

# Комплексный анализ пожаротушащих беспилотных воздушных судов (БВС)

**2025 год**

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
<b>2. Гипотезы исследования .....</b>	<b>79</b>
<b>3. Анализ емкости и скорости освоения ниши .....</b>	<b>80</b>
<b>4. Сценарное моделирование: Анализ достижения насыщения .....</b>	<b>80</b>
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 объемы 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-BAC	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
OTB / OB	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 неопределенность (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 развертывания 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://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://enterprise.dji.com/mavic-2-enterprise-advanced>
- <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.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.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/brandbekämpfung-berliner-feuerwehr-erhält-vier-einsatzdrohnen-zur-aufklärung-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://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  $640 \times 512$  px и зум-камерам  $30\text{--}32\times$  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-arizona-fire-department-launches-drone-program/>
- [https://www.phoenix.gov/content/dam/phoenix/commsite/documents/drones/PFD\\_UAS\\_Newsletter\\_2024.pdf](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:** Аэоразведка 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 DJI, 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 МНЛ-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 мощь	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 вертолётом (дорого, зависит от погоды) и лестницей (недоступна в узких улицах).

## Источники:

- <https://prtims.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://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 «перекрытие 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, Шэнъчжэнь).

## **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 Кейпте 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 шары. 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-fighter-drones](https://www.csir.co.za/science_scope/shoulder-to-shoulder-with-smmes-v22-no2-2024/k-line-sensor-fighter-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://eastleighvoice.co.ke/kfs/92680/kenya-launches-sh2-8-billion-forest-fire-detection-system-to-combat-fires)
- [\*https://big3africa.org/2024/11/28/kenya-boasts-forest-fire-defense-with-sh-2-8b-french-aid/\*](https://big3africa.org/2024/11/28/kenya-boasts-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.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/\*](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 подтверждённого 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://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 ближосточные 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 вертолётом 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  $> 45$  °С и песчаной дымке, когда использование вертолётов 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 пожаротушащих дронов

### Динамика роста мирового рынка пожаротушащих дронов (2021-2025)



### 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 выше 150 метров, стал глобальной испытательной площадкой для передовых технологий пожаротушения.<sup>[1][2]</sup>

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:**<sup>[3]</sup>



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

#### **Уникальные тактические возможности:**<sup>[2]</sup>

- **AI-направляемое тушение:** Разведывательные дроны определяют очаг, огнетушащие дроны автоматически наводятся
- **Показатели системы:** 1200л/мин при подключении к пожарному автомобилю<sup>[4]</sup>
- **Покрытие зоны:** H300 с четырьмя 25кг пожаротушащими бомбами покрывает 200-300м<sup>2</sup> за одну миссию<sup>[4]</sup>

#### **Раздел 3: Операционная модель**

##### **Развертывание и управление:**<sup>[5][6]</sup>

- **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:**<sup>[7]</sup>

- 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<sup>[4]</sup>

## Раздел 4: Доказанная эффективность

### Реальные испытания в Шэньчжене (февраль 2024):<sup>[2]</sup>

- 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:<sup>[4]</sup>

- **Высота работы:** до 1000м (превышает возможности любых традиционных средств)
- **Эффективность покрытия:** каждая 25кг бомба покрывает до 50м<sup>2</sup> площади
- **Точность попадания:** лазерный дальномер обеспечивает прицельную доставку

### Операционные результаты кабельных систем:<sup>[8]</sup>

- **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) — Роботизированные 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:<sup>[9][10]</sup>

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

### Раздел 2: Роль и место БАС в системе пожаротушения



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

### Система коллективных дронов South Chungcheong Province:<sup>[9][13]</sup>

- **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:**<sup>[9]</sup>

- **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):**<sup>[10][13]</sup>

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

### **Раздел 3: Операционная модель**

#### **Организационная структура:**<sup>[10][13]</sup>

- **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:**<sup>[12][9]</sup>

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

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

#### **Логистика и взаимодействие:**<sup>[12]</sup>

- **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:**<sup>[15]</sup>

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

##### **Сеульские достижения:**<sup>[13]</sup>

- **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:**<sup>[9]</sup>

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

- **Спасательные операции:** безопасная эвакуация пострадавших весом до 60кг с высотных зданий<sup>[18]</sup>

