

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 1. С. 99–109.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (1): 99–109.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-1-99-109

EDN: FQARST

АРХИТЕКТУРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ ОТ АТАКИ БПЛА

Екатерина Романовна Полянцева

*Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В настоящее время актуальными становятся вопросы обеспечения безопасности зданий при террористических актах разного характера, в том числе при атаках беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). В исследовании рассмотрены варианты архитектурных средств защиты фасадов и внешних элементов зданий от данной угрозы, а также варианты построения объемно-планировочной структуры для обеспечения максимальной защиты находящихся в здании людей. В данном случае становится особенно важным соблюсти баланс между фактической и воспринимаемой безопасностью, избегая создания образа средневековой крепости, однако учитывая потенциальные риски и угрозы террористического характера.

Методика исследования включает в себя изучение данных о существующих при атаке БПЛА рисках и угрозах в отношении зданий и находящихся в них людей, сравнительный анализ нормативной литературы по антитеррористической защите, отечественной и зарубежной, анализ существующих способов и приемов защиты зданий средствами архитектуры и дизайна среды и систематизацию данных средств по категориям на основе структурно-типологического метода.

Результаты. В качестве результатов исследования приводятся сравнительные таблицы, сделанные на основании рассмотренных материалов. Аналитические материалы включают в себя также описание моделей построения объемно-планировочной структуры и чек-лист средств, находящихся в арсенале архитектора для защиты зданий.

Выводы исследования указывают на то, как важно учитывать требования безопасности на всех этапах жизненного цикла здания, начиная от проектирования и заканчивая его эксплуатацией и возможной реконструкцией с учетом увеличившихся требований к защите.

Ключевые слова: безопасность, антитерроризм, строительство, архитектура, фасад, защита, БПЛА

Для цитирования: Полянцева Е.Р. Архитектурная защита зданий от атаки БПЛА // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 1. С. 99–109. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-1-99-109. EDN: FQARST

ORIGINAL ARTICLE

**ARCHITECTURAL PROTECTION
OF BUILDINGS AGAINST UAV ATTACK****Ekaterina R. Polyantseva***Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia*

Abstract. The problem of building security in the case of different terrorist acts, including drone attacks, is rather relevant today. The article considers the architectural protection of facades and external building elements from this threat as well as building volume-planning structure to ensure the maximum protection of people in buildings. This problem is especially important to strike a balance between actual and perceived security, not designing a medieval fortress, but taking possible risks and terrorist threats into account.

Methodology: Investigation of existing risks and threats to buildings and people in them during an attack, comparative analysis of regulatory documents on anti-terrorist protection in Russia and abroad, the analysis of existing building protection techniques through the architecture and environmental design and their systematization based on the structural-typological method.

Research findings: Comparative tables based on the materials reviewed. Analytical materials include the building model description and architectural tools used to protect buildings.

Value: Indicates the importance of safety requirements at all stages of the building life cycle, from design to operation and possible renovation to meet the increased protection requirements.

Keywords: security, anti-terrorism, construction, architecture, facade, defense, unmanned aerial vehicle

For citation: Polyantseva E.R. Architectural protection of buildings against UAV attack. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (1): 99–109. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-1-99-109. EDN: FQARST

Введение

В то время как возрастает значимость антитеррористической безопасности, становится важно понимать потенциальные угрозы и опасности, связанные с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), или дронами. Они могут предоставлять информацию о правительственных зданиях, например, о входах и выходах, а также о принятых в них мерах безопасности. В чужих руках эта информация может быть использована для планирования последующих атак.

Работа беспилотного летательного аппарата может быть нарушена или выведена из строя с помощью средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ), но использование последних строго регулируется и требует получения специальной лицензии или разрешения от соответствующих органов. В свою очередь, архитектурно-строительные и ландшафтно-средовые методы, заложенные изначально или при реконструкции и приспособлении для нужд защиты, действуют постоянно и не требуют дополнительного наблюдения. Однако важно учитывать потенциальные ограничения этих решений и следить за тем, чтобы они соответствовали местным нормам. Таким образом организации смогут лучше защищать свои активы и обеспечивать безопасность сотрудников и посетителей.

Следует обозначить, что беспилотные летательные аппараты, или дроны, могут иметь разное назначение, конструкцию и, соответственно, уровень угрозы, который с собой несут: аппараты разведывательного назначения, для нанесения

ударов и т. д. В исследовании будут рассмотрены средства антитеррористической защиты различного характера: от несанкционированного наблюдения до угрозы взрыва и падения представляющих опасность обломков.

