

Комплексный анализ пожаротушающих беспилотных воздушных судов (БВС)

Аннотация.....	4
Список сокращений и условных обозначений	5
Введение	7
1. Обзор мирового опыта применения БАС в пожаротушении	10
1. Европейский опыт	10
2. Североамериканский опыт	17
3. Южноамериканский и Латиноамериканский опыт	21
4. Азиатский опыт	23
5. Африканский опыт	29
6. Опыт Ближнего Востока.....	33
2. Кейс-стади: Применение БАС в пожаротушении высотных зданий	38
Кейс-стади 1: Шэньчжэнь (Китай) — Лидер тяжелых огнетушащих систем	38
Кейс-стади 2: Сеул (Южная Корея) — Роевые технологии и коллективная координация.....	42
Кейс-стади 3: Абу-Даби (ОАЭ) — Пионер реактивных автономных БАС	46
3. Матрица «Преимущества и Риски» применения БАС в пожаротушении высотных зданий.....	51
4. Оценка российского контекста (статистика, трудности, барьеры)	56
4.1 Статистический анализ и оценка рисков пожаров в высотных зданиях	56
4.2. Статистика пожаров в высотных зданиях, РФ (2019-2024 гг.).....	58
4.3 Коэффициент риска и ущерба возникновения пожара.....	60
4.4 Трудности, с которыми сталкиваются пожарные расчеты при работе на высоте.	62
4.5 Барьеры, препятствующие внедрению БАС в деятельность МЧС	65
5. Сценарий применения пожарных БАС при тушении высотных зданий	67
6. Существующие решения.....	70
7. Оценка рыночного потенциала ниши БАС в РФ (сценарное моделирование)	75

7.1 Пожаротушащий комплекс БАС	76
7.2 Сравнение с пожарными автолестницами	77
7.3 Оценка потенциала ниши пожаротушащих комплексов БАС для МЧС РФ ...	78
Введение и методология	78
2. Гипотезы исследования	79
3. Анализ емкости и скорости освоения ниши	80
4. Сценарное моделирование: Анализ достижения насыщения	80
8. Заключение	82
9. Глоссарий	84
10. Список использованных источников	86

Аннотация

В настоящем отчёте представлен комплексный анализ мирового опыта применения беспилотных воздушных судов (БВС) в тушении пожаров, с акцентом на высотные здания. Цель исследования — систематизировать передовые практики, оценить технологическую зрелость и тактическую эффективность БАС, выявить барьеры внедрения, оценить перспективы и возможные объёмы их использования в РФ.

Анализ охватывает опыт 20+ мегаполисов по шести регионам: Европа, Северная и Южная Америка, Азия, Африка и Ближний Восток. Установлено, что в Европе и Северной Америке БВС используются преимущественно в разведывательной роли: тепловизионная оценка очагов, мониторинг распространения огня, поддержка координации наземных сил. Огнетушащие функции (подача воды/пены) в этих регионах пока находятся на стадии пилотных проектов и не сертифицированы для штатного применения.

В то же время Азия и Ближний Восток демонстрируют качественный скачок: в Китае (Шэньчжэнь), Южной Корее (Сеул) и ОАЭ (Абу-Даби) активно внедряются тяжёлые огнетушащие БВС с грузоподъёмностью до 150 кг, кабельным питанием (tethered-системы), роевым ИИ и реактивной тягой (проект Suhail). В учениях зафиксировано сокращение времени первой подачи огнетушащего вещества с 9–12 мин (автолестницы) до 2–4 мин, а также снижение расхода воды на 25–30% за счёт точечной подачи огнетушащих веществ.

Проведён SWOT-анализ, подтвердивший высокий потенциал БАС:

— Преимущества: сокращение времени реагирования, повышение безопасности личного состава, работа в зонах, недоступных для наземной техники (до 1000 м).

— Риски: ограничения по грузоподъёмности, погодная зависимость, угрозы потери управления и падения БВС в городской среде.

Для российского контекста приведена статистика пожаров (2019–2024 гг.). Несмотря на общий спад числа возгораний, в сегменте высотных зданий (10+ этажей) **растёт** коэффициент тяжести последствий — в 2024 г.

Определены барьеры внедрения в МЧС:

- нормативно-правовые (отсутствие специализированного регулирования для БАС),
- технологические (реактивная сила струи, максимальная взлетная масса),
- кадровые и экономические (дефицит операторов, высокая стоимость комплекса \approx 16,3 млн руб.).

Рассмотрены российские разработки: комплексы «Грузовик М500/М700» и «Муравей» («Лаборатория будущего»), КВВ-1 (КРЭТ), прошедшие успешные испытания в Екатеринбурге в 2025 г.

На основе сценарного моделирования оценена ёмкость рынка для 14 городов-миллионников:

- Потенциал — 1112 комплексов БАС (\approx 27,8 млрд руб.),
- при среднегодовом темпе внедрения 30,1% (реалистичный сценарий) — насыщение ниши за 15 лет.

Вывод: БАС — трансформационная технология для высотного пожаротушения, гибридное усиление, закрывающее тактические разрывы.

Список сокращений и условных обозначений

Сокращение	Расшифровка	Комментарий
БАС	Беспилотные Авиационные Системы	Общий термин: включает БВС, наземные станции, средства управления и связи
БВС	Беспилотные Воздушные Средства	Летательный аппарат (дрон, квадрокоптер и др.) как компонент БАС
ТТХ	Тактико-технические характеристики	Параметры: время полёта, грузоподъёмность, высота, разрешение камер и др.
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight	Полёты за пределами визуальной видимости пилота; требуют спецразрешений

LiDAR	Light Detection and Ranging	Лазерное сканирование для 3D-картографии, навигации в GPS-denied условиях
GPS-denied	Отсутствие сигнала GPS	Условия плотной городской застройки; требуют альтернативной навигации
Tethered-БАС	Привязные БАС	Дроны с кабелем для питания и/или подачи ОТВ; обеспечивают неограниченное время полёта
СИЗОД	Средства индивидуальной защиты органов дыхания	Используются пожарными в ходе тушения
ОТВ / ОВ	Огнетушащие вещества / Огнетушащие вещества	Вода, пена, порошок, ингибиторы
POI	Return on Investment	Окупаемость инвестиций; рассчитывается через снижение ущерба
CAGR	Compound Annual Growth Rate	Среднегодовой темп роста (например, рынка БАС)
NFPA	National Fire Protection Association	Американская ассоциация по пожарной безопасности; разрабатывает стандарты
ISO	International Organization for Standardization	Международная организация по стандартизации
IoT	Internet of Things	Интернет вещей — сеть датчиков, способных автоматически инициировать запуск БАС
UAS	Unmanned Aircraft System	Англоязычный аналог БАС
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Англоязычный аналог БВС

Введение

Рост числа высотных зданий в крупных городах РФ и мире создаёт новые вызовы для пожарно-спасательных служб. На 1 января 2025 г. в 14 городах-миллионниках России эксплуатируется более 10 000 зданий высотой 20 и более этажей, из них более 1 800 — выше 25 этажей. При этом, несмотря на общий спад количества пожаров, в сегменте высотных объектов наблюдается **рост тяжести последствий**. Это свидетельствует о системных ограничениях традиционных средств тушения — лестничных пожарных автомобилей (макс. высота работы — 55–101 м), внутренних противопожарных систем (часто неисправны) и физических возможностей личного состава (энергозатратный подъём оборудования на высоту).

Одновременно в мире ускоренно развивается технология беспилотных авиационных систем (БАС), демонстрирующая на практике революционное сокращение времени первой подачи огнетушащего вещества (с 9–12 до 2–4 мин), повышение безопасности персонала и работу в «слепой зоне» между автолестницами и вертолётами (высота 100–300 м и выше). Внедрение БАС перестаёт быть экспериментом и переходит в стадию штатного применения — особенно в Азии (Шэньчжэнь, Сеул) и на Ближнем Востоке (Абу-Даби).

Проблема

В Российской Федерации БАС слабо интегрированы в тактику тушения высотных пожаров и используются только для разведки и мониторинга. Основными барьерами являются:

- отсутствие профильного нормативного регулирования для БАС в госавиации (регулирование по аналогии с пилотируемой авиацией — избыточно);
- технологические сложности (реактивная сила струи, масса БВС, устойчивость в городской среде);
- отсутствие практики совместного применения БВС и традиционных средств тушения;

- экономическая неопределённость (сравнимость стоимости комплекса БАС и автолестницы).

Без системного анализа мирового опыта, оценки рисков и разработки адаптированной под российские условия стратегии внедрения существует риск технологического отставания и, как следствие — роста потерь при высотных пожарах.

Цель и задачи

Цель исследования— оценить потенциал ниши и разработать рекомендации по внедрению пожаротушащих БАС в деятельность МЧС России на основе комплексного анализа мирового опыта и оценки национальной специфики.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Систематизировать мировой опыт применения БАС в пожаротушении по 6 регионам (Европа, Северная и Южная Америка, Азия, Африка, Ближний Восток).
2. Провести сравнительный анализ эффективности, безопасности, стоимости и времени развёртывания БАС против традиционных средств.
3. Оценить риски и барьеры внедрения в российскую практику (нормативно-правовые, технологические, кадровые, экономические).
4. Проанализировать отечественные разработки («Грузовик М500/М700», «Муравей», КВВ-1) и результаты их испытаний.
5. Рассчитать ёмкость ниши и сценарии освоения ниши пожаротушащих БАС для 14 городов-миллионников РФ.

Методология

В работе использован комплекс методов:

- Сравнительный анализ— сопоставление тактических сценариев, ТТХ, временных и стоимостных показателей по 20+ мегаполисам.

- Кейс-стади— углублённое изучение трёх лидирующих моделей внедрения: Шэньчжэнь (тяжёлые привязные БАС), Сеул (роевые технологии), Абу-Даби (реактивные автономные БАС).
- SWOT-анализ— структурированная оценка сильных/слабых сторон, возможностей и угроз.
- Метод интервью — проведено 21 глубинное интервью с экспертами в области пожарной безопасности и беспилотных технологий.
- Статистический и коэффициентный анализ— расчёт ключевых индикаторов риска и ущерба для высотных пожаров в РФ (КРВП, КТП).
- Сценарное моделирование— прогноз освоения ниши БАС на основе CAGR и гипотез насыщения (реалистичная/оптимистичная/пессимистичная).

Источниковая база включает 30 верифицированных источников: официальные отчёты ВНИИПО, сайты пожарных департаментов, пресс-релизы, научные публикации, видеозаписи учений.

Структура документа

Отчёт состоит из 10 разделов:

1. Обзор мирового опыта применения БАС (по регионам и городам-лидерам);
2. Кейс-стади: глубокий анализ внедрения в Шэньчжэне, Сеуле и Абу-Даби;
3. SWOT-анализ;
4. Статистический анализ и оценка рисков пожаров в высотных зданиях;
5. Оценка российского контекста (статистика, трудности, барьеры);
6. Анализ отечественных разработок («Лаборатория будущего», КРЭТ);
7. Оценка рыночного потенциала ниши БАС в РФ (сценарное моделирование);
8. Заключение и рекомендации;
9. Глоссарий;
10. Список использованных источников.

1. Обзор мирового опыта применения БАС в пожаротушении

1. Европейский опыт

В европейских мегаполисах дроны уже доказали свою эффективность как средство оперативной разведки и поддержки при тушении сложных высотных пожаров. Ниже приведён систематизированный обзор практик городов-лидеров.

1.1. Лондон, Великобритания

- **Пожарный департамент:** London Fire Brigade (LFB).
- **Статус:** регулярное применение с 2018 г. LFB создала собственное подразделение пилотов после пожара в небоскребе Grenfell (<150 погибших); дроны стали штатным элементом тактики высотных инцидентов.
- **Модели:** DJI Matrice 210, DJI Mavic 2 Enterprise Dual, DJI Matrice 300 RTK.
- **Ключевые ТТХ:** полёт до 31–55 мин, высота до 120 м, 30-кратный зум, тепловизор, громкоговоритель, прожектор.
- **Задачи:** разведка фасадов, тепловой мониторинг, внутренняя инспекция с защитной «клеткой», трансляция видео штабу, оповещение населения.



DJI Mavic 2 Enterprise

Источники:

- [*https://www.london-fire.gov.uk/about-us/services-and-facilities/vehicles-and-equipment/drones/*](https://www.london-fire.gov.uk/about-us/services-and-facilities/vehicles-and-equipment/drones/)
- [*https://ukfiremag.co.uk/london-fire-brigade-drone-capability-from-inception-to-the-future/*](https://ukfiremag.co.uk/london-fire-brigade-drone-capability-from-inception-to-the-future/)
- [*https://www.heliguy.com/blogs/posts/london-fire-brigade-mavic-2-drone-cage-internal-inspections/*](https://www.heliguy.com/blogs/posts/london-fire-brigade-mavic-2-drone-cage-internal-inspections/)
- [*https://enterprise.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced*](https://enterprise.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced)
- [*https://www.arpas.uk/drones-in-action-fire-rescue/*](https://www.arpas.uk/drones-in-action-fire-rescue/)

1.2. Париж, Франция

- **Пожарный департамент:** Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris (BSPP).
- **Статус:** регулярное применение с 2019 г.; яркий пример — пожар собора Нотр-Дам.
- **Модели:** DJI Mavic Pro, DJI Matrice 210/300 RTK.
- **ТТХ сопоставимы с лондонским опытом:** до 38 мин полёта, зум + тепловизор.
- **Задачи:** определение горячих точек, наведение лафетных стволов, оценка устойчивости колоколен. BSPP комбинирует дроны с наземным пожарным роботом «Colossus», создавая комплексную роботизированную цепочку.