**Будущие разработки (2025-2027):**<sup>[16]</sup>

- **Инвестиции:** 11,5 млрд вон (>660 млн. рублей) на разработку специализированных пожарных БАС
- **AI-роевые 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<sup>[11]</sup>
- **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 выше 150 метров, разработал **революционный подход** к пожаротушению на основе реактивных беспилотных систем. Характеристики городской системы:<sup>[17][18][19]</sup>

- **Abu Dhabi Civil Defence Authority (ADCDA):** Централизованная организация с полномочиями по внедрению инновационных технологий<sup>[21]</sup>
- **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<sup>[22][17]</sup>

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)<sup>[24][19][17]</sup>**

**Технические характеристики:**

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

**Передовые технологии:**

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

### **Дополнительные специализированные системы:<sup>[17]</sup>**

**Тепловизионные разведывательные дроны:**

- Термокамеры, 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:<sup>[17]</sup>

- **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:<sup>[25][26]</sup>

- **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:<sup>[17][19]</sup>

- **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):<sup>[17]</sup>**

- 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:<sup>[17]</sup>**

- **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):<sup>[28]</sup>**

- **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:** достаточно 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 Шардже. Системы H300/CF30 в Шэньчжэне развертываются 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 200-300м<sup>2</sup> 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. Растворяющая 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. Роботизированный 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. <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> 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.»

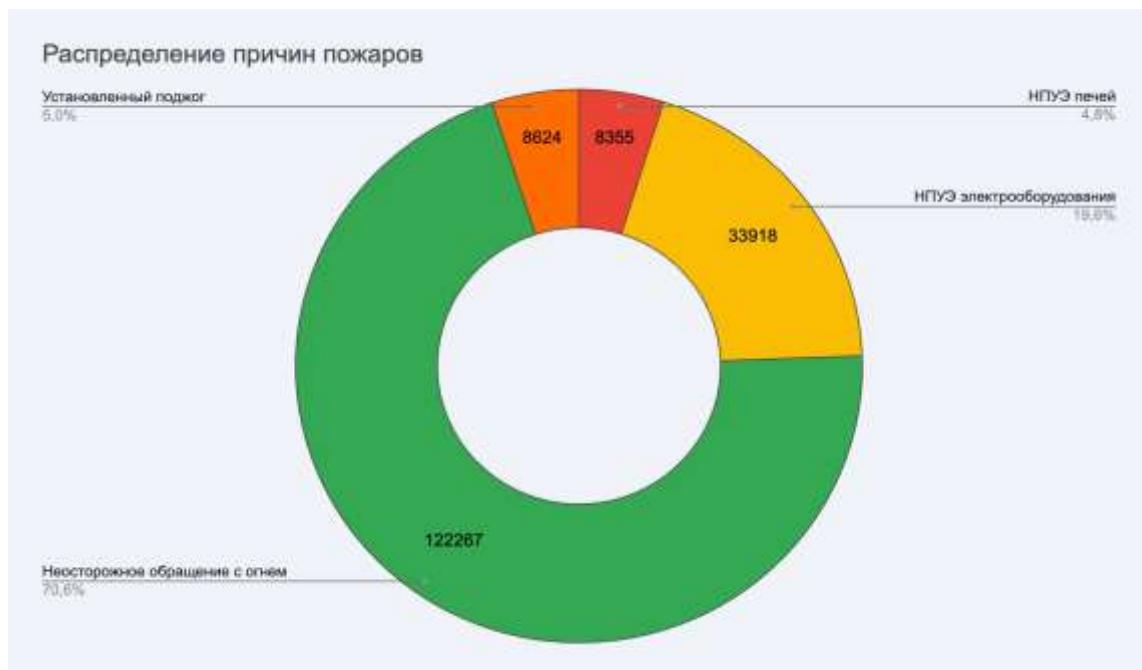
#### **2. Основные причины и места возникновения пожаров в городах (2024 г.)**