Существующие источники описывают способы защиты от атаки беспилотными летательными аппаратами, однако применительно к архитектуре и ее свойствам данная тема до сих пор не рассматривалась, а потому имеет особую актуальность. В публикациях изучается использование принципов создания безопасной архитектурной среды для предотвращения военных преступлений [1], указывается, что комбинация архитектурных, ландшафтно-средовых и других средств предлагает многообещающие стратегии предупреждения военной преступности и террористических актов, но важно понимать, что это не всеобъемлющее решение. В качестве мер защиты от дронов, применяемых в террористических целях, называют использование средств подавления сигнала, вредоносного программного оборудования, радиопомех [2]; в числе физических средств защиты могут быть названы защитные сети [3, с. 6–7]. Другим упоминаемым исследователями аспектом является то, что условия плотной городской застройки сами по себе повышают риск ударов и повреждений зданий [4, 5]. Отдельные исследования указывают на то, что минимальные защитные меры, предусмотренные в архитектуре зданий, могут сказываться на работе дронов и привести к урону [6]; часть сигнала в условиях плотной застройки может теряться; также рассеивающим и мешающим фактором являются кроны деревьев, провода и т. д. [7, с. 1–4].

Светомаскировка, улавливающие устройства и сети, повреждение электроники и искажение сигнала – известные методы активной борьбы с дронами, однако против них появляются все новые виды противодействия: меняется форма БПЛА, методы управления ими, способы маскировки. Способы нейтрализации, рассмотренные в исследованиях, подчеркивают важность раннего обнаружения БПЛА и улучшения способов защиты, в том числе атакуемых целей [8, с. 94–96]. В качестве профилактических мер важен предварительный анализ мест возможной атаки: наличие на территории уникальных, технически сложных, значимых объектов, зданий повышенной вместимости. Использование средств маскировки и конструкций, защищающих объекты инфраструктуры от возможного взрыва, в том числе конструктивные системы зданий и сооружений или стальные сетки, также являются значимыми [9, с. 28; 10].

Анализ отечественных исследований позволяет сделать схожие выводы в отношении вопросов защиты объектов. Изученные в статье Е.Б. Гурьева [11, с. 71–72] проблемы защиты позволяют сделать вывод о необходимости совершенствования мер защиты: «Для повышения уровня безопасности и обеспечения полной защиты территориальных объектов от БПЛА необходимо разработать новые методы и средства... в связи с использованием террористическими организациями беспилотных летательных аппаратов для нападения на важные и особо важные объекты (видеосъемка, фотографирование, причинение повреждений зданиям, сооружениям, объектам инфраструктуры)». Анализ разных видов атак показывает, что особенно опасна атака роем дронов, поскольку в этом случае при достаточно высокой плотности налета проблема защиты объекта становится практически неразрешимой из-за быстрого насыщения средств

обнаружения и поражения системы защиты, а также большого числа уцелевших БПЛА к объектам защиты и ограниченных возможностей использования вблизи них защитных боеприпасов высокого могущества.

Выход из этого положения – увеличение размеров и эшелонирование зоны ответственности системы защиты [12, с. 147–197].

Указываются также уязвимые места БПЛА: низкая прочность, слабая пробивная способность [13, с. 49]. Системы защиты предполагают использование средств анализа и перехвата, а также программ, подменяющих сигналы, или сигнализирующих средств раннего обнаружения [14, с. 77–78]. Пассивная защита гражданской инфраструктуры указывает на применение защитных решеток, сетей, световой маскировки [15, с. 86–87].

Зарубежные руководства по проектированию в качестве средств защиты фасадов зданий от атак и взрывов с воздуха предлагают уделять особенное внимание остеклению и иным проемам, выходящим на фасад [16, гл. 3]. Ещё одной мерой защиты является защитное озеленение. Руководство по предотвращению терактов в городской среде указывает на важность обеспечения защитных расстояний и деление участка здания на уровни защиты, первый из которых предполагает общий доступ, а третий, вблизи фасада и входов в здание, – наибольшую защиту [17, гл. 3-2].

Практически все указанные источники, российские и зарубежные, рассматривают в основном вопросы активной защиты средствами РЭБ, перехвата сигнала, не касаясь проблем и особенностей защиты архитектурных объектов.