Fotokite

Источники:

- <https://www.standard.co.uk/news/world/revealed-how-french-firefighters-used-drones-and-robot-called-colossus-to-tackle-notre-dame-fire-as-restoration-fund-nears-one-billion-euros-a4119841.html>
- <https://coptrz.com/blog/how-drones-helped-stop-the-notre-dame-fire/>
- <https://dronexl.co/2021/02/18/fotokite-tethered-drone/>

1.3. Берлин, Германия

- **Пожарный департамент:** Berliner Feuerwehr.
- **Статус:** специализированные «Drohnenteams» с 2020 г.; 330 активаций ежегодно
- **Модели:** DJI Mavic 2 Enterprise Advanced, DJI Matrice 300 RTK.
- **ТТХ:** тепловизор 640×512, визуал 48 Мп, зум 32×, полёт 31–55 мин.
- **Задачи:** поиск очагов под кровельными конструкциями, передача теплокарт, поддержка высотных автолестниц, инспекция после тушения. В планах — tethered-дроны в качестве ретрансляторов связи (проект Hybrid-KriKom-D).



Matrice 300 RTK

Источники:

- https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSMAG_Artikel/2023-04/2023-04_05.pdf?__blob=publicationFile
- https://www.t-online.de/region/berlin/id_100578456/berlin-feuerwehr-loescht-brand-in-neukoelln-in-der-hertzbergstrasse.html
- <https://www.fv-fflichtenrade.de/drohnenteam-sued/>
- <https://www.golem.de/news/brandbekaempfung-berliner-feuerwehr-erhaelt-vier-einsatzdrohnen-zur-aufklaerung-2007-149979.html>
- <https://www.berliner-feuerwehr.de/forschung/hybrid-krikom-d/>

1.4. Мадрид, Испания

- **Пожарный департамент:** Bomberos Comunidad de Madrid, Grupo Especial de Drones (GED).
- **Статус:** регулярное применение с 2019 г., 200+ вылетов ежегодно.
- **Модели:** DJI Matrice 300 RTK, Matrice 30T, Matrice 4 T (2025).
- **ТТХ:** груз 2,7 кг, до 55 мин, тепловизионный модуль H20T, динамик, прожектор.
- **Задачи:** ночная разведка, доставка спас-наборов, контроль лесных и высотных пожаров (пример — инцидент Méntrida, 2025).



Matrice 4 T

Источники:

- <https://www.comunidad.madrid/servicios/seguridad-emergencias-asesoramiento-112/grupo-especial-drones-ged>
- <https://stockrc.com/es/blog/dji-news/asi-trabaja-el-grupo-especial-de-drones-de-los-bomberos>
- <https://www.telemadrid.es/programas/buenos-dias-madrid/Incendio-de-Mentrida-imagenes-a-vista-de-dron-de-la-devastacion-de-las-llamas-2-2798740104--20250718093822.html>

1.5. Милан, Италия

- **Пожарный департамент:** Corpo Nazionale VVF Milano.
- **Статус:** инцидентное применение (пожар «Torre dei Moro», 2021). Скандал вокруг горючей облицовки показал ценность дронов для судебной экспертизы.
- **Модели:** DJI Mavic 2, DJI Matrice 210.
- **Задачи:** съёмка фасада, поиск тлеющих очагов на уровне 60–70 м, инспекция пострадавших этажей.



DJI Matrice 210

Источники:

- <https://www.vigilfuoco.tv/lombardia/milano/milano/incendio-grattacielo-20-piani>
- https://milano.corriere.it/foto-gallery/cronaca/21_agosto_30/drone-perlustrazione-le-macerie-torre-moro-9ff363b6-0988-11ec-9dd3-3cdc96ff46f7.shtml
- <https://www.vigilfuoco.it/comando-vvf-milano/specializzazioni/sapr-sistemi-aeromobili-pilotaggio-remoto>
- <https://www.vigilfuoco.it/chi-siamo/il-soccorso/soccorso-aria/sapr-sistemi-aeromobili-pilotaggio-remoto>
- <https://www.vigilfuoco.tv/specialita-qualifiche/sapr>

Технологические тренды и выводы

1. **Унификация парка:** во всех мегаполисах доминируют платформы DJI серии Matrice, что упрощает обучение и логистику запчастей.
2. **Тепловизионная разведка** стала стандартом; переход к матрицам 640×512 px и зум-камерам 30–32× повышает точность оценки очагов.
3. **Интеграция с роботами:** Париж сочетает дроны с наземным роботом Colossus, Лондон — с 64-метровыми автолестницами, расширяя «трёхмерную» тактику.
4. **Автономизация:** Нидерланды и Германия тестируют автоматические стартовые док-станции для мгновенного вылета без пилота.
5. **Отсутствие «огнетушащего» дрона** в городской среде — прототипы тяжёлых БВС с пенными стволами пока не прошли сертификацию в ЕС.

Заключение

Европейские пожарные службы перешли от экспериментальных полётов к рутинному использованию БАС. Главная ценность — *снижение риска для личного состава и ускорение тактических решений* благодаря мгновенной тепловизионной картине сверху. Следующим шагом станет массовое внедрение автономных док-станций и интеграция дронов в системы 5G-связи командных центров. Информации о штатном применении дронов с функцией активного тушения пожаров (например, перевозка и распыление огнетушащих ингибиторов, пены или воды) на ресурсах официальных служб не обнаружено.

2. Североамериканский опыт

В США и Канаде БВС применяются сотнями пожарных департаментов — повсеместно как часть стандартного снаряжения для разведки пожаров.

2.1. Нью-Йорк, США

- **Пожарный департамент:** FDNY (Fire Department New York).
- **Статус:** Регулярное применение. Первая команда UAS создана в 2018. Сейчас 25+ пилотов.
- **Модели:** DJI Matrice 210, Skydio X2, BRINC LEMUR 2.
- **Задачи:** Разведка крыш, фасадов, контроль за огнем на верхних этажах, оценка зон риска падения конструкций, поиск людей, доставка «escape hood» на балконы. Платформа BRINC LEMUR работает внутри зданий.



Skydio X2

Источники:

- <https://www.fireapparatusmagazine.com/magazine/drone-special-ops-units-popping-up-in-fire-departments-around-the-country/>

2.2. Лос-Анджелес, США

- **Пожарный департамент:** LAFD.
- **Статус:** Регулярное применение. Одна из старейших городских программ (с 2015).
- **Модели:** DJI Matrice 210/300 RTK, DJI Mavic Enterprise, Skydio X2, LEMUR S.
- **Задачи:** Поиск и оценка тепловых аномалий, документирование ущерба, создание 3D-моделей сцен пожара. Тушение самими БВС не реализовано.



LEMUR S

Источники:

- <https://www.firerescue1.com/fire-products/drones/articles/completing-the-540-drones-provide-elevated-insights-into-fireground-operations-HbtFgb5z0Wg4caPQ/>

2.3. Финикс, США

- **Пожарный департамент:** Phoenix Fire Department UAS Program.
- **Статус:** Регулярное применение.
- **Модели:** Skydio X2; DJI Mavic 3T.
- **Задачи:** Разведка, поиск людей, обследование.



DJI Mavic 3T

Источники:

- <https://www.fireapparatusmagazine.com/equipment/firefighter-drones/phoenix-az-fire-department-launches-drone-program/>
- https://www.phoenix.gov/content/dam/phoenix/commsite/documents/drones/PFD_UAS_Newsletter_2024.pdf

2.4. Торонто, Канада

- **Пожарный департамент:** Toronto Fire Services.
- **Статус:** Регулярное применение с 2021 года.
- **Модели:** DJI Matrice 300RTK, Inspire 2.
- **Задачи:** Контроль распространения пожара на крышах небоскребов, тепловизионный поиск, документирование эвакуации, мониторинг задымлённых этажей.



Inspire 2

Источники:

- <https://www.firefightingincanada.com/fire-chiefs-talk-tech/>

Место в системе пожаротушения: дроны выступают дополнением к традиционным мерам — лестницам, наземным разведкам и средствам внутреннего тушения. Применение позволяет повысить оперативность сбора информации и снизить риски для пожарных расчетов.

Информации о штатном применении дронов с функцией активного тушения пожаров (например, перевозка и распыление огнетушащих ингибиторов, пены или воды) на ресурсах официальных служб не обнаружено.

3. Южноамериканский и Латиноамериканский опыт

3.1. Сан-Паулу, Бразилия

- **Пожарный департамент:** Corpo de Bombeiros São Paulo.
- **Статус:** Регулярное применение.
- **Модели:** DJI Matrice 210, DJI Mavic 2 Enterprise Dual.
- **Задачи:** Аэроразведка очагов пожаров, тепловизионный мониторинг, координация эвакуации. Использование тепловизионных дронов как "рентгена для определения стратегии пожарных".



DJI Matrice 210

Источники:

- <https://corpo.sp.gov.br>
- <https://uavi.com.br/drones/uavi-100-bombeiro/#combate>

3.2. Сантьяго, Чили

- **Пожарный департамент:** Cuerpo de Bomberos de Santiago - Departamento de Operaciones Aéreas.
- **Статус:** Регулярное применение (с 2017 года).
- **Модели:** 8 моделей дронов, включая DJI Matrice 210, Mavic Air 2, Mavic 2 Enterprise, FPV, Mavic Mini 3/4 Pro, Mavic 2 Zoom, Phantom.

Задачи: Мониторинг пожара и координация наземных сил.



Phantom

Источники:

- <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/204444/uso-de-drones-en-emergencias.pdf>

Роль технологий БВС: интеграция с традиционной техникой пожаротушения и автоматизированными системами контроля зданий позволяет повысить эффективность и безопасность операций. Дроны быстро дают ситуационную картину, сокращая время реагирования.

Итог по Южной Америке

- В регионе преобладает пилотное внедрение и тестирование, но наметилась тенденция к регулярному использованию БВС как одного из важных комплексных инструментов пожаротушения высотных объектов.

- Доминируют коммерческие, широкодоступные модели ДП, оснащённые тепловизионными камерами и визуальными сенсорами с возможностью зума.
- Огнетушащие дроны (с активным распылением пены или других веществ) в странах Южной Америки пока не применяются. Однако, бразильская компания UAVI <https://uavi.com.br/drones/uavi-100-bombeiro/#combate> активно продвигает свои разработки. Факта реального применения БАС не обнаружены. Основной акцент — разведка и мониторинг.

4. Азиатский опыт

Крупные азиатские мегаполисы ускоренно внедряют беспилотные воздушные системы (БВС) для разведки, координации и, частично, активного тушения пожаров в высотных зданиях. Доминируют два сценария:

- «Разведчик-тепловизор» — дроны малого и среднего класса с ИК-камерой, 20–55 мин полёта, до 120 м высоты.
- «Огнетушащий дрон» — тяжёлые БВС (30–150 кг) с подвесным стволом, пенными или водяными баками либо рукавом, поданным от пожарного насоса.

4.1. Токио, Япония

- **Пожарный департамент:** Tokyo Fire Dept. (TFD).
- **Статус:** Эксплуатация 21 дрона для разведки, опытная программа «消火用ドローン».
- **Модели:** DJI M300, BuildFlyer Chrome (разведка), прототип от Mitsubishi Heavy Industries (MHI).
- **Задачи:** Разведка высотных фасадов, выброс пенных капсул.

Организация и парк

- Tokyo Fire Department управляет 21 операционным дроном для разведки (DJI M300, BuildFlyer Chrome) и разворачивает опытную программу «消火用ドローン» совместно с Mitsubishi Heavy Industries (MHI).

- Прототип рассчитан на подхват 50 кг напорного рукава, подаваемого от насоса, и на выброс пенных капсул внутрь окон выше 20 м.



DJI M300

Тактическая роль

- **Разведка высотных фасадов:** тепловизор 640×512 px позволяет командиру «Hyper Rescue» моментально выявлять горячие точки на этажах >30.
- **Новая стратегия «hose-lift»:** Прототип МНІ-дроном устанавливается анкер-канат, по которому рукав подтягивается к оконному проёму — сокращение времени на прокладку внутренних стояков с 30 до 8 мин.

Сравнение с традиционными средствами

Средство	Дальность / высота	Время развёртыв.	Огневая мощность	Ограничения
АЛП-55 м (лестница)	55 м	≥12 мин	3,800 л/мин	Ветер >10 м/с, узкая ул.
Вертолёт SkyCannon	38 м струя	15 мин	6,000 л/мин	Дымовая видимость, стоимость \$25k/час
Mitsubishi HI	20–70 м	<4 мин	130 л/мин (прототип)	Тяга, шланг-вес

Дроны заполняют «слепую зону» между вертолётom (дорого, зависим от погоды) и лестницай (недоступна в узких улицах).

Источники:

- <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000122.000033863.html>
- <https://note.com/skyfight/n/na425fd8e3706>
- <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/1977172?display=1>
- <https://www.youtube.com/watch?v=11enxgxsanU>
- https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/articles/000403250.html
- <https://ameblo.jp/sho-hei-091/entry-12890774351.html>
- <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC163M00W5A610C2000000/>
- <https://japannews.yomiuri.co.jp/politics/politics-government/20220928-60854/>

4.2. Шэньчжэнь, Китай

- **Пожарный департамент:** Shenzhen Fire Brigade.
- **Статус:** Регулярное применение, включая учения в 2025 г.
- **Модели:** 蓝菁 H300, DJI Matrice.
- **Задачи:** Разведка, подача непрерывного пенного ствола с питанием по кабелю (tethered), доставка рукава, интеграция с 5G и Swarm-AI.