##### **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

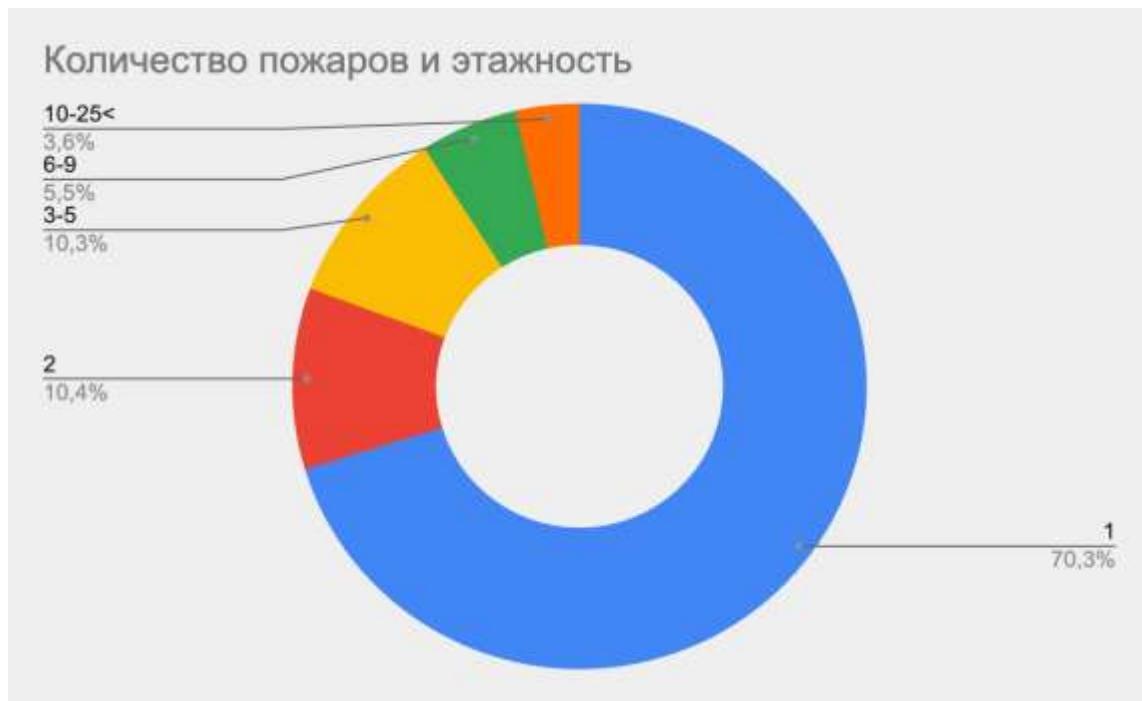
Источник: Таблица 4, стр. 11 отчета «Пожары и пожарная безопасность в 2024 г.»



#### 2.2. Количество пожаров и этажность.

- 1 этаж – 70,3%
- 2 этаж – 10,4%
- 3-5 этаж – 10,3%
- 6-9 этаж – 5,5%
- 10-25<sup><</sup>этажей – 3,6%