В отношении участка здания обычные меры защиты предполагают установку защитных дистанций, однако в отношении дронов и атак с воздуха данная защитная мера теряет действенность. Невозможно закрыть весь участок здания защитным куполом, однако необходимо защитить наиболее уязвимые места: оконные и дверные проемы, вентиляционные шахты и другие отверстия на фасаде, а также располагать наиболее уязвимые элементы конструкции в защищенных местах. Выбор защитных средств предваряет процесс оценки уязвимости здания. Также зарубежные нормативные акты предлагают внедрение многоуровневой системы защиты, которая позволит лучше контролировать периметр и минимизировать разрушения. При этом первый уровень обеспечивает территориальную защиту участка здания; второй – периметральную защиту фасада, т. е. внешних границ самого объекта; третий – внутреннюю защиту, т. е. безопасность конструкций и отделочных материалов.

Таким образом, цель данного исследования – изучение объемно-планировочных и ландшафтно-средовых методов и средств защиты зданий от террористических угроз, в том числе с использованием дронов.

Задачи исследования:

- анализ нормативной, методической и другой литературы по теме защиты зданий от террористических актов;
- изучение существующего опыта по защите зданий и сооружений от атак и наблюдения БПЛА;
- систематизация выявленных объемно-планировочных средств и способов обеспечения безопасности;
- составление алгоритма действий при проведении анализа относительно приспособленности и устойчивости здания к возможным атакам.

Методы исследования

Методика исследования рисков включает в себя изучение данных о существующих при атаке БПЛА угрозах в отношении зданий и находящихся в них людей, сравнительный анализ отечественной и зарубежной литературы по антитеррористической защите, анализ существующих способов и приемов защиты зданий средствами архитектуры и дизайна среды и систематизацию данных средств по категориям на основе структурно-типологического метода.

Метод предварительной оценки проводится в отношении существующего объекта (здания, комплекса зданий) и включает в себя следующие шаги:

- идентификация угрозы: ее тип, уровень вероятности;
- оценка имеющихся в распоряжении защитных средств;
- выявление потенциальных уязвимых мест в объемно-планировочной структуре здания;
- анализ итоговых рисков, который помогает оценить вероятность того или иного вида атак, исходя из анализа угроз и уязвимостей.

Первым шагом реализации метода будет выявление относительных рисков, которые определяют, какие уязвимые точки или места в объемно-пространственной структуре здания подвержены наибольшему риску исполнения конкретных угроз, что позволяет выбрать подходящие методы защиты для дальнейшего выбора защитных средств.

Очень высокая вероятность исполнения угроз при очень малых последствиях может потребовать минимальных мер по смягчению, но очень низкая вероятность возникновения событий с очень серьезными последствиями, такими как большие обрушения конструкций, может потребовать дорогостоящих и сложных мер по смягчению последствий.

Второй шаг – анализ характеристик участка и самого объекта; на уязвимость влияют такие параметры, как ландшафт, размер, форма здания или комплекса зданий и их взаимное расположение, имеющаяся на участке растительность – кусты и деревья. Для отдельного здания важны такие параметры, как отделка фасада, материалы и характеристики поверхностей.

Основными угрозами со стороны БПЛА являются угроза наблюдения и угроза взрыва или атаки на здание снаружи. Соответственно, важность приобретают перечисленные выше защитные характеристики, которые могут быть сгруппированы в зависимости от двух данных угроз.

В числе основных угроз, помимо наблюдения и опасности прямых атак и взрывов, можно назвать также биологическое, химическое и другие виды заражения, при этом заражающие вещества дроны могут нести на себе и атаковать системы вентиляции и просто открытые проемы в зданиях – по этой причине важно защищать воздухозаборные отверстия, располагать их в шахтах, в углублениях фасада и закрывать защитными сетками.

На третьем шаге предварительной оценки принимаются решения о том, где и как минимизировать риски на этапе проектирования и строительства и при необходимости в течение срока эксплуатации здания. В этом процессе выявляются общие цели и задачи смягчения последствий, а также преимущества каждого потенциального варианта.