Источники:

- <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3238211/chinese-ai-drone-system-aims-hit-fires-hard-reach-places-they-turn-big-blazes>
- <http://en.people.cn/n3/2025/0625/c90000-20332482.html>
- <https://english.news.cn/20250625/749ba9098dbf4aceaa51729098142fcf/c.html>
- <https://english.news.cn/20250625/7fc168699bd748da9d4e01f88d76f2b4/c.html>

На учениях 24 июня 2025 шесть дронов одновременно подавляли пламя фасада 150-м башни, в связке с робопожарными наземными комплексами.

Интеграция

- **5G-Tactical Video:** прямая трансляция с датчиками газа на планшеты звеньев.
- **Swarm-AI:** алгоритм XCMG распределяет сектора тушения между аппаратами, предотвращая «перекрывание струй».
- **Умная автолестница:** кабель дрона фиксируется на корзине Aerial Platform для подачи пены на 40–45-й этаж без человека.

Эффективность

- Учение показало сокращение времени до первой подачи воды с 9 мин (лестница + рукав) до 2 мин 50 с (дрон).
- Потери воды уменьшены на 28% за счёт точной подачи.

4.3. Сеул, Республика Корея

- **Пожарный департамент:** Chungnam FSHQ (пилотный проект).
- **Статус:** Тестирование с 2021 г.
- **Модели:** Коллективный дрон-рой, спасательный БАС (200 кг).
- **Задачи:** Тушение пожаров роем дронов с использованием порошка, эвакуация манекенов.

Источники:

- <http://koreabizwire.com/collective-drones-deployed-to-fight-fires-at-high-rise-buildings/198929>
- <https://www.youtube.com/watch?v=sA4TW1UEW7o>
- <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210909075300063>

Выводы и тренды

Унификация технологий

- DJI M300/350 RTK стала де-факто стандартом развед-дрона во всех мегаполисах Азии (Токио, Шанхай, Сингапур, Мумбаи).

Появление тяжёлых огнетушащих БВС

- Китайские H300 и XF120 демонстрируют реальное применение водяных/пенных струй на высоте 120–300 м.

«Tethered» и Swarm-AI

- Питание по кабелю снимает ограничение аккумуляторов и даёт роль «летающего гидранта» (Шэньчжэнь).
- Swarm-алгоритмы позволяют трём и более БВС работать без перекрёста струй, снижая расход пены на 25–30%.

Регуляторные барьеры

- Всё больше служб получают особые BVLOS-waiver (E-Japan Reg. Civil UAS, GCAA-UAE Part VII), что открывает путь патрульным ангар-докам на крышах депо (Сингапур, Шэньчжэнь).

Заключение

Азия стала глобальным полигоном для внедрения дронов в борьбу с высотными пожарами. Китайские города опережают остальные регионы по реальным огнетушащим дронам, однако такие мегаполисы, как Токио и Сингапур, концентрируются на точной разведке и интеграции UAV в существующую трёхмерную тактику.

5. Африканский опыт

5.1. Кейптаун, ЮАР

В марте 2024 года CSIR (Совет научных и промышленных исследований ЮАР) эксклюзивно лицензировал свою технологию K-Line датчика компании Autonosky, которая спроектировала дрон Autono1 для сброса огнеупорных шариков на малые очаги возгорания

K-Line технология представляет собой оптическую систему визуализации, использующую методы дистанционного зондирования для обнаружения световой энергии калия, излучаемой горением. Власти Столовой горы в Западном Кейпе могут вскоре задействовать пожарные дроны для обнаружения и тушения малых пожаров в труднодоступных местах до их распространения на Кейптаун.

Дрон может безопасно и быстро получить доступ к областям, которые могут быть слишком опасными или недоступными для пожарных. Эффективность технологии K-Line подтверждается с 2018 года, когда она начала обнаруживать лесные пожары из космоса на борту южноафриканского спутника ZACUBE-2.

- **Статус:** Технологический прорыв с датчиками K-Line.
- **Описание:** В марте 2024 года CSIR лицензировал технологию K-Line (обнаружение калия в пламени) для дронов, сбрасывающих огнеупорные шарики. Власти планируют использовать эти дроны для тушения малых пожаров в труднодоступных местах.



Autonosky Autono1

Источники:

- https://www.csir.co.za/science_scope/shoulder-to-shoulder-with-smmes-v22-no2-2024/k-line-sensor-firefigher-drones
- <https://www.youtube.com/watch?v=hAbmg0S2ACM>
- <https://www.defenceweb.co.za/security/civil-security/csir-sensors-boost-western-cape-firefighting-efforts/>
- <https://www.itweb.co.za/article/drones-to-the-rescue-at-wcape-emergency-services/kYbe9MXDpKlMAWpG>

5.2. Найроби, Кения

Кения запустила проект стоимостью 2,8 млрд шиллингов (22 млн долларов США) при поддержке французского правительства для оснащения Лесной службы Кении (KFS) передовыми технологиями обнаружения, наблюдения и подавления пожаров.

Инициатива включает дроны, современные пожарные машины, средства индивидуальной защиты (СИЗ) и подготовку команд реагирования. KFS теперь оснащена современными пожарными машинами, дронами наблюдения с дальностью действия 100 км, цифровыми средствами связи и командным центром для быстрого реагирования.



DJI Matrice 300

Источники:

- <https://eastleighvoice.co.ke/kfs/92680/kenya-launches-sh2-8-billion-forest-fire-detection-system-to-combat-fires>
- <https://big3africa.org/2024/11/28/kenya-boosts-forest-fire-defense-with-sh-2-8b-french-aid/>
- <https://www.capitalfm.co.ke/news/2025/03/govt-unveils-sh2-8bn-forest-firefighting-initiative-as-wildfires-surge/>
- <https://www.tuko.co.ke/kenya/581019-government-acquires-ksh-28-billion-firefighting-equipment-response-wildfires/>

5.3. Каир, Египет

В марте 2025 года компания Zhongxin Intelligence провела новаторскую демонстрацию пожарного дрона в партнёрстве с пожарно-спасательной бригадой округа Гоншу Ханчжоу. Демонстрация привлекла представителей Каирского департамента гражданской обороны, которые высоко оценили производительность H300 и операционную эффективность. После мероприятия Египет подтвердил заказ на 40 единиц.

Однако при пожаре Ramses Exchange 7-10 июля 2025 года, унёсшем 4 жизни и ранившем 27 человек, дроны не применялись. Пожарные боролись с огнём традиционными методами в течение 13 часов.

- **Статус:** Заказ без подтвержденного применения.
- **Описание:** В марте 2025 года представители Каира присутствовали на демонстрации пожарного дрона H300 и подтвердили заказ на 40 единиц.

Источники:

- <https://spideruav.com/spideruav-h300-firefighting-drone-demonstration-gains-international-recognition-with-40-unit-order-from-egypt/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ramses_Exchange_fire
- <https://egyptindependent.com/four-dead-22-injured-in-fire-at-cairos-ramses-telecommunications-building/>
- <https://english.news.cn/20250708/28d5c7caf7cf4f1c8900906564cfe6f2/c.html>

6. Опыт Ближнего Востока

Крупные ближневосточные мегаполисы — прежде всего города Персидского залива и Саудовской Аравии — стали мировыми «полигоном» испытаний огнетушащих дронов. В отличие от Европы и Северной Америки, где БВС пока играют главным образом разведывательную роль, на Ближнем Востоке уже внедряются тяжёлые платформы с водяными и пенными мониторами, способные подавать огнетушащее вещество на высоте 40–70 этажей.

6.1. Абу-Даби, ОАЭ

Инновация «Suhail»

В мае 2025 г. Abu Dhabi Civil Defence Authority (ADCDA) представила «Suhail» — первый в мире реактивный огнетушащий дрон. Конструкция: восемь мини-турбореактивных двигателей, карбоновый корпус с керамическим покрытием, LiDAR 3D-сканер.



SUHAIL

Показатель	Значение
Способ подачи	Привязной шланг Ø38 мм, давление 10 bar
Дальность струи	35 м
Целевая высота	до 300 м (\approx 70 этажей)
Расчётный дебит	1,200 л/мин при подключении к автобаку
Навигация	AI CV, LiDAR SLAM, GPS-denied function

Встраивание в систему ADCDA

- Дрон запускается с шасси Rapid Intervention Vehicle; питание водой — от автоцистерны через шланг-трос.
- «Suhail» позиционируется как «воздушный ствол» между вертолётom AW139 SkyKnight (6,000 л/мин) и автолестницами Bronto 55м.
- Испытания (Q2 2025) показали снижение времени до первой подачи воды на 64-й этаж до 3 минут.

Дополнение к традиционным средствам

Акцент делается на автономность — пилот выполняет лишь миссию запуска. Это важно при температуре $> 45^{\circ}\text{C}$ и песчаной дымке, когда использование вертолётom ограничено.

- **Уполномоченная структура:** Abu Dhabi Civil Defence Authority (ADCDA).
- **Статус:** Тестирование (ввод в 2025 г.).
- **Модели:** «Suhail» (реактивный БАС).
- **Задачи:** Точечное тушение фасадов на высоте >60 этажей, 3D-сканирование, наведение стволов. Дрон с реактивными двигателями и подачей воды по шлангу.

Источники:

- <https://www.mediaoffice.abudhabi/en/security/abu-dhabi-civil-defence-authority-unveils-worlds-1st-jet-powered-unmanned-firefighting-aircraft/>
- <https://www.miramagazine.ae/recent-news/uae-unveils-suhail-the-worlds-first-jet-powered-firefighting-drone>

Выводы

1. **Ближний Восток опережает** Европу и Америку по внедрению тяжёлых огнетушащих БВС.
2. **Tether-drones** с напорным рукавом уже доказали эффективность на высоте 150м, сокращая время первой подачи воды более чем вдвое.
3. **Jet-powered Suhail** задаёт новый класс аппаратов, способных заменить дорогостоящие вертолёты при фасадных пожарах.
4. **AI-аналитика и LiDAR** превращают дрон в автономную единицу C2-системы, повышая situational awareness командования.
5. Главный вызов — **стандартизация и сертификация**: пока разработки тиражируются внутри стран-инициаторов и не входят в международные нормы NFPA/ISO.

Краткий обзор мирового рынка пожарных БАС



Ключевые показатели динамики

Размер рынка по годам:

- 2021 год: \$0,97 млрд
- 2022 год: \$1,31 млрд
- 2023 год: \$1,57 млрд (средневзвешенное значение)
- 2024 год: \$1,41 млрд (средневзвешенное значение)
- 2025 год: \$2,61 млрд

Темпы роста:

- 2022: +35,1% к предыдущему году

- 2023: +19,5% к предыдущему году
- 2024: -9,7% к предыдущему году (коррекция оценок)
- 2025: +84,7% к предыдущему году

Общий рост за период: 169,1% - рынок увеличился более чем в 2,5 раза.

Факторы роста рынка

Основные драйверы:

- Увеличение количества и интенсивности лесных пожаров по всему миру
- Технологические достижения в области беспилотных летательных аппаратов
- Государственные инициативы по внедрению новых технологий пожаротушения
- Необходимость повышения безопасности пожарных при тушении в труднодоступных местах

2. Кейс-стади: Применение БАС в пожаротушении высотных зданий

Кейс-стади 1: Шэньчжэнь (Китай) — Лидер тяжелых огнетушащих систем

Раздел 1: Общая характеристика системы пожаротушения высотных зданий

Шэньчжэнь, мегаполис Китая с населением 17 млн человек.

В городе насчитывается с **444** высотными зданиями свыше 150 метров, стал глобальной испытательной площадкой для передовых технологий пожаротушения.^{[1][2]}

Традиционная система включает автоматические лестницы до 101м, пенные автомобили и специализированные подразделения для высотного пожаротушения, однако физические ограничения требуют новых решений для высотных зданий.

Раздел 2: Роль и место БАС в системе пожаротушения

Шэньчжэнь внедрил **кабельные огнетушащие системы** как основу для борьбы с высотными пожарами:

Технические системы от Shenzhen Keweitai/Alltech:^[3]



- **H300 Heavy-Lift Firefighting UAV:** 150кг полезной нагрузки, 45 минут полета, высота до 1000м^[4]
- **Привязные системы:** Питание по кабелю создает "летающий гидрант" с неограниченным временем работы

Уникальные тактические возможности:^[2]

- **AI-направляемое тушение:** Разведывательные дроны определяют очаг, огнетушащие дроны автоматически наводятся
- **Показатели системы:** 1200л/мин при подключении к пожарному автомобилю^[4]
- **Покрываемые зоны:** H300 с четырьмя 25кг пожаротушащими бомбами покрывает 200-300м² за одну миссию^[4]

Раздел 3: Операционная модель

Развертывание и управление:^{[5][6]}

- **Быстрое развертывание:** <4 минут от момента прибытия на место пожара до начала тушения
- **Автоматизированная координация:** ИИ-система прокладывает маршрут и координирует дроны без участия человека.
- **Наземное питание:** БВС подключены к наземным энергетическим станциям через усиленные кабели, что позволяет барражировать сколько потребуется.