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



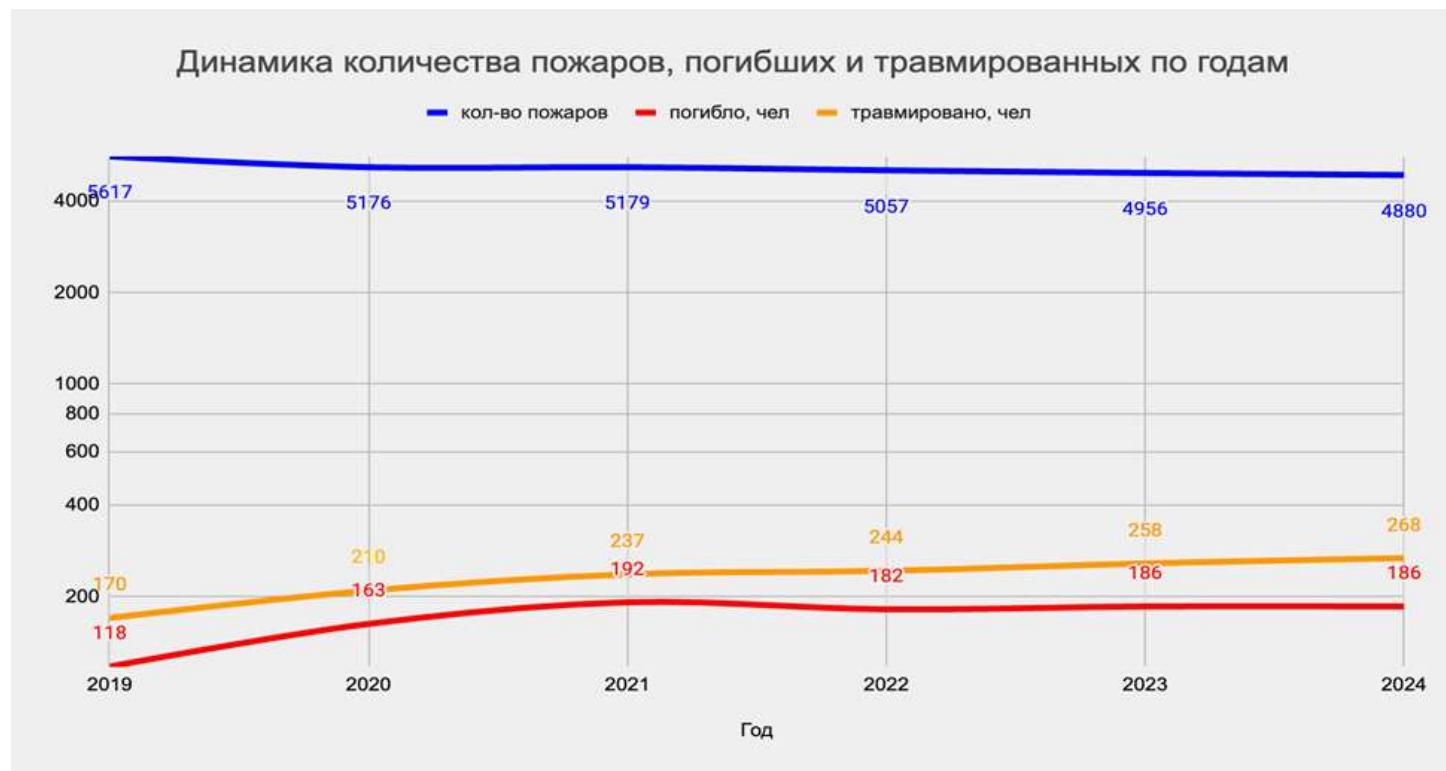
#### 4.2. Статистика пожаров в высотных зданиях, РФ (2019-2024 гг.)

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

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

*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 годы 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:**