Защитные меры в отношении самих зданий предполагают выбор оптимальной стратегии. Проектировщик располагает широким спектром средств на разных уровнях проектирования: от конфигурации здания до выбора отделочных материалов внутренних помещений. Наиболее защищенными и безопасными будут в этом случае вземленные здания, которые нуждаются только в защите входных зон, вытяжных шахт и световодов, наиболее уязвимыми – высотные, с большим количеством остекления и проемов, уязвимых для потенциальных воздушных угроз. Здания небольшой этажности имеют высокий потенциал защиты благодаря возможности применения ландшафтного озеленения, защитных сеток и других средств.

Форма плана объекта должна быть простой, поскольку изрезанный периметр увеличивает фасадную площадь. Наличие внутренних углов и стыков плоскостей является фактором, увеличивающим потенциальный ущерб в случае атак с возможностью взрыва, увеличивая площадь разрушений.

Отделка фасада, несмотря на многослойность, не должна вызывать разрушений при атаке. Отделочные материалы должны быть легкими и безопасными при разрушении (в ином случае возникает риск поражения людей падающими осколками).

Результаты исследования

Поскольку атаки БПЛА в основном носят локальный характер, сплошное усиление или проектирование внешней защитной оболочки здания может оказаться избыточной мерой. Целесообразно сосредоточиться на минимизации ущерба от разрушения отдельных частей конструкций, особенно стеклянных и фасадных систем, которые при взрыве разрушаются с образованием острых осколков. Сохранение целостности внешних слоев и оболочек здания приобретает в данном случае решающее значение. Остекленные поверхности, если они присутствуют, можно располагать за защитными сетками, ламелями и другими элементами, которые способствуют отдалению места взрыва и рассеиванию взрывной волны. Здания должны быть спроектированы таким образом, чтобы минимизировать последствия применения взрывчатых веществ. Последствия взрыва могут быть различными, как и меры противодействия: можно ограничиться использованием взрывозащищенных покрытий при строительстве объекта или применять конструкции, учитывающие подобный риск. В случае реконструкции для обеспечения безопасности существующих зданий можно использовать установки с элементами, поглощающими и рассеивающими энергию потенциального взрыва или столкновения беспилотного летательного аппарата.

Физические барьеры, такие как сетки, заборы и специально спроектированные конструкции, также могут быть эффективными средствами защиты от БПЛА. Обеспечивая дополнительный уровень защиты, физические барьеры могут ещё больше затруднить проникновение дронов в воздушное пространство здания и исключить разрушения. Варианты использования защитных средств для участка и для фасада здания указаны в таблице.

Примером защиты периметра может служить здание фабрики в Италии, выполненное архитектурной группой LCA Architetti. Форма фасада, расположение окон в нишах, защищенных изгибом стен, минимизация числа наружных проемов подчеркивают защищенный характер наружного периметра здания [18].

Средства архитектурной защиты от атак БПЛА Architectural defense against UAV attacks

Виды угроз	Архитектурные средства	
	на уровне участка здания	на уровне фасада здания
Защита от наблюдения	<p>Деревья и кусты Защитная сетка Покрытие с защитными характеристиками материала (светоотражающее и т. д.)</p>	<p>Рассеивающие свойства материалов отделки Сплошная поверхность с невозможностью считать объемно-планировочные характеристики помещений с фасадной плоскости Фальшфасад на отnose от основного Озеленение фасадных плоскостей и кровли Вземленные здания</p>
Защита от взрыва или атаки	<p>Защитные свойства ландшафта: активный рельеф Использование закрытых, подземных площадей Установка необходимых защитных расстояний</p>	<p>Применение безопасных при разрушении материалов Многослойность фасада Ламели и сетки Защитные оболочки</p>

Стены выполняют роль экранов, легкий материал (дерево) минимизирует возможный ущерб в случае атаки (рис. 1).



Рис. 1. Производственное здание, Санто Стефано, Италия, 2023 г. [18]

Fig. 1. Industrial building, Santo Stefano, Italy, 2023

Примером защиты от несанкционированного наблюдения со стороны БПЛА является инновационный исследовательский центр «Техноверсум» в Ретлингене, Германия, выполненный архитектурным коллективом allmannwarpner + Menges Scheffler Architekten + Jan Knippers Ingenieure [19]. Это первое

в своём роде здание с фасадом из тканой плитки из углеродного и стекловолокна. Здание является символом потенциала инновационных материалов на основе волокон. Плиты из волокон и нитей, образующие фальшфасад на отnose от основного фасада, являются защитным средством, создавая оболочку, не позволяющую наблюдать за происходящим внутри, но допускающую беспрепятственный обзор изнутри наружу (рис. 2).