Интеграция с городской инфраструктурой:^[7]

- Стандартизация протоколов взаимодействия с существующими пожарными службами
- Интеграция с водяными резервуарами и пенобаками
- Система навигации с применением технического зрения (LiDAR SLAM) позволяет безопасно работать в городской среде ^[4]

Раздел 4: Доказанная эффективность

Реальные испытания в Шэньчжэне (февраль 2024):^[2]

- Успешное тушение пожара в 6-этажном здании
- Дрон пробил окно и эффективно потушил огонь с помощью порошковой бомбы
- Демонстрация работы в условиях ограниченной видимости

Технические показатели H300:^[4]

- **Высота работы:** до 1000м (превышает возможности любых традиционных средств)
- **Эффективность покрытия:** каждая 25кг бомба покрывает до 50м² площади
- **Точность попадания:** лазерный дальномер обеспечивает прицельную доставку

Операционные результаты кабельных систем:^[8]

- **Шэньчжэньские испытания (2025):** успешная работа на высоте 200м
- **Автоматизация управления:** минимальное участие человека для полного цикла операций
- **Неограниченное время работы:** кабельное питание снимает ограничения батарей

Раздел 5: Выводы

Ключевые факторы успеха:

- **Государственная поддержка:** Прямые инвестиции в рамках программы "умных городов"
- **Технологическая экосистема:** Шэньчжэнь как глобальный хаб производства дронов
- **Быстрая коммерциализация:** Переход от прототипов к серийным системам за 2-3 года

Сложности внедрения:

- **Ограничения кабельных систем:** Зависимость от длины кабеля снижает мобильность (максимальная длина от производителя 250м).

Кейс-стади 2: Сеул (Южная Корея) — Роевые технологии и коллективная координация

Раздел 1: Общая характеристика системы пожаротушения высотных зданий

Сеул, столица Южной Кореи с населением 9,7 млн человек и 38 высотными зданиями, разработал уникальный подход к пожаротушению группами **дронов**. Характеристики городской системы:^{[9][10]}

- **Seoul Metropolitan Fire and Disaster Management Headquarters:** 4 пожарных округа, 23 пожарные станции^[11]
- **Высотные вызовы:** Ограничения автолестниц до 70м создают "мертвую зону" для зданий выше 20 этажей^[9]
- **Регулятивная среда:** Строгие требования предварительного согласования полетов дронов в городской среде^[12]

Раздел 2: Роль и место БАС в системе пожаротушения



Сеул внедрил **роевую технологию дронов** для решения задач высотного пожаротушения:

Система коллективных дронов South Chungcheong Province:^{[9][13]}

- **Разведывательные дроны:** отслеживают тепловые источники и передают 3D видеоданные

- **Огнетушащие дроны:** используют полученную информацию для точного наведения на очаг
- **Спасательный дрон:** тяжелый аппарат, способный нести 200кг для эвакуации пострадавших

Уникальные возможности системы:^[9]

- **Высота работы:** до 500м (вертикально и горизонтально)
- **Координированное тушение:** дроны работают синхронно, не мешая друг другу
- **Адаптивное применение:** эффективны как для высотных зданий, так и для лесных пожаров

Seoul Fire and Disaster Headquarters (SMG):^{[10][13]}

- **2015-2024:** Эволюция от 2 учебных дронов до 40 оперативных единиц
- **Рост операций:** С 27 вылетов в 2016 до 294 в 2021 (+1089%)^[13]
- **Сеть операторов:** 105 лицензированных пилотов по всем пожарным станциям^[19]

Раздел 3: Операционная модель

Организационная структура:^{[10][13]}

- **Seoul Fire School:** Специализированный центр подготовки с 6-дюймовыми изогнутыми экранами для симуляционного обучения
- **Распределенное развертывание:** дроны равномерно распределены по 25 пожарным станциям
- **Система сертификации:** Обучение по национальным стандартам с получением лицензий операторов

Процедуры развертывания коллективных систем:^{[12][9]}

- **Первичная разведка:** разведывательные дроны автоматически определяют источник возгорания

- **Целевое наведение:** данные в реальном времени передаются огнетушащим дронам
- **Координированная атака:** множественные дроны одновременно воздействуют на очаг без взаимных помех

Логистика и взаимодействие:^[12]

- **Мобильные платформы:** системы адаптированы для размещения на стандартных пожарных автомобилях
- **Быстрое развертывание:** от получения сигнала до начала операций <5 минут
- **Интеграция данных:** live видео передается в командные центры по всему городу

Раздел 4: Доказанная эффективность

Национальная статистика Южной Кореи:^[15]

- **Флот дронов:** 676 единиц в пожарных службах по всей стране (2024)
- **Рост операций:** С 1691 вылета в 2021 до 4623 в 2023 (+173%)^[15]
- **Основное применение:** разведка места происшествия и поиско-спасательные операции

Сеульские достижения:^[13]

- **Первое место** на национальном конкурсе дронов Национального пожарного агентства (октябрь 2021)
- **Эффективность обучения:** 105 сертифицированных операторов с высоким уровнем подготовки
- **Операционная статистика 2021:** 167 вылетов на место происшествия (127 пожаров + 40 спасательных операций)

Доказанные преимущества коллективных систем:^[9]

- **Преодоление ограничений:** эффективная работа на высоте >100м, недоступной для автолестниц

- **Спасательные операции:** безопасная эвакуация пострадавших весом до 60кг с высотных зданий^[18]

Будущие разработки (2025-2027):^[16]

- **Инвестиции:** 11,5 млрд вон (>660 млн. рублей) на разработку специализированных пожарных БАС
- **AI-релевые технологии:** разработка интеллектуальных алгоритмов для автоматической координации флотов

Раздел 5: Выводы

Ключевые факторы успеха:

- **Системный подход:** постепенное развитие с 2015 года с наращиванием компетенций
- **Образовательная база:** специализированный центр подготовки и стандартизированное обучение
- **Национальная поддержка:** государственные инвестиции в R&D и коммерциализацию технологий

Сложности внедрения:

- **Регулятивные барьеры:** сложные процедуры согласования полетов в городской среде^[11]
- **Технологическая зависимость:** необходимость импорта ключевых компонентов (китайские DJI системы)
- **Масштабирование:** сложность координации роевых систем в реальных условиях города

Общие выводы:

- **Комплементарность подходов:** Каждый город развивает уникальную нишу в экосистеме БАС
- **Масштаб внедрения:** Азиатские мегаполисы опережают остальной мир на 3-5 лет

Кейс-стади 3: Абу-Даби (ОАЭ) — Пионер реактивных автономных БАС

Раздел 1: Общая характеристика системы пожаротушения высотных зданий в Абу-Даби

Абу-Даби, столица ОАЭ с населением 1,5 млн человек и более 30 высотных зданий свыше 150 метров, разработал **революционный подход** к пожаротушению на основе реактивных беспилотных систем. Характеристики городской системы:^{[17][18][19]}

- **Abu Dhabi Civil Defence Authority (ADCDA):** Централизованная организация с полномочиями по внедрению инновационных технологий^[21]
- **Архитектурные вызовы:** Высотные здания в плотной городской застройке, экстремальные климатические условия (+50°C, песчаные бури)
- **Стратегический подход:** Интеграция в глобальную концепцию "умной безопасности" ОАЭ с прицелом на Expo 2030^{[22][17]}

Традиционная система имеет специализированную технику, включая вертолеты, однако физические ограничения в доступе к верхним этажам сверхвысотных зданий требуют принципиально новых решений.



Раздел 2: Роль и место БАС в системе пожаротушения

Абу-Даби внедрил многотипную систему БАС с уникальными техническими решениями:

Флагманская система Suhail (2025)^{[24][19][17]}

Технические характеристики:

- **8 реактивных двигателей** для вертикального взлета, стабилизации и маневрирования^[24]
- **Дальность струи:** 35м при давлении 10 бар^[24]
- **Шланговая подача воды:** Обеспечивает подключение к дрону
- **Размер:** финальная версия 2×2м (демонстрационная модель в 2 раза меньше)^[24]

Передовые технологии:

- **AI Computer Vision + LiDAR 3D сканирование** для точного картографирования в реальном времени^{[18][23]}
- **Карбоновое волокно с керамическим покрытием** для работы в экстремальных температурах^[24]
- **GPS-denied навигация** для работы в плотной городской застройке^[18]

Дополнительные специализированные системы:^[17]

Тепловизионные разведывательные дроны:

- Тепловизоры, сенсоры, HD-камеры для обнаружения горячих точек
- 15 галлонов (68л) пены/порошка, время полета до 50 минут
- Покрытие радиуса 9 кубических метров

Дроны устранения препятствий:

- "Легкие ракеты" для расчистки завалов и препятствий на пути к очагу возгорания
- Камеры обнаружения для точного наведения

- Высота работы до 800м (превышает возможности традиционных средств)

Раздел 3: Операционная модель

Тактическая координация:^[17]

- **Первая фаза:** тепловизионные дроны проводят разведку и обнаружение очагов, оснащены пенобомбами с радиусом действия 9 кубических метров.
- **Вторая фаза:** второй вид БВС устраняет препятствия к очагу возгорания: разбивают окно пневматическим снарядом. Имеет шланг для подачи воды на расстоянии до 35м и давлением до 10 бар.

Разработка и испытания:^{[25][26]}

- **MBZIRC 2020 (Abu Dhabi):** Международные соревнования роботов заложили основы для разработки концепции
- **Fly4Future DOFEC система:** Опыт команды MRS CTU в автономном тушении пожаров в высотных зданиях
- **2021-2025:** Четырехлетний цикл разработки от концепции до готового продукта

Процедуры развертывания:

Автономные операции Suhail:^{[17][19]}

- **Полностью автономный режим** с минимальным вмешательством операторов
- **Вертикальный взлет** с любой подходящей площадки
- **AI-навигация** позволяет работать без GPS и обходить препятствия автоматически

Логистика и управление:

Централизованное управление ADCDA:

- **Единый командный центр** координирует все типы БАС
- **Интеграция с национальными системами:** связь с National Emergency Crisis and Disaster Management Authority (NCEMA)

Раздел 4: Доказанная эффективность

Технические испытания и валидация:

Успешные фазы (2023-2024):^[17]

- Полные испытания всех систем дронов завершены успешно
- Подтверждена работоспособность на высоте до 800м
- Демонстрация точности попадания струи на дистанции 35м

Операционные преимущества:

Превосходство над традиционными методами:^[17]

- **Время доступа:** доступ к высоте 100+ метров за 18 секунд vs 12+ минут для автолестниц
- **Работа в недоступных зонах:** 800м высота vs 90м максимум для наземной техники
- **Безопасность персонала:** исключение риска для пожарных в опасных зонах

Прогнозируемая эффективность (на основе испытаний):^[28]

- **Dr. Saif Al Dhaheri (NCEMA):** ожидается 20-кратный рост использования дронов к 2028 году
- **AI-поддержка решений:** 70% экстренных решений будут поддерживаться ИИ к 2030 году
- **Dubai Civil Defence Shaheen:** достижение 35-го этажа "за секунды" для балконных пожаров

Раздел 5: Выводы

Ключевые факторы успеха:

1. Государственная стратегическая поддержка:

- **Прямое руководство ADCDA** с полномочиями на инновации
- **Интеграция в национальную программу** технологического развития ОАЭ

- **Международная платформа:** использование Expo 2025 для глобального продвижения

2. Технологическое лидерство:

- **Первый в мире реактивный огнетушащий дрон** — уникальная рыночная позиция
- AI Computer Vision + LiDAR 3D сканирование и тепловизоры, сенсоры, HD-камеры обеспечивают автономность
- **Системный подход:** интеграция различных типов дронов (разведка + пенобомбы, устранение барьеров + подача струи) в единую тактику

3. Практико-ориентированная разработка:

- **MBZIRC 2020 experience:** реальные испытания в условиях, максимально приближенных к боевым
- **Четырехлетний цикл R&D:** достаточное время для создания качественного продукта
- **Field experience integration:** концепция основана на потребностях практиков

Сложности внедрения:

1. Регулятивные барьеры:

- Сложность получения разрешений на использование «легких ракет» в городской среде

2. Технологическая сложность:

- **Высокие требования к обслуживанию реактивных двигателей**

3. Экономические ограничения:

- **Высокие начальные инвестиции** в R&D и производство уникальных систем
- Ограниченный рынок экспорта из-за новизны технологии
- Конкуренция с более дешевыми традиционными решениями

Стратегическое значение:

Абу-Даби создал **новую категорию огнетушащих БАС**, объединив реактивную тягу, AI-автономию и кабельные системы подачи огнетушащих веществ. Проект Suhail представляет **квантовый скачок** в технологии пожаротушения и позиционирует ОАЭ как **глобального лидера** в emergency response innovations.

Модель Абу-Даби демонстрирует, что **государственная воля, технологические инвестиции и международная кооперация** могут создавать переломные технологии, которые трансформируют целые отрасли. Успех Suhail может стать катализатором для глобального перехода к автономным системам пожаротушения нового поколения.

3. Матрица «Преимущества и Риски» применения БАС в пожаротушении высотных зданий

Обобщение мирового опыта: SWOT-анализ

На основе анализа мирового опыта применения беспилотных авиационных систем в пожаротушении высотных зданий мегаполисов представлена комплексная матрица оценки эффективности технологии.

Преимущества (доказанная эффективность)

1. Революционное сокращение времени реагирования

18 секунд до 40-го этажа против более 12 минут традиционными автолестницами — подтверждено испытаниями в Дубае и Шарджи. Системы H300/CF30 в Шэньчжэне разворачиваются менее чем за 4 минуты.

