, что необходимо дополнять действующую систему перспективными направлениями применением БПЛА и алгоритмы ИИ, которые включают распознавание очагов пожаров и задымлений, ложные сработки, выявление отклонений значений от нормальных показателей и информационная поддержка руководящего состава в принятии решений.

Основным результатом данной научной статьи является предложенная автором взаимосвязанная четырехуровневая схема, которая дает понимание о том, какие инструменты и как можно внедрить на НПЗ.

Таким образом, внедрение на заводах современных инструментов является перспективным направлением совершенствования противопожарной системы защиты. Предложенный подход подразумевает не замену уже существующей традиционной системы, а расширение ее функций за счет современных методов анализа и обработки информации. Также необходимо учитывать, что перед тем как реализовать расширенный функционал в систему существующего завода, необходимо оценить, насколько это будет рационально с точки зрения технического обеспечения, экономических рисков и финансовых возможностей предприятия.

Список литературы

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024). URL: https://base.garant.ru/72838946/ (дата обращения: 26.10.2026).

2. Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации : распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 № 1630-р. URL: https://base.garant.ru/407103744/ (дата обращения: 26.10.2026).

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (действующая редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 26.10.2026).

4. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования : с Изменением № 1. URL: https://protect.gost.ru/TrList/84 (дата обращения: 26.10.2026).

5. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и

нефтеперерабатывающих производств» : приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 (ред. от 03.03.2026). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372396/ (дата обращения: 26.10.2026).

6. Yuan C., Zhang Y., Liu Z. A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques // Canadian Journal of Forest Research. 2015. Vol. 45, No. 7. Pp. 783–792.

7. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. Pp. 779–788.

8. Muhammad K., Ahmad J., Mehmood I., Rho S., Baik S.W. Convolutional Neural Networks Based Fire Detection in Surveillance Videos // IEEE Access. 2018. Vol. 6. Pp. 18174–18183.

9. Воздушный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 25.05.2026). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_13744/ (дата обращения: 26.10.2026).

10. Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 11.03.2010 № 138 (ред. от 29.09.2026). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/ (дата обращения: 26.10.2026).