Рис. 2. Исследовательский центр, Ретлингген, Германия, 2023 г. [19]
Fig. 2. Research Center, Reutlingen, Germany, 2023

Проанализированные примеры помогают определить архитектурные средства защиты от атак БПЛА.

Фасадные системы:

- защитные сетки;
- оболочки;
- многослойные фасады и фальшфасады;
- окна, витражи, в том числе заглубленные окна, окна маленького размера (не ленточные), с частым делением на импосты.

Планировочные элементы: взрывобезопасные зоны внутри зданий без проемов в наружных стенах, на первых этажах зданий, в подвалах или на верхних этажах, но с возможностью быстрой эвакуации.

Конструктивная система:

- каркас с устойчивостью к нагрузкам при взрывах;
- оболочковая конструктивная система, где внешний контур, который может подвергнуться атаке, не связан конструктивно с внутренними несущими элементами.

Заключение

Беспилотные летательные аппараты представляют угрозу как для критической инфраструктуры, так и для людей. Существующие системы защиты требуют постоянного совершенствования и адаптации к новым условиям.

Дополнительной проблемой является недостаточная готовность большинства объектов, стратегически важных для безопасности государства, включая объекты критически важной инфраструктуры, к отражению атак с применением отдельных БПЛА или роев дронов. Это делает такие объекты уязвимыми перед данными угрозами, увеличивая вероятность успеха подобной атаки из-за низкой эффективности существующих систем борьбы с дронами. Предпринимаются усилия по поиску новых, более эффективных методов обнаружения и защиты от атак. Потому помимо активного противодействия важной становится защита самих объектов, их физической составляющей. Гражданская инфраструктура городов, и отдельные здания в частности, нуждаются в обеспечении защиты на этапе проектирования или последующего приспособления к новым требованиям безопасности. Архитектурные средства защиты призваны помочь ее обеспечению наравне с другими факторами, такими как подготовка персонала и вовлечение общественности, которые также играют важную роль в создании безопасной обстановки в настоящее время.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Seung Ho Lee*. The Effect of the Application of CPTED for the Prevention of Military Crime // Community Safety And Environmental Design Journal (Korea CPTED Association). 2023. V. 14. I. 1. P. 101–126. DOI: 10.26470/JCSSED.2023.14.1.101
2. *Dubravova H., Bures V.* Review of the Application of Drones for Smart Cities // IET Smart Cities. 2024. V. 6. № 4. P. 312–332. DOI: 10.1049/smc2.12093. URL: https://www.researchgate.net/publication/385320360_Review_of_the_application_of_drones_for_smart_cities (дата обращения: 12.10.2024).
3. *Falorca J., Miraldes J.* New Trends in Visual Inspection of Buildings and Structures: Study for the Use of Drones // Open Engineering. 2021. V. 11. P. 734–743. DOI: 10.1515/eng-2021-0071
4. *Drone Defence*: Drone Security Defence Solutions. URL: <https://www.dronedefence.co.uk/> (дата обращения: 13.10.2024).
5. *Rizwan Majeed, Nurul Azma Abdullah*. Drone Security: Issues and Challenges // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2021. June. V. 12. № 5. P. 720–729. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120584. URL: https://www.researchgate.net/publication/352086927_Drone_Security_Issues_and_Challenges (дата обращения: 13.10.2024).
6. *Du H., Heldeweg M.* Responsible Design of Drones and Drone Services – A Synthetic Report // SSRN Electronic Journal. 2017. January. DOI:10.2139/ssrn.3096573. URL: https://www.researchgate.net/publication/322688425_Responsible_Design_of_Drones_and_Drone_Services_-_A_Synthetic_Report (дата обращения: 13.10.2024).
7. *Ameer H., Urooj A., et al.* Unmanned Aerial Vehicles Threats and Defence Solutions // Conference: 2020 IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC). November 2020. DOI: 10.1109/INMIC50486.2020.9318207. URL: https://www.researchgate.net/publication/348639407_Unmanned_Aerial_Vehicles_Threats_and_Defence_Solutions (дата обращения: 13.10.2024).
8. *Łukasiewicz J., Kobaszyńska-Twardowska A.* Proposed Method for Building an Anti-Drone System for the Protection of Facilities Important for State Security // Security and Defence Quarterly. 2022. June. P. 88–107. DOI: 10.35467/sdq/149268. URL: https://www.researchgate.net/publication/361193344_Proposed_method_for_building_an_anti-drone_system_for_the_protection_of_facilities_important_for_state_security (дата обращения: 13.10.2024).
9. *Łukasiewicz J., Piekarski M.* Polskie Security of Critical Infrastructure Against Threats from Unmanned Platforms / Towarzystwo Bezpieczeństwa Narodowego // Report PTBN. 2021. V. II. URL: https://www.researchgate.net/publication/354765319_polskie_towarzystwo_bezpieczenstwa_narodowego_security_security_of_critical_of_critical_infrastructure_infrastructure_against_threats_against_threats_from_unmanned_from_unmanned_platforms_platforms_Re (дата обращения: 12.10.2024).