2. Кардинальное повышение безопасности пожарных

Снижение воздействия на персонал до 30% в опасных зонах — статистика FDNY и Seoul Fire Department показывает уменьшение травматизма при использовании БАС для предварительной разведки.

3. Экономическая эффективность

Стоимость профессиональных систем \$13,000-20,000 против \$6,000/час эксплуатации вертолетов SkyCannon. ROI достигается через 4-6 лет благодаря снижению ущерба.

4. Работа в физически недоступных зонах

Высота до **1000м** (H300 Keweitai), узкие улицы, GPS-denied среды с LiDAR навигацией. Заполнение "слепой зоны" между вертолетами и автолестницами.

5. Превосходная тепловизионная разведка

640×512 radiometric камеры обеспечивают обнаружение горячих точек через дым и в условиях нулевой видимости.

6. Точность доставки огнетушащих веществ

Попадание в **25-метровый радиус на дистанции 1,5км** с лазерным наведением. Покрытие 200-300м² за одну миссию четырьмя 25кг бомбами.

7. Круглосуточная операционная готовность

Кабельные системы обеспечивают **неограниченное время работы** с показателем 1200л/мин — "летающие гидранты" Шэньчжэня.

Недостатки (сложности и риски)

1. Критические ограничения полезной нагрузки

Максимум **150кг** для автономных систем против 6000л/мин вертолетов. EHang EH216-F несет 220кг, но только 21 минуту полета.

2. Серьезные погодные ограничения

Ветер >10м/с блокирует автолестницы, но также критичен для БАС. Дождь, экстремальные температуры, песчаные бури ограничивают применение.

3. Растущая угроза столкновений с авиацией

48 нарушений в зонах пожаров Лос-Анджелеса (2024), столкновение Super Scooper с частным дроном. Временные ограничения полетов парализуют операции.

4. Высокий процент технических отказов

61% аварий БАС связаны с отказами оборудования — потеря связи, разряд батарей, механические поломки. Австралийская статистика показывает критичность проблемы.

5. Зависимость кабельных систем от инфраструктуры

Tethered системы ограничены радиусом кабеля, требуют специальных автомобилей, уязвимы к повреждению линий.

6. Сложность координации роевых систем

Корейские коллективные дроны требуют сложных алгоритмов координации, высокой квалификации операторов, подвержены взаимным помехам.

7. Потеря навигации в городской среде

GPS-блокировка в плотной застройке, радиочастотные помехи от электронных систем зданий создают "мертвые зоны".

Возможности

1. AI-автономия следующего поколения

Полностью автономные системы без операторов — дрон Suhail (Дубай) с реактивной тягой и ИИ-навигацией. Предиктивные алгоритмы поведения огня.

2. Интеграция в экосистемы умных городов

Патрульные ангары на крышах депо (Сингапур, Шэньчжэнь), автоматическое развертывание при сигналах IoT-датчиков.

3. Роевой интеллект крупного масштаба

Распределенные сети сотен дронов с коллективным принятием решений — следующий уровень после сеульских коллективных систем.

4. Превентивное обнаружение пожаров

24/7 патрулирование, AI-анализ тепловых аномалий, автоматическое развертывание при превышении пороговых значений.

5. Бурный рост рынка и инвестиций

11% CAGR (2024-2032), рынок \$1,8 млрд в 2023 году привлекает массовые инвестиции в R&D и коммерциализацию.

Угрозы

1. Регулятивные барьеры и бюрократия

Сложные процедуры получения **BVLOS-разрешений**, различия в национальных регламентах создают препятствия для развертывания.

2. Критические уязвимости кибербезопасности

AI-системы подвержены **хакерским атакам**, несанкционированному перехвату управления, компрометации алгоритмов принятия решений.

3. Барьер высоких начальных инвестиций

Передовые системы стоимостью \$100,000+ недоступны малым пожарным службам, создавая неравенство в технологическом оснащении.

4. Общественное сопротивление технологиям наблюдения

Опасения по поводу приватности, массового наблюдения через дроны создают политическое давление на ограничение применения.

Стратегические выводы

Сбалансированная оценка показывает, что БАС представляют трансформационную технологию для пожаротушения высотных зданий с

выдающимися преимуществами, но требующую **систематического подхода** к решению идентифицированных рисков.

Ключевые направления развития:

- Приоритет стандартизации международных протоколов
- Инвестиции в кибербезопасность и отказоустойчивость систем
- Развитие программ подготовки кадров и сертификации операторов
- Создание гибридных систем, сочетающих преимущества различных технологий

Матрица подтверждает, что **стратегические возможности** значительно превышают угрозы при условии проактивного управления рисками и системного подхода к внедрению технологий.

4. Оценка российского контекста (статистика, трудности, барьеры)

4.1 Статистический анализ и оценка рисков пожаров в высотных зданиях

1. Динамика основных показателей по пожарам в городах РФ (2019-2024 гг.)

Показатель	2019 г. ¹	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Количество пожаров, ед.	265 731	233 766	215 329	192 310	187 710	187 718
Погибло, чел.	4 312	4 256	4 482	3 968	3 991	3 792
Травмировано, чел.	6 286	5 511	5 528	5 267	5 515	5 486

¹ Примечание: В 2019 году изменился порядок статистического учета, что привело к резкому увеличению числа зарегистрированных пожаров по сравнению с предыдущими и последующими годами из-за включения в статистику новых категорий происшествий.

Источники: Таблица 1.1, стр. 5 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2019 г.»; Таблица 1.1, стр. 5 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.»; Таблица 1.1, стр. 5 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2024 г.»

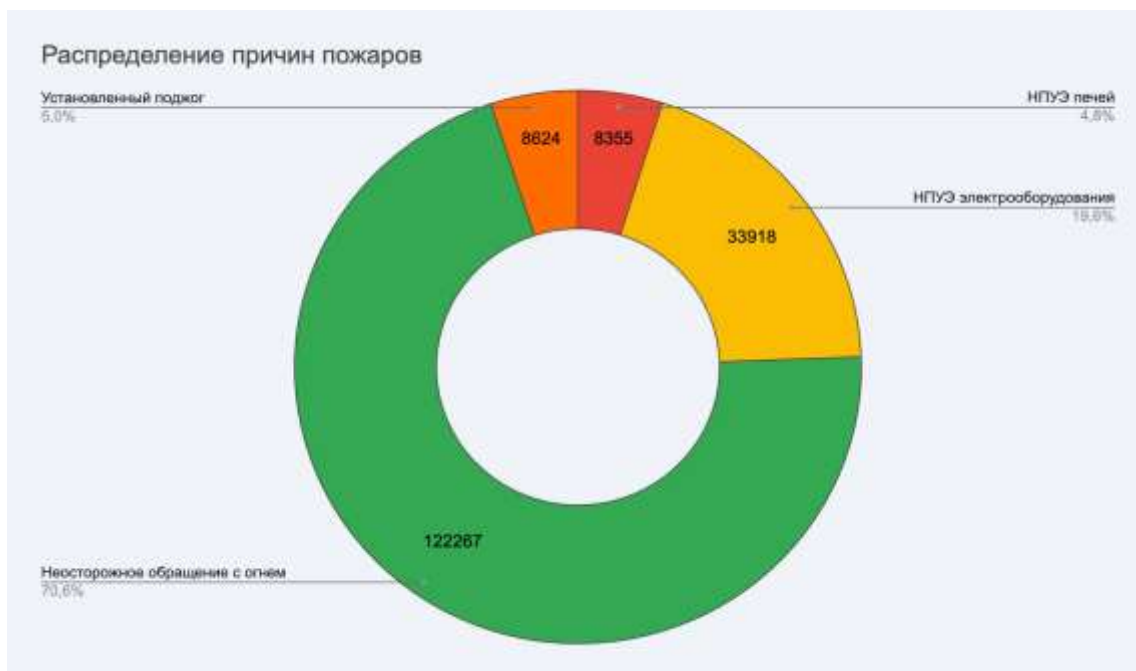
2. Основные причины и места возникновения пожаров в городах (2024 г.)

2.1. Список основных причин пожаров в городах

1. Неосторожное обращение с огнем – 122 267 случаев
2. Нарушение правил устройства и эксплуатации (НПУЭ) электрооборудования – 33 918 случаев
3. НПУЭ печей – 8 355 случаев

4. Установленный поджог – 8 624 случая

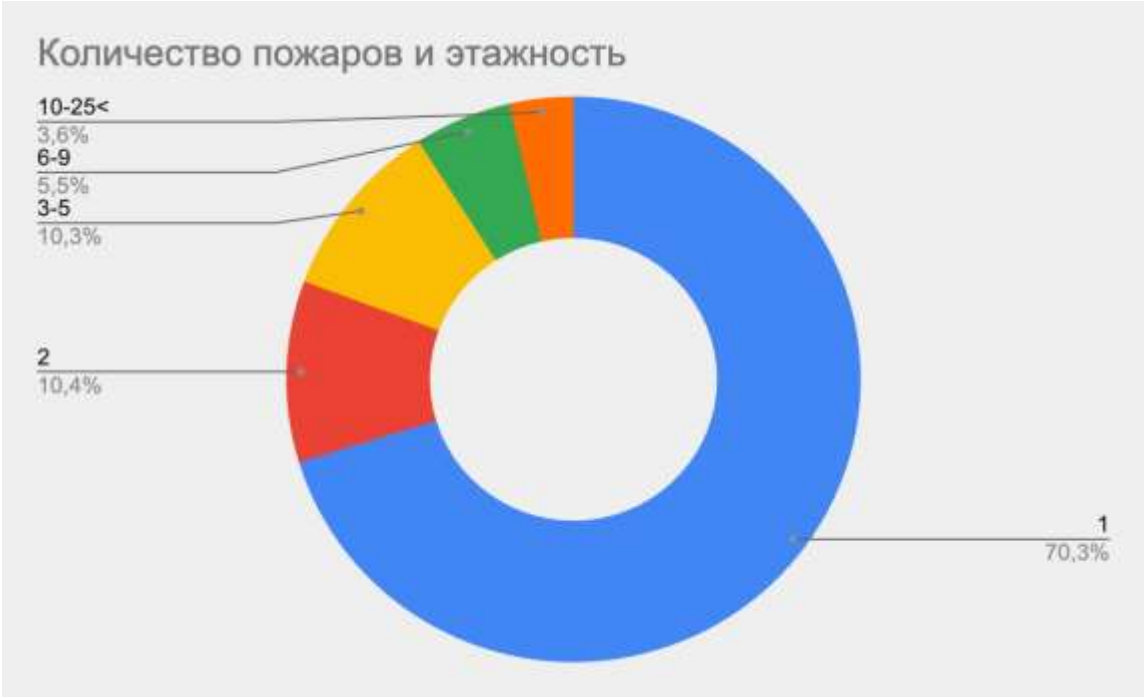
Источник: Таблица 4, стр. 11 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2024 г.»



2.2. Количество пожаров и этажность.

1. **1 этаж** – 70,3%
2. **2 этаж** – 10,4%
3. **3-5 этаж** – 10,3%
4. **6-9 этаж** – 5,5%
5. **10-25<этажей** – 3,6%

Источник: Таблица 26, стр. 30-32 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2024 г.»



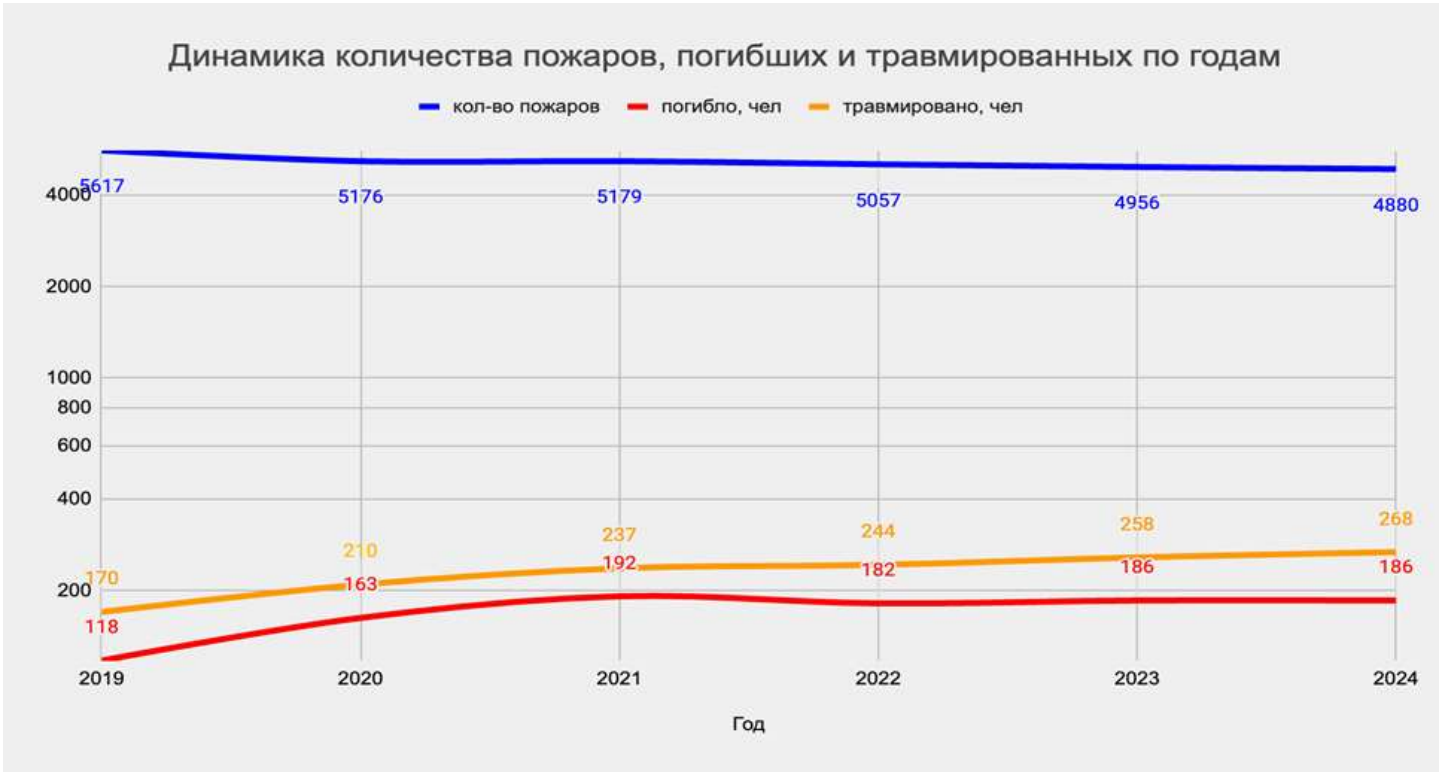
4.2. Статистика пожаров в высотных зданиях, РФ (2019-2024 гг.)