$$\text{КТП (чел./пожар)} = \Gamma_{\text{вз}} / \Pi_{\text{вз}}$$

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

	<p>личного состава и оборудования (до 50 кг на человека) по лестницам, особенно выше 10-го этажа.</p>	<p>мотопомпы, комплекты, инструмент) на нужный этаж или крышу. Это экономит время и силы пожарных.</p>	<p>спасательные гидравлический</p> <p>«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».</p>
2. Разведка и оценка обстановки			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Недостаток информации: Сложность быстрой оценки очага и площади пожара, а также наличия людей в зоне риска. Информация от очевидцев часто неточна.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	<p>«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».</p>
3. Спасение людей и тушение пожара			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Эвакуация пострадавших: Люди часто оказываются отрезанными огнем и дымом на верхних этажах. Звено из трех пожарных может эвакуировать только одного человека без сознания.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Доставка средств спасения: БАС может оперативно доставить индивидуальные спасательные комплекты (самоспасатели, огнестойкие накидки) людям, заблокированным на балконах, давая им шанс дождаться помощи.</li> </ul>	<p><i>«Одно звено, это из трех человек пожарных, в силах вывести только одного».</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подача огнетушащих веществ (ОТВ): Подъем пожарного рукава по лестнице ограничен высотой 100 метров. Большинство лестниц расчитаны на 12 этажей максимум. Внутренние противопожарные системы зданий не всегда исправны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подавление огня снаружи: БАС может подавать воду или пену через окно для сдерживания огня, снижения температуры и предотвращения распространения по фасаду, что облегчает работу штурмовых групп внутри.</li> </ul>	<p><i>«Если беспилотник будет в силах поднять на 30 этаж какую-то линию и подать гнетущие вещества в окно, 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"><li>Эксплуатация БВС тяжелее 30 кг подпадает под регулирование, аналогичное пилотируемой авиации, что требует избыточного обучения и аттестации пилотов по требованиям большой авиации.</li><li>Отсутствие профильного законодательства БАС: нет отдельных нормативных актов для беспилотников в госавиации; они регулируются общими, избыточными правилами.</li></ul> <p>Ожидается, что создание в Вооруженных Силах нового рода войск БАС станет толчком для разработки <b>новой нормативной базы</b>, на которую сможет опереться МЧС.</p>
Технологические	<ul style="list-style-type: none"><li>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.</li><li>Реактивная сила струи: Мощная струя воды или пены создает реактивную силу, которая может дестабилизировать БАС в воздухе.</li><li>Грузоподъемность и вес коммуникаций: БАС должен поднимать вес рукавной линии, системы разведки и противоаварийные системы.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Нет опытных данных аварийных ситуаций и испытаний противоаварийных систем в городских условиях (потеря управления, падение БВС).</li> </ul>
Организационно-штатные	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интеграция в структуру: оснащать каждую пожарную часть тяжелыми БАС нецелесообразно. Отсутствует единая стратегия по внедрению БАС в подразделения МЧС.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Психологический барьер: Консерватизм, привычка работать "по старинке" и боязнь ответственности за повреждение дорогостоящей техники замедляют внедрение инноваций.</li> </ul>
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> <li>Высокая стоимость: Тяжелые пожаротушащие БАС и комплексы на их базе являются дорогостоящим оборудованием, массовая закупка которого — серьезная нагрузка на бюджет. Однако, цена комплекса БАС сопоставима со стоимостью автолестницы.</li> </ul>

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

## 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**

- 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.
- 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.<sup>[1][2]</sup>

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
tc	время сообщения	1	1
тобр	время обработки вызова	1	1
тсб	время сбора и выезда дежурных караулов	1	1
тслед макс	максимальное время следования	8,1	8,1
тбр	время боевого развёртывания	30,5	11
твкл	время проведения рабочей проверки и включения СИЗОД	1	1
тпод ОВ	время подъёма огнетушащего вещества на заданную высоту	3,4	0,35
ттуш	время тушения	6	17,6
Т	общие временные затраты	ТПО =52	ТБАС =41,1

### Результативность научной работы:

ТПО – ТБАС

ТПО

PHP = 100%

$$Рнр = (ТПО - ТБАС) / ТПО \cdot 100\% = (52 - 41,1) / 52 \cdot 100\% = 21\%$$

## 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», «Фазotron-ВМЗ» и ГУ МЧС России по Свердловской области провела успешные испытания БАС для тушения пожаров.