10. Komarov A.A., Gromov N.V., Korolchenko A.D. Protection of construction sites from unmanned aerial vehicles using mesh fences // *Строительные материалы и изделия = Construction Materials and Products*. 2024. Т. 7. № 6. DOI: 10.58224/2618-7183-2024-7-6-6. EDN: MGUPKI. URL: <https://bstu-journals.ru/archives/12209>
11. Гурьев Е.Б., Долбинин А.А. Особенности организации деятельности органов внутренних дел по отражению нападения на административные здания территориальных органов МВД России // *Экстремальные ситуации, конфликты, социальное согласие : сборник материалов XXV Международной научно-практической конференции*. Москва, 2023. С. 66–73. EDN: NFRKPI
12. Макаренко С.И., Тимошенко А.В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. Огневое поражение и физический перехват // *Системы управления связи и безопасности*. 2020. № 1. С. 147–197. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10304
13. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Защита стационарных и мобильных объектов от роя БПЛА-камикадзе // *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. 2022. № 3 (123). С. 46–50. DOI: 10.53816/20753608_2022_3_46
14. Колomoец Р.В. Защита гражданских объектов от беспилотных летательных средств // *Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму*. 2024. № 3–4 (189–190). С. 75–79. DOI: 10.53816/23061456_2024_3-4_75. EDN: TSOHFZ
15. Молчанов И.А., Паниева С.Л. Способы защиты зданий и сооружений от действия использования БПЛА // *Информационные системы и технологии АПК и ИПС : сборник научных статей Международной научно-технической конференции*. В 2 томах. Курск, 2023. С. 85–88. EDN: WDNOLG
16. FEMA 426. Reference Manual To Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. U.S. Department of Homeland Security. 2003. December. 420 p. URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema426_0.pdf (дата обращения: 12.10.2024).
17. FEMA 430. Guidance Against Potential Terrorist Attacks. Site and Urban Design for Security. U.S. Department of Homeland Security. 2007. December. 272 p. URL: <https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema430.pdf> (дата обращения: 12.10.2024).
18. *N Building*. LCA Architetti. Luca compri architetti // *ArchDaily*. 2024. 14 Jul. URL: <https://www.archdaily.com/1018737/n-building-lca-architetti-luca-compri-architetti> (дата обращения: 12.10.2024).
19. *Texoversum Innovation Center*. Allmannwappner + Menges Scheffler Architekten + Jan Knippers Ingenieure // *ArchDaily*. 2023. 31 Oct. URL: <https://www.archdaily.com/1009028/texoversum-innovation-center-allmannwappner> (дата обращения: 12.10.2024).

REFERENCES

1. Seung Ho Lee. The Effect of the Application of CPTED for the Prevention of Military Crime. *Community Safety and Environmental Design Journal (Korea CPTED Association)*. 2023; 14 (1): 101–126. DOI: 10.26470/JCSSED.2023.14.1.101
2. Dubravova H., Bures V. Review of the Application of Drones for Smart Cities. *IET Smart Cities*. 2024; 6 (4): 312–332. DOI: 10.1049/smc2.12093
3. Falorca J., Miraldes J. New Trends in Visual Inspection of Buildings and Structures: Study for the Use of Drones. *Open Engineering*. 2021; 11: 734–743. DOI:10.1515/eng-2021-0071
4. Drone Defence: Tailored drone security solutions. Available: www.dronedefence.co.uk (accessed October 13, 2024).
5. Rizwan Majeed, Nurul Azma Abdullah. Drone Security: Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. June 2021; 12 (5): 720–729. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120584
6. Du H., Heldeweg M.A. Responsible Design of Drones and Drone Services: Legal Perspective Synthetic Report. *SSRN Electronic Journal*. 2017. DOI: 10.2139/ssrn.3096573
7. Ameer H., Urooj A., et al. Unmanned Aerial Vehicles Threats and Defence Solutions. In: *Proc. IEEE 23rd Int. Multitopic Conf*. November 2020. DOI: 10.1109/INMIC50486.2020.9318207
8. Łukasiewicz J., Kobaszyńska-Twardowska A. Proposed Method for Building an Anti-Drone System for the Protection of Facilities Important for State Security. *Security and Defence Quarterly*. 2022; 88–107. DOI: DOI:10.35467/sdq/149268