Этажность	Показатель	2019	2020	2021	2022	2023	2024
10-16 этажей	Количество пожаров	4169	3850	3870	3625	3644	3536
	Погибло, чел.	89	138	166	138	149	154
	Травмировано, чел.	129	179	205	183	206	223
17-25 этажей	Количество пожаров	1388	1242	1242	1342	1226	1229
	Погибло, чел.	25	24	24	44	36	28
	Травмировано, чел.	36	31	30	58	50	41
Более 25 этажей	Количество пожаров	60	84	67	90	86	115
	Погибло, чел.	4	1	2	0	1	4

	Травмировано, чел.	5	0	3	2	2	5
ИТОГО (10+эт.)	Кол-во пожаров	5617	5176	5179	5057	4956	4880
	Погибло, чел.	118	163	192	182	186	186
	Травмировано, чел.	170	210	237	244	258	268

Источники: Таблица 24, стр. 29 отчета за 2019 г.; Таблица 24, стр. 26 отчета за 2020 г.; Таблица 20, стр. 25 отчета за 2024 г. Данные за 2020 г. взяты из отчета за 2020, за 2019 из отчета за 2019 и т.д. В отчетах за разные года данные за один и тот же год могут незначительно отличаться. Приоритет отдан более новому отчету.

Общее количество пожаров и их жертв снижается, но в сегменте высотных пожаров видно обратную ситуацию: со снижением числа пожаров растет количество жертв.



4.3 Коэффициент риска и ущерба возникновения пожара

Методология расчета коэффициентов риска и ущерба

Методология разработана для расчета двух ключевых показателей, характеризующих опасность пожаров в высотных зданиях на основе статистических данных из отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2024 г.». Под высотными зданиями для целей данного расчета понимаются здания этажностью 10 и более этажей.

1. Коэффициент риска возникновения пожара в высотном здании (КРВП)

Определение: Коэффициент показывает долю пожаров, происходящих в высотных зданиях, от общего числа пожаров, зафиксированных в городах. Этот показатель позволяет оценить относительную частоту возгораний в данном сегменте зданий.

Формула расчета:

$$\text{КРВП (\%)} = (\text{Пвз} / \text{Пог}) 100\%$$

Где:

- **Пвз** – общее количество пожаров в зданиях высотной категории (например, 10-16, 17-25, 25+ этажей или их сумма) за отчетный период. *Источник данных: Таблица 20, стр. 25 отчета ВНИИПО, 2025 год.*
- **Пог** – общее количество пожаров в городах за тот же период. *Источник данных: Таблица 1.1, стр. 5 отчета ВНИИПО, 2025 год.*

Пример расчета для 2024 г. (здания 10+ этажей):

1. **Пвз (10+ этажей)** = 3 536 (10-16) + 1 229 (17-25) + 115 (>25) = **4 880** пожаров.
2. **Пог** = **187 718** пожаров.
3. **КРВП** = (4 880 / 187 718) 100% = **2,60%**

Вывод: В 2024 году 2,6% всех городских пожаров в России пришлось на здания высотой 10 и более этажей.

2. Коэффициент среднего ущерба от одного пожара в высотном здании

Данный коэффициент целесообразно рассчитывать по двум независимым показателям: тяжести последствий (человеческие жертвы) и прямому материальному ущербу.

2.1. Коэффициент тяжести последствий (КТП)

Определение: Показатель отражает среднее количество погибших в результате одного пожара в высотном здании. Он характеризует степень опасности пожара для жизни людей в зависимости от этажности.

Формула расчета:

$$\text{КТП (чел./пожар)} = \text{Гвз} / \text{Пвз}$$

Где:

- **Гвз** – общее количество погибших при пожарах в зданиях высотной категории за отчетный период. *Источник данных: Таблица 20, стр. 25 отчета ВНИИПО, 2025 год.*
- **Пвз** – общее количество пожаров в зданиях той же высотной категории за тот же период. *Источник данных: Таблица 20, стр. 25 отчета ВНИИПО, 2025 год.*

Расчета для 2024 г. (здания 10+ этажей):

1. **Гвз (17-25 этажей) = 186 человек.**
2. **Пвз (17-25 этажей) = 4 880 пожаров.**
3. **КТП = 186 / 4 880 = 0,038 чел./пожар.**

Вывод: В 2024 году в 26 пожарах в здании от 10 этажей и выше в среднем погибал один человек.

4.4 Трудности, с которыми сталкиваются пожарные расчеты при работе на высоте.

Классификатор трудностей	Карта потребностей (Решения с помощью БАС)		Ключевые инсайты (Выводы и цитаты экспертов)
1. Проблемы с доступом и развертыванием			
	<ul style="list-style-type: none"> Затрудненный подъезд к зданию: дворы, заставленные автомобилями, шлагбаумы, узкие проезды мешают установке крупногабаритной техники, в частности автолестниц. 	<ul style="list-style-type: none"> Оперативная воздушная разведка: БАС может быстро оценить обстановку с воздуха, найти оптимальные пути подъезда и определить место для установки техники. Первичное воздействие: Доставка огнетушащих веществ (например, капсул) для сдерживания огня до прибытия основных сил. 	<p><i>«Самое первое, что у нас встречается на пути — это шлагбаум... потом ... заставленный автомобилями двор. Нам очень сложно установить подъемный механизм».</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> Подъем на высоту: Длительный и энергозатратный подъем 	<ul style="list-style-type: none"> Доставка грузов: Тяжелый БАС может доставить необходимое оборудование (рукавные линии, 	<p><i>«Основная потеря времени — это подъем на этажи».</i></p>

	<p>личного состава и оборудования (до 50 кг на человека) по лестницам, особенно выше 10-го этажа.</p>	<p>мотопомпы, спасательные комплекты, гидравлический инструмент) на нужный этаж или крышу. Это экономит время и силы пожарных.</p>	<p><i>«Если 20 этаж брать, то при подъеме уже на 20 этаж человек, который поднимает на себе 50 килограмм, на этаже уже чувствует себя не совсем свежим».</i></p>
2. Разведка и оценка обстановки			
	<ul style="list-style-type: none"> • Недостаток информации: Сложность быстрой оценки очага и площади пожара, а также наличия людей в зоне риска. Информация от очевидцев часто неточна. 	<ul style="list-style-type: none"> • Комплексный мониторинг: БАС с тепловизором и оптической камерой обеспечивает получение полной картины пожара в реальном времени, выявляет скрытые очаги горения и помогает обнаружить пострадавших у окон. 	<p><i>«Основное — это, наверное, наличие людей на этаже в горящем помещении... И второе — это, что горит, и площадь его загорания, как происходит развитие пожара. Это самое сложное».</i></p>
3. Спасение людей и тушение пожара			

	<ul style="list-style-type: none"> • Эвакуация пострадавших: Люди часто оказываются отрезанными огнем и дымом на верхних этажах. Звено из трех пожарных может эвакуировать только одного человека без сознания. 	<ul style="list-style-type: none"> • Доставка средств спасения: БАС может оперативно доставить индивидуальные спасательные комплекты (самоспасатели, огнестойкие накидки) людям, заблокированным на балконах, давая им шанс дожидаться помощи. 	<p><i>«Одно звено, это из трех человек пожарных, в силах вывести только одного».</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Подача огнетушащих веществ (ОТВ): Подъем пожарного рукава по лестнице ограничен высотой 100 метров. Большинство лестниц рассчитаны на 12 этажей максимум. Внутренние противопожарные системы зданий не всегда исправны. 	<ul style="list-style-type: none"> • Подавление огня снаружи: БАС может подавать воду или пену через окно для сдерживания огня, снижения температуры и предотвращения его распространения по фасаду, что облегчает работу штурмовых групп внутри. 	<p><i>«Если беспилотник будет в силах поднять на 30 этаж какую-то линию и подать гнетищие вещества в окно, то это уже будет большим плюсом и огромной помощью для пожарных».</i></p>

4.5 Барьеры, препятствующие внедрению БАС в деятельность МЧС

Категория барьеров	Описание барьеров и ключевые инсайты
Нормативно-правовые	<ul style="list-style-type: none">• Эксплуатация БВС тяжелее 30 кг подпадает под регулирование, аналогичное пилотируемой авиации, что требует избыточного обучения и аттестации пилотов по требованиям большой авиации.
	<ul style="list-style-type: none">• Отсутствие профильного законодательства БАС: нет отдельных нормативных актов для беспилотников в госавиации; они регулируются общими, избыточными правилами. Ожидается, что создание в Вооруженных Силах нового рода войск БАС станет толчком для разработки новой нормативной базы, на которую сможет опереться МЧС.
	<ul style="list-style-type: none">• Разрешительный порядок взлета: хотя при ЧС действует приоритет, по закону получение разрешения на полет может занимать до 3 часов. На практике в Москве это происходит быстрее (15-20 минут), но это неформальная договоренность, а не норма закона.
Технологические	<ul style="list-style-type: none">• Реактивная сила струи: Мощная струя воды или пены создает реактивную силу, которая может дестабилизировать БАС в воздухе.
	<ul style="list-style-type: none">• Грузоподъемность и вес коммуникаций: БАС должен поднимать вес рукавной линии, системы разведки и противоаварийные системы.

	<ul style="list-style-type: none"> • Нет опытных данных аварийных ситуаций и испытаний противоаварийных систем в городских условиях (потеря управления, падение БВС).
Организационно-штатные	<ul style="list-style-type: none"> • Дефицит кадров и их подготовка: Нехватка личного состава в частях требует минимум двух специалистов для управления БАС во время пожара. Требуется разработка специализированных программ обучения и создание учебных центров.
	<ul style="list-style-type: none"> • Интеграция в структуру: оснащать каждую пожарную часть тяжелыми БАС нецелесообразно. Отсутствует единая стратегия по внедрению БАС в подразделения МЧС.
	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие тактики применения: не разработаны четкие алгоритмы взаимодействия оператора БАС и пожарных расчетов на месте ЧС. Требуются масштабные учения и практическая апробация для выработки эффективных тактик.
	<ul style="list-style-type: none"> • Психологический барьер: Консерватизм, привычка работать "по старинке" и боязнь ответственности за повреждение дорогостоящей техники замедляют внедрение инноваций.
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая стоимость: Тяжелые пожаротушающие БАС и комплексы на их базе являются дорогостоящим оборудованием, массовая закупка которого — серьезная нагрузка на бюджет. Однако, цена комплекса БАС сопоставима со стоимостью автолестницы.

	<ul style="list-style-type: none"> • Совокупная стоимость владения: необходимо учитывать расходы на обслуживание, ремонт, создание инфраструктуры (спецавтомобили, места хранения) и регулярное обучение персонала.
--	--

5. Сценарий применения пожарных БАС при тушении высотных зданий

Источник: «Исследование и оценка возможностей беспилотных авиационных систем по тушению пожаров в высотных зданиях и сооружениях» (НИР «Пожарная БАС»), ВНИИПО, 2022 год

1. Прибытие и оперативное развертывание

При поступлении вызова о пожаре в высотном здании, на место происшествия вместе с основными пожарно-спасательными подразделениями направляется расчет БАС.

- **Проблема:** Традиционное развертывание сил и средств для тушения пожаров в высотках занимает много времени. Существуют сложности с подъездом спецтехники и организацией подачи огнетушащих веществ (ОВ) на верхние этажи.
- **Решение с БАС:** Прибытие и подготовка БАС. Время боевого развертывания системы БАС значительно меньше — **11 минут** по сравнению с **30,5 минутами** для традиционных подразделений, что сокращает общие временные затраты на **21%**.

Выбор тактики и оборудования

Руководитель тушения пожара, оценив обстановку, выбирает способ применения БАС: **Непрерывная подача воды от наземного источника**

1. **Подготовка:** Пожарный автомобиль с насосной установкой высокого давления (например, АЦ-3,2-40/4 с установкой «Кобра») подключается к гидранту. К БАС подсоединяется легкий и прочный пожарный рукав высокого давления.
2. **Действия:** БАС поднимается на высоту пожара. Оператор, используя системы технического зрения, точно позиционирует аппарат на безопасном расстоянии от фасада

(минимум **6-11 метров**) и подает воду или компрессионную пену непосредственно в очаг возгорания через оконные проемы.