## Первый этап: аэродром «Логиново», 30 сентября

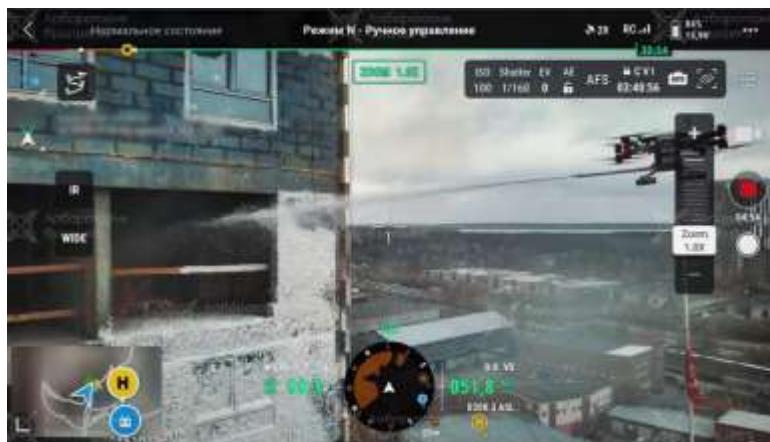
- **Задача:** Отработка высотных полетов и тушения условного возгорания.
- **Процесс:**
- **БВС «Грузовик M500»** поднимались на высоту 60 и 100 метров.
- Производилось тушение условного огня с помощью пенного раствора под различным напором.
- **Результаты:** Продемонстрирована устойчивость беспилотников, 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:**

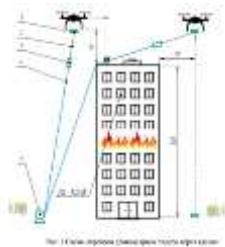
- Имитация пожара в квартире на 24 этаже с двумя заблокированными пострадавшими.
- Задача: установить связь с пострадавшими, доставить средства защиты, организовать систему для безопасного спуска одного из них по фасаду здания.

### **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.

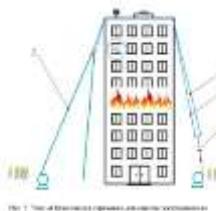


Рис. 2. Начало спасения из высотного здания

### 3. Спасение:

- Пострадавшая, следуя инструкциям по видеосвязи, надела 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.

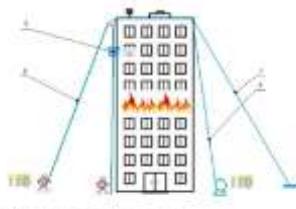


Рис. 3. Спасение из высотного здания

### 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.



УСТАНОВКА ВЕРХНЕЙ СТРАХОВКИ ДЛЯ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

<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	6x4
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	8,6x2,5x3,2

**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)

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

**Ориентировочная стоимость 700 тыс. рублей**

[https://generator-rf.ru/dizelnye-generatory/fubag/dizel-nyj-generator-fubag-ds-68-da-estrehfaznaya\\_otkrytaya/](https://generator-rf.ru/dizelnye-generatory/fubag/dizel-nyj-generator-fubag-ds-68-da-estrehfaznaya_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 пожаротушащих 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.

- **H1-R (Реалистичная емкость):** Пожарные части оснащаются по 1 комплексу БАС.
- **H1-O (Оптимистическая емкость):** Пожарные части оснащаются по 2 комплекса БАС. (Данная гипотеза основана на экспертных мнениях, согласно которым для эффективного тушения требуется 2 комплекса).

### **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 ₽	Затраты на БВС (30,75%), млрд ₽
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 (Шэнчжэнь), 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  $\leq 150$  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 высокозатратна и метеозависима.
Hose-lift	Тактика подъёма пожарного рукава к окну или проёму с помощью дрона (например, MHI-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](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tallest_buildings_in_Shenzhen)
2. [https://www.eyeshenzhen.com/content/2024-02/05/content\\_30802883.htm](https://www.eyeshenzhen.com/content/2024-02/05/content_30802883.htm)
3. <https://en.keweitai.com/wrjjqjs>
4. <https://spideruav.com/product/industrial-drone/h300-firefighting-drone/>
5. <https://www.youtube.com/shorts/EVQcD2OPuLY>
6. <https://english.news.cn/20250625/749ba9098dbf4acea51729098142fcf/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](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/idex-2025-ka-32allm-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/](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](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/>