9. *Lukasiewicz J., Piekarski M., Szlachter D.* Polskie towarzystwo bezpieczeństwa narodowego security of critical infrastructure against threats from unmanned platforms. Report PTBN, 2021; II (2). Available: www.researchgate.net/publication/354765319_polskie_towarzystwo_bezpieczenstwa_narodowego_security_security_of_critical_of_critical_infrastructure_infrastructure_against_threats_against_threats_from_unmanned_from_unmanned_platforms_platforms_Re (accessed October 12, 2024).
10. *Komarov A.A., Gromov N.V., Korolchenko A.D.* Protection of Construction Sites from Unmanned Aerial Vehicles Using Mesh Fences. *Construction Materials and Products*. 2024; 7 (6). <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-6-6>
11. *Gur'ev E.B., Dolbinin A.A.* Organization of Internal Affairs Activities to Repel Attacks on Administrative Buildings of the Ministry of Internal Affairs of Russia. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Extreme Situations, Conflict, and Social Harmony'*. Moscow, 2023. Pp. 66–73. (In Russian)
12. *Makarenko S.I., Timoshenko A.V.* Analysis of Means and Methods of Countering Unmanned Aerial Vehicles. Part 2. Fire Damage and Physical Interception. *Sistemy upravleniya svyazi i bezopasnosti*. 2020; (1): 147–197. DOI: 10.53816/20753608_2022_3_46 (In Russian)
13. *Sil'nikov M.V., Lazorkin V.I.* Defense of Stationary and Mobile Objects From a Swarm of Drones-Kamikaze. *Izvestiya Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk*. 2022; 3 (123): 46–50. (In Russian)
14. *Kolomoets R.V.* Protection of Civil Objects from Unsupplied Aircraft. *Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodeistviya terrorizmu*. 2024; 3–4 (189–190): 75–79. DOI: 10.53816/23061456_2024_3-4_75. EDN: TSOHFZ (In Russian)
15. *Molchanov I.A., Paniyeva S.L.* Building Protection from UAV. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Information Systems and Technologies of Agroindustrial Complex and Industrial and Civil Construction'*, in 2 vol. Kursk, 2023. Pp. 85–88. EDN: WDNOLG (In Russian)
16. FEMA 426. Reference manual to mitigate potential terrorist attacks against buildings. December 2003. 420 p. Available: www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema426_0.pdf (accessed October 12, 2024).
17. FEMA 430. Guidance against potential terrorist attacks. Site and Urban Design for Security. December 2007. 272 p. Available: www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema430.pdf (accessed October 12, 2024).
18. N Building. LCA Architetti/luca compri architetti. Available: www.archdaily.com/1018737/n-building-lca-architetti-luca-compri-architetti (accessed October 12, 2024).
19. Texoversum Innovation Center. Allmannwappner+Menges Scheffler Architekten+Jan Knippers Ingenieure. Available: www.archdaily.com/1009028/texoversum-innovation-center-allmannwappner (accessed October 12, 2024).

Сведения об авторе

Полянцева Екатерина Романовна, канд. архитектуры, доцент, Уральский государственный экономический университет, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, notneb@yandex.ru

Author Details

Ekaterina R. Polyantseva, PhD, A/Professor, Ural State University of Economics, 62, 8 Marta Str., 620144, Yekaterinburg, Russia, notneb@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23.11.2024
Одобрена после рецензирования 06.12.2024
Принята к публикации 13.12.2024

Submitted for publication 23.11.2024
Approved after review 06.12.2024
Accepted for publication 13.12.2024