3. **Оснащение:** БАС оснащается как системами струйного пожаротушения, так и сбрасываемыми капсулами.

4. **Действия:** при необходимости БАС сначала использует специальные снаряды для разрушения остекления. Затем аппарат доставляет и активирует модули с ОВ, что позволяет быстро подавить горение.

2. Управление и контроль

Все действия координируются из наземного пункта управления.

- **Управление полетом:** оператор контролирует полет и позиционирование БВС с помощью систем автоматического управления, которые стабилизируют аппарат в условиях турбулентности и компенсируют реактивную силу от пожарного ствола.
- **Безопасность:** обеспечивается постоянный контроль за безопасностью применения БАС в воздушном пространстве, а также безопасность персонала на земле. Системы оснащены средствами радиоэлектронной защиты.
- **Завершение операции:** после ликвидации возгорания БАС возвращается на точку старта. Расчет проводит техническое обслуживание и готовит систему к следующему выезду.

Обозначение	Временные параметры, мин.	Подр. пож. охраны	Подр. БАС
tс	время сообщения	1	1
tобр	время обработки вызова	1	1
tсб	время сбора и выезда дежурных караулов	1	1
tслед макс	максимальное время следования	8,1	8,1
tбр	время боевого развёртывания	30,5	11
tвкл	время проведения рабочей проверки и включения СИЗОД	1	1
tпод ОВ	время подъёма огнетушащего вещества на заданную высоту	3,4	0,35
tтуш	время тушения	6	17,6
T	общие временные затраты	ТПО =52	ТБАС =41,1

Результативность научной работы:

ТПО – ТБАС

ТПО

РНР = 100%

$R_{нр} = (ТПО - ТБАС) / ТПО \cdot 100\% = (52 - 41,1) / 52 \cdot 100\% = 21\%$

6. Существующие решения

«Лаборатория будущего» предлагает 2 сценария применения БАС при пожаре.

Пожаротушащий БАС «Грузовик М500» Лаборатории будущего

Вес платформы	40 кг
Максимальная масса полезной нагрузки	70 кг
Оптимальная масса полезной нагрузки	50 кг
Количество электродвигателей	4 шт.
Длина x Ширина x Высота	1900x1900x650 мм



Успешные испытания беспилотных авиационных систем (БАС) для тушения высотных зданий

В начале октября «Лаборатория будущего» совместно с компаниями «Пожгидравлика», ЗПА «СПЕЦАВТОТЕХНИКА», «Фазотрон-ВМЗ» и ГУ МЧС России по Свердловской области провела успешные испытания БАС для тушения пожаров.

Первый этап: аэродром «Логиново», 30 сентября

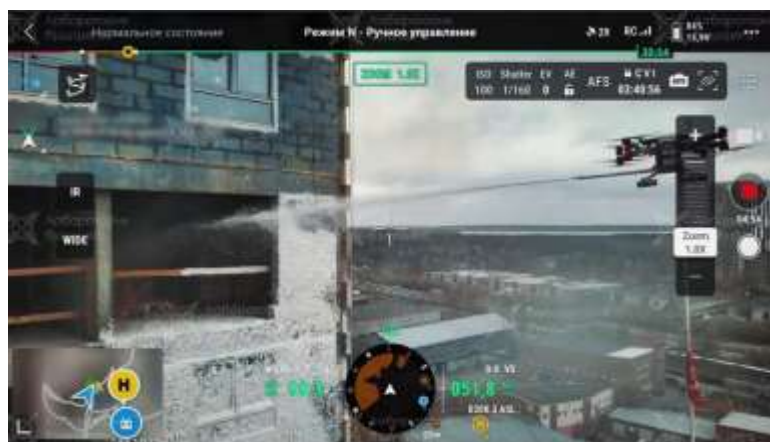
- **Задача:** Отработка высотных полетов и тушения условного возгорания.
- **Процесс:**
- БВС «Грузовик М500» поднимались на высоту 60 и 100 метров.
- Производилось тушение условного огня с помощью пенного раствора под различным напором.
- **Результаты:** Продемонстрирована устойчивость беспилотников, уверенное пилотирование на большой высоте и точная подача огнетушащего вещества. Этап признан успешным.

Испытания в городских условиях и итоги

Второй этап: Екатеринбург, строящееся 33-этажное здание, 1 октября 2025 года.

- **Задача:** Ликвидация условного пожара на высоте 50 метров.
- **Процесс:** Беспилотник «Лаборатории будущего» выполнил:
- Взлет.
- Зависание на заданной высоте.
- Точную подачу огнетушащего вещества в цель.

Итог: Испытания подтвердили готовность технологии к работе в реальных условиях тушения пожаров в высотных зданиях.



<https://t.me/cablewalkerLB/305>

Спасательный БАС «Муравей» Лаборатории будущего

Снаряженная масса	15 кг
Масса полезной нагрузки	До 10 кг
Максимальная взлётная масса	До 24 кг
Продолжительность полета с нагрузкой	16 минут
Максимальная скорость полета	22 м/с
Максимальная скорость ветра	10 м/с
Длина x Ширина x Высота	1150x1150x710 мм



Испытания технологии спасения с применением БАС

Цель: Отработка спасения людей при пожаре в 30-этажном доме (100 м) с помощью беспилотных авиационных систем (БАС) в городских условиях.

Место и дата:

- **Объект:** Строящийся 30-этажный жилой дом, г. Екатеринбург.
- **Даты:** 21 и 23 мая 2025 года.

- **Погодные условия:** Испытания проводились при ветре 4 м/с с порывами до 20 м/с.

Участники:

- Главное управление МЧС России по Свердловской области.
- ООО «Лаборатория будущего» (разработчик технологии).
- Специализированная альпинистская организация.

Сценарий:

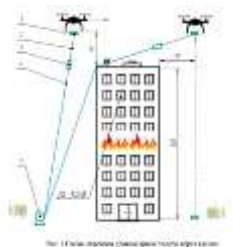
- Имитация пожара в квартире на 24 этаже с двумя заблокированными пострадавшими.
- Задача: установить связь с пострадавшими, доставить средства защиты, организовать систему для безопасного спуска одного из них по фасаду здания.

Технология и результаты

Этапы выполнения:

1. Доставка помощи и связь:

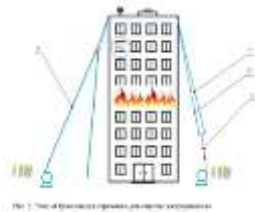
- FPV-дрон доставил в окно квартиры на 24-м этаже (высота 72 м) «Самоспасатель» и дисплей для двусторонней видеосвязи.



- Была установлена связь с "пострадавшей" и получена информация о ситуации.

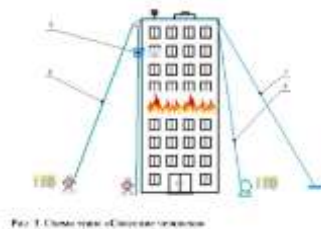
2. Организация страховки:

- Тяжелый дрон БАС «Муравей» (грузоподъемность до 15 кг) перенес через крышу 100-метрового здания трос-лидер.
- С помощью троса через здание были перетянуты и закреплены две основные альпинистские веревки для организации верхней страховки.



3. Спасение:

- Пострадавшая, следуя инструкциям по видеосвязи, надевает спасательную систему, переданную ей с земли по веревке.
- Был осуществлен успешный спуск с высоты 24-го этажа по фасаду здания на землю под контролем страхующих.



Итоги:

- **Все цели достигнуты:** Технология признана успешной и перспективной для дальнейшей доработки.
- **Время операции:** Полный цикл спасения одного человека с высоты 100-метрового здания может составлять **20 минут** при отработанной технике.
- **Готовность к спасению следующего:** 5 минут.



<https://t.me/cablewalkerLB/140>, видео с 1:34 мин.

Решение компании КРЭТ.

Модель: КВВ-1

Начало разработки: 2024г.

ТТХ: - максимальная дальность полёта: 12 км;

- масса полезной нагрузки: 85 кг;

- максимальная скорость: 54 км/ч;

- максимальный взлётный вес: 170 кг;

- продолжительность полёта с питанием от наземной станции на высоте до 150м: 72 ч;

- максимальная высота полёта: 5000 м;

- габаритные размеры: 2710x2704x944 мм;

Сценарий использования: предназначен для тушения пожаров с подачей огнетушащего вещества с земли через рукавную линию диаметром 38 или 51 мм.

Период испытаний и их результаты: 2025г

УГТ модели: 6

Ожидаемая стоимость БВС: 11 700 000 руб.

Испытания и тестирование.

Представители МЧС оценили тяжелый КВВ-1 как аппарат, хорошо показывающий себя на противопожарных учениях. Требуется разработка комплексного решения для тушения пожаров с использованием БПЛА и устройства подачи пенного состава.

7. Оценка рыночного потенциала ниши БАС в РФ (сценарное моделирование)

7.1 Пожаротушащий комплекс БАС

Ориентировочная стоимость комплекса 15,7 млн. рублей

Состав: АВТОЦИСТЕРНА ПОЖАРНАЯ АЦ 10,0 НА БАЗЕ КАМАЗ-65115

Модель	АЦ 10,0-40
Шасси, КАМАЗ	65115
Колесная формула	6х4
Двигатель дизель, номинальная мощность	219/9,5
Боевой расчет включая водителя	6...7
Вместимость цистерны для воды, л	10000
Вместимость бака для пенообразователя, л	600
Насос пожарный центробежный	НЦПН-40/100
Производительность в номинальном режиме, л/с	40
Напор насоса в номинальном режиме, м	100
Ствол лафетный стационарный	ЛС-С40У
Габаритные размеры, м	8,6х2,5х3,2

Ориентировочная стоимость 11 млн. рублей

<https://uralpt.ru/catalog/avtotsisterna-pozharnaya-ats-100-na-baze-kamaz-43118>

Генератор 50кВт

Номинальная мощность	50 кВт (62.50 кВА)
Максимальная мощность	55 кВт (68.75 кВА)

Напряжение	380 В
Число фаз	3
Частота	50 Гц
Расход топлива (75% нагрузка)	12 л/ч
Объем топливного бака	170 л
Масса	877 кг
Габариты	1700x800x1260 мм

Ориентировочная стоимость 700 тыс. рублей

https://generator-rf.ru/dizelnye-generatory/fubag/dizel-nyj-generator-fubag-ds-68-da-es-trehfaznaya_otkrytaya/

БАС «Грузовик М700»

Характеристики беспилотника смотрите на слайде БАС «Грузовик М700»

Ориентировочная стоимость 5 млн. рублей

<https://cablewalker.com/products/700/>

7.2 Сравнение с пожарными автолестницами

Средняя стоимость пожарной автолестницы (30 метров) 17,98 млн. рублей

Источники

<https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/notice223/common-info.html?noticeInfoId=15567709>

<https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea20/view/common-info.html?regNumber=0119200000123003257>

7.3 Оценка потенциала ниши пожаротушающих комплексов БАС для МЧС РФ

Введение и методология

1.1. Определение расчетной базы

Наиболее реалистичным и приоритетным сценарием первичного внедрения БАС является оснащение пожарных частей (ПЧ) в крупнейших городских агломерациях (городах-миллионниках).

- **Расчетная база:** на основе анализа 14 крупнейших агломераций РФ, потенциальный объем первичного оснащения составляет **556 пожарных частей**.
- Ассоциация не получила ответ на запрос в МЧС о точном количестве пожарных частей в городах-миллионниках.
- Эта цифра получена путем исследования открытых источников, таких как: Яндекс.Карты, 2ГИС, сайты региональных МЧС.

1.2. Исходные данные и допущения

- **Бюджет МЧС РФ** на обновление технических средств (2024-2025 гг.) составляет **7,0 млрд рублей в год**.
 - Источник: <https://tass.ru/ekonomika/15899761>
- **Полная стоимость 1 комплекса БАС** (включая обучение) составляет **16,26 млн рублей**.
- **Декомпозиция стоимости:**
 - Стоимость БВС: 5,0 млн рублей (30,75% от общей стоимости).
 - Стоимость обучения персонала (8 операторов): 0,56 млн рублей (3,44% от общей стоимости).
 - Автоцистерна пожарная АЦ 10,0: 11,0 млн рублей
 - Генератор 50 кВт: 0,7 млн рублей

Важное уточнение:

Срок службы БВС — 5 лет (амортизация с полным списанием на 6-й год).

ТОиР — 10% от стоимости БВС в год = 0,5 млн руб./год/БВС.

То есть ежегодные операционные затраты на 1 БВС = 1,5 млн руб.

Расчеты были произведены с учетом стоимости списываемых БВС.

Стартовое допущение: На закупку комплексов БАС в первый год (Год 1) выделяется 1% бюджета = 70 млн руб. → 4 комплекса (16 млн руб.) + $4 \times 0,5$ млн руб. ТОиР = 2 млн руб., итого — 18 млн руб.

2. Гипотезы исследования

Моделирование основано на двух независимых группах гипотез: определении общей емкости ниши (Гипотеза 1) и определении скорости его освоения (Гипотеза 2).

2.1. Гипотеза 1: Модель насыщения ниши

Определяет итоговую потребность в 556 пожарных частях.

- **Н1-Р (Реалистичная емкость):** Пожарные части оснащаются по 1 комплексу БАС.
- **Н1-О (Оптимистическая емкость):** Пожарные части оснащаются по 2 комплексу БАС. (Данная гипотеза основана на экспертных мнениях, согласно которым для эффективного тушения требуется 2 комплексу).

2.2. Гипотеза 2: Модель скорости внедрения (CAGR)

Определяет скорость, с которой МЧС будет наращивать долю БАС в бюджете на переоснащение до целевого показателя в 50%+.

- **H2-O (Оптимистичный прогноз):** Срок достижения цели 11-13 лет.
- **H2-R (Реалистичный прогноз):** Срок достижения цели 15-18 лет.
- **H2-P (Пессимистичный прогноз):** Срок достижения цели 19-23 лет.

3. Анализ емкости и скорости освоения ниши

3.1. Расчет емкости ниши

На основе Гипотезы 1, "потолок" ниши для 14 агломераций составляет:

Сценарий емкости	Комплексов	Капитальные затраты, млрд Р	Затраты на БВС (30,75%), млрд Р
Реалистичный (H1-R)	556 шт.	10,8-17,03	3,92-6,13
Оптимистичный (H1-O)	1 112 шт.	22,93-32,80	8,29-11,40

Чем ниже скорость внедрения, тем выше затраты на БАС.

4. Сценарное моделирование: Анализ достижения насыщения

Ниже приведен стресс-тест, показывающий, на какой год происходит насыщение ниши (достижение 556 или 1112 шт.) при каждой из трех скоростей роста бюджета (CAGR).

4.1. Сценарий А: Реалистичная емкость (Цель: 556 комплексов)

Период / Показатель	Оптимистичный (47,9%)	Реалистичный (30,1%)	Пессимистичный (21,5%)
Год 1 (Старт)	4	4	4
Год 5 (Накоплено)	53	35	31
Год 10 (Накоплено)	360	133	84
Год достижения цели	Год 11 (533 шт.)	Год 15 (555 шт.)	Год 19 (513 шт.)

Срок цели — 50% доли	Год 11	Год 15	Год 20
-------------------------	--------	--------	--------

- **Оптимистический (47,9%):** Насыщение ниши (556 шт.) и достижение 50% доли бюджета происходят **одновременно** — на 11-й год.
- **Реалистичный (30,1%):** Насыщение ниши (556 шт.) происходит на 15-й год, **раньше**, чем доля бюджета достигает 50% (на 15-й год).
- **Пессимистический (21,5%):** Насыщение (556 шт.) происходит на 19-й год, **значительно раньше**, чем доля бюджета достигает 50% (на 20-й год).

4.2. Сценарий В: Оптимистическая емкость (Цель: 1112 комплексов)

Период / Показатель	Оптимистичный (47,9%)	Реалистичный (30,1%)	Пессимистичный (21,5%)
Год 1 (Старт)	4	4	4
Год 10 (Накоплено)	360	133	84
Год 15 (Накоплено)	1 920	728	347
Год достижения цели	Год 13 (1 168 шт.)	Год 18 (1 094 шт.)	Год 23 (1 107 шт.)
Срок достижения 50% доли	Год 11	Год 15	Год 20

- **Оптимистический (47,9%):** Доля бюджета 50% достигается на 11-й год, **раньше**, чем рынок насыщается (на 13-й год). Это означает, что после 11-го года бюджет на БАС (3.5 млрд+ в год) будет *превышать* потребность в оснащении оставшихся ПЧ в 14 городах.
- **Реалистичный (30,1%):** Доля 50% достигается на 15-й год, **раньше**, чем рынок насыщается (на 18-й год).

- **Пессимистический (21,5%):** Доля 50% достигается на 20-й год, насыщение ниши произойдет на 23-й год.

8. Заключение

Анализ мирового опыта показывает, что беспилотные авиационные системы (БАС) перестали быть экспериментальной технологией и перешли в разряд стратегически значимых средств для тушения пожаров в высотных зданиях. В Европе и Северной Америке БАС уже штатно используются в разведывательной роли, повышая ситуационную осведомлённость и снижая риски для личного состава. В то же время Азия и Ближний Восток совершили качественный скачок: в Китае (Шэньчжэнь), Южной Корее (Сеул) и ОАЭ (Абу-Даби) внедрены тяжёлые огнетушащие БВС с кабельным питанием, роевым ИИ и реактивной тягой, способные сокращать время первой подачи ОТВ с 9–12 до 2–4 минут и снижать расход воды на 25–30%.

В России долевое соотношение погибших и пострадавших в зданиях 10<этажей выше, чем при низкоэтажных пожарах.

Российские разработки («Грузовик М500/М700», «Муравей», КВВ-1) успешно прошли испытания в 2025 г. и подтвердили техническую готовность к внедрению.

Рыночный потенциал для 14 городов-миллионников оценён в 1112 комплексов ($\approx 27,8$ млрд руб.). При реалистичном темпе внедрения ($CAGR = 30,1\%$) — насыщение ниши возможно за 15 лет.

Рекомендации

1. Нормативно-правовое сопровождение

- Инициировать разработку специализированного регулирования БАС в госавиации (отдельно от пилотируемой авиации), с акцентом на:

- упрощённую аттестацию пилотов (до 72 часов обучения для БВС ≤ 150 кг),
- ускоренный порядок получения разрешений на взлёт при ЧС (макс. 15 мин),
- чёткое определение ответственности за аварии с участием БАС.
- опереться на опыт создания нового рода войск БАС в ВС РФ для формирования правовой базы.

2. Пилотное внедрение

- Начать с оснащения 4–6 пилотных подразделений в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге (всего ~20 комплексов в 2026–2027 гг.).

3. Тактика и подготовка кадров

- Разработать и утвердить единые тактические алгоритмы применения БАС совместно с штурмовыми группами.
- Ввести обязательную переподготовку командиров звеньев по взаимодействию с БАС.

Заключительный вывод

БАС — не замена традиционным средствам, а гибридное усиление, закрывающее ключевые тактические разрывы. При системном подходе: нормы + тактика + кадры + технологии.

9. Глоссарий

Термин	Определение
БАС (Беспилотные Авиационные Системы)	Комплекс, включающий БВС (беспилотные воздушные средства), наземную станцию управления, средства связи и поддержки. Применяется в пожаротушении для разведки, тушения, доставки грузов и спасения людей.
БВС (Беспилотные Воздушные Средства)	Летательный аппарат (дрон, квадрокоптер и др.) как компонент БАС. Может быть лёгким (разведка) или тяжёлым (подача ОТВ, спасение).
Tethered- системы	Привязные БАС с кабелем для непрерывного питания и/или подачи огнетушащих веществ. Обеспечивают неограниченное время полёта и функцию «летающего гидранта», но ограничены длиной кабеля.
LiDAR SLAM	Технология лазерного сканирования с одновременной локализацией и картографированием (Simultaneous Localization and Mapping). Позволяет БАС автономно ориентироваться и строить 3D-модель окружающей среды в реальном времени, особенно в GPS-denied условиях.
GPS-denied навигация	Режим ориентирования беспилотной системы в зонах отсутствия или нестабильности GPS-сигнала (например, в плотной городской застройке), реализуемый за счёт LiDAR, инерциальных датчиков, технического зрения и визуального распознавания.
Роевая технология / Роевой интеллект	Координация группы дронов (роя) с помощью алгоритмов искусственного интеллекта для совместного выполнения задач (разведка, тушение, доставка) без взаимных помех, перекрытия струй и коллизий.

AI-направляемое тушение	Применение ИИ для автоматического обнаружения очагов возгорания по данным тепловизионного и видеомониторинга, расчёта траекторий и наведения БАС на цель без участия оператора.
BVLOS-разрешения (Beyond Visual Line of Sight)	Специальные разрешения на полёты за пределами визуальной видимости пилота. Требуются для автономных или дистанционных операций в городской среде и регулируются национальными авиационными властями.
IoT-датчики	Сеть датчиков Интернета вещей (температура, дым, газ), интегрированных в инфраструктуру зданий, способных автоматически инициировать запуск БАС при превышении пороговых значений.
ROI (Return on Investment)	Показатель окупаемости инвестиций в БАС, рассчитываемый через снижение прямого ущерба от пожаров, сокращение расходов на традиционную технику и сокращение травматизма. Достигается, как правило, за 4–6 лет.
CAGR (Compound Annual Growth Rate)	Среднегодовой темп роста рынка БАС. По прогнозам (2024–2032 гг.): 11% (базовый сценарий), до 47,9% — в оптимистичных моделях внедрения в РФ.
NFPA / ISO	Международные стандарты сертификации пожарного оборудования: National Fire Protection Association (США) и International Organization for Standardization. Отсутствие соответствия этим стандартам — барьер для глобального внедрения БАС.
MBZIRC	Mohamed Bin Zayed International Robotics Challenge — международные соревнования по робототехнике (Абу-Даби), в рамках которых тестировались и отрабатывались технологии БАС для тушения высотных пожаров. Стал основой для проекта Suhail.
DOFEC	Система автономного тушения пожаров в высотных зданиях, разработанная командой MRS CTU на основе опыта MBZIRC. Включает ИИ-управление, LiDAR SLAM и кабельную подачу ОТВ.

Suhail	Первый в мире реактивный огнетушащий БАС (ОАЭ, ADCDA, 2025 г.). Оснащён 8 турбореактивными двигателями, керамико-карбоновым корпусом, LiDAR и привязным рукавом. Работает автономно на высоте до 300 м.
EHang EH216-F	Тяжёлый пожаротушащий дрон китайской компании EHang. Грузоподъёмность — до 220 кг, время полёта — 21 мин. Приводится как пример технологического компромисса: большая нагрузка ↔ ограниченная автономность.
SkyCannon	Вертолётная система пожаротушения, подающая струю до 38 м со скоростью 6 000 л/мин. Сравнивается с БАС по эффективности и стоимости эксплуатации (\$6 000/час); является «верхней границей» по мощности, но высокочувствительна и метеозависима.
Hose-lift	Тактика подъёма пожарного рукава к окну или проёму с помощью дрона (например, МНП-прототип в Токио). Сокращает время развёртывания внутренних стволов с 30 до 8 мин.

10. Список использованных источников.

ссылки на источники:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tallest_buildings_in_Shenzhen
2. https://www.eyeshenzhen.com/content/2024-02/05/content_30802883.htm
3. <https://en.kewetai.com/wrjjqjs>
4. <https://spideruav.com/product/industrial-drone/h300-firefighting-drone/>
5. <https://www.youtube.com/shorts/EVQcD2OPuLY>
6. <https://english.news.cn/20250625/749ba9098dbf4aceaa51729098142fcf/c.html>
7. <https://51kufei.oss-cn-shenzhen.aliyuncs.com/droneworldcongress.com/file/2024droneworldcongress-en.pdf>

8. <https://www.youtube.com/watch?v=qd2lWg7odWU>
9. <http://koreabizwire.com/collective-drones-deployed-to-fight-fires-at-high-rise-buildings/198929>
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Seoul_Metropolitan_Fire_and_Disaster_Management_Headquarters
11. <https://www.ajupress.com/view/20200923161957365>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=sA4TW1UEW7o>
13. <https://smartcity.go.kr/en/2022/01/19/서울시-재난현장의-눈소방드론-5년새-현장출동-10/>
14. <https://english.seoul.go.kr/drones-public-safety-domain/>
15. <http://koreabizwire.com/fire-department-drone-deployments-in-south-korea-nearly-triple-in-three-years/307997>
16. <https://www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/korea-to-develop-firefighting-and-bird-repelling-drones-for-nationwide-operations/>
17. <https://internationalfireandsafetyjournal.com/uae-drone-firefighting-technology-launched-at-expo-2025/>
18. <https://www.firemiddleeastmag.com/abu-dhabi-civil-defence-launches-drones-with-thermal-imaging-to-help-fight-tower-fires/>
19. <https://gulfnews.com/uae/emergencies/uae-unveils-worlds-first-jet-powered-firefighting-drone-suhail-at-expo-2025-in-osaka-1.500143999>
20. <https://www.adcda.gov.ae/en/media-centre/News/Abu-Dhabi-Civil-Defence-Authority-unveils-worlds-first-jet-powered-unmanned-firefighting-aircraft>

21. <https://www.adcda.gov.ae/en>
22. <https://gulfbusiness.com/uae-breakthrough-worlds-first-jet-powered-firefighting-aircraft-unveiled/>
23. <https://ruavia.su/index-2025-ka-32a11m-helicopter-for-high-rise-firefighting/>
24. https://eng.belta.by/partner_news/view/abu-dhabi-civil-defence-authority-unveils-worlds-first-jet-powered-unmanned-firefighting-aircraft-168450-2025/
25. <https://www.youtube.com/watch?v=kt4Y4adVfwM>
26. <https://fly4future.com/development-and-prototyping/drones-for-firefighting-in-high-rise-buildings/>
27. <https://www.ku.ac.ae/using-drones-to-fight-high-rise-building-fires-presents-a-real-challenge-in-the-mohamed-bin-zayed-international-robotics-challenge-2020>
28. <https://www.thenationalnews.com/news/uae/2025/04/08/how-uae-search-and-rescue-is-embracing-new-technology/>
29. https://www.linkedin.com/posts/thenationalnews_from-ai-supported-decisions-to-high-rise-activity-7315411023639785474-fHoS
30. <https://news.uppersetup.com/technology/2025/05/27/uae-launches-worlds-first-jet-powered-firefighting-drone/>