

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 2. С. 149–160.

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

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (2): 149–160.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.05

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-2-149-160>

EDN: LVPYEG

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПРИ АТАКАХ БПЛА

Екатерина Романовна Полянцева

*Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* По мере роста доступности беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) учащаются случаи атак в отношении гражданской инфраструктуры, в частности многоквартирных жилых зданий. Поскольку прежние средства обеспечения безопасности, такие как защита дворовых пространств, наблюдение и контроль доступа, неэффективны против атак с воздуха, необходим пересмотр традиционных мер защиты жилой застройки, в особенности в приграничных районах России, где угроза атак БПЛА выше.

Цель исследования – изучить возможности архитектуры при формировании безопасной жилой среды. Основные задачи – систематизировать возможные угрозы, сопутствующие атакам БПЛА, в отношении жилых зданий и находящихся в них людей; сформулировать основные принципы обеспечения безопасности при реализации этих угроз; описать планировочные и фасадные решения, помогающие формировать защищенные многоквартирные жилые дома.

Методика. В исследовании используется сравнительный анализ, а также анализ литературы, посвященной защите от БПЛА. Кроме того, был использован графоаналитический метод: графический анализ помогает выявить объемно-планировочные и фасадные приемы, помогающие обезопасить жилые здания от атак, в том числе с воздуха.

Результаты. Результаты исследования представляют собой сформулированные и актуализированные в отношении многоквартирных жилых домов принципы защиты от БПЛА, в том числе от угроз несанкционированного наблюдения, взрыва, атаки отравляющими веществами, поражения осколками и др. На основе проанализированных примеров сформулированы базовые архитектурные решения, которые могут использоваться в дальнейшем при проектировании и реконструкции жилой застройки в зонах с высокими рисками атак.

Выводы. Проведенный сравнительный анализ доказал возможность формирования безопасной жилой среды при помощи планировочных и фасадных приемов защиты. Описанные решения могут использоваться для дальнейшего совершенствования методической и нормативной литературы, для нового строительства и реабилитации существующих пострадавших жилых зданий, а также для совершенствования методической литературы по обучению студентов-архитекторов.

Ключевые слова: безопасность, антитерроризм, жилая среда, многоквартирный дом, фасад, архитектура, БПЛА

Для цитирования: Полянцева, Е.Р. Безопасность жилых зданий при атаках БПЛА // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 2. С. 149–160. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-2-149-160>. EDN: LVPYEG

ORIGINAL ARTICLE

**ARCHITECTURAL PROTECTION OF BUILDINGS
FROM UAV ATTACKS****Ekaterina R. Polyantseva***Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, Russia*

Abstract. The problem of building safety in at terrorist attacks, including unmanned aerial vehicles, is currently becoming urgent.

Purpose: The purpose of this article is to explore the role of architecture in creating a safe residential environment, systematize the potential threats associated with UAV attacks on residential buildings and people inside them, formulate basic principles for ensuring safety, and describe planning and facade solutions that help to create secure multi-unit residential buildings.

Methodology: Research methodology includes studying risks and threats of the UAV attack on buildings and people in them, a comparative analysis of Russian and foreign regulating documents on anti-terrorist protection, analysis of methods and techniques for protecting buildings by means of architecture and environmental design, and systematization of these means based on structural and typological methods.

Research findings: The proposed comparative tables and analyses include a description of models for building a spatial planning structure and a list of tools in the architect's arsenal used to protect buildings. It is shown how important it is to take into account safety requirements at all stages of the building life cycle, from design to operation and possible reconstruction, taking into account increased protection requirements.

Keywords: security, anti-terrorism, living environment, multifamily house facade, architecture, UAV

For citation: Polyantseva, E.R. Architectural Protection of Buildings from UAV Attacks. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2026; 28 (2): 149–160. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-2-149-160>. EDN: LVPYEG

Введение

Избранная тема защиты от беспилотных летательных устройств является особенно актуальной в последние годы. Защита жилой городской среды в целом и многоквартирных жилых домов в частности имеет особую значимость по причине их уязвимости, а также того психологического эффекта, который оказывают эпизодические атаки БПЛА и их угроза в целом. И если защите военной и транспортной инфраструктуры от террористических атак отводится значимая роль, жилая среда остается уязвимой.

Основной проблемой является потребность в защите многоквартирных жилых зданий от атак БПЛА и связанные с этим риски. Целью работы стало изучение возможностей объемно-планировочной структуры здания в области защиты, например, от угроз взрыва. Отдельные задачи представляют собой описание возможных угроз от атак БПЛА в отношении многоквартирных жилых домов; исследование аналогов планировок, учитывающих потребности защиты от атак с воздуха; выявление основных принципов защиты; описание и систематизацию архитектурных, планировочных и фасадных особенностей жилых зданий, снижающих риски взрыва, кинетической атаки и прочих угроз.

В число методов исследования входит анализ научных источников, графический и графоаналитический анализ планировок и фасадов жилых зданий с точки зрения защиты от воздушных атак, статистический анализ литературы по теме исследования.

Обычные меры по обеспечению безопасности жилой городской среды становятся неактуальными с появлением новых типов угроз, в частности угроз БПЛА, поскольку защита от атак с воздуха редко учитывается при проектировании жилой городской среды. По этой причине важен анализ актуальной литературы, посвященной изучению рисков и угроз, сопутствующих атакам беспилотных летательных аппаратов, а также защите от них, и изучение существующих примеров жилых объектов с безопасными зонами.

Современное состояние проблемы

Вступивший в силу в конце 2024 г. СП 542.1325800.2024 «Свод правил. Защитные ограждающие конструкции от беспилотных летательных аппаратов. Правила проектирования» в качестве основных нагрузок на защитные конструкции называет климатические нагрузки от ветра, дождя и снега, нагрузки от ударной воздушной волны, от падения БПЛА, от поражения осколками. Основные требования к ним – пожаробезопасность, возможность ремонта, механическая защита. Этот нормативный документ в качестве возможных средств защиты объектов указывает на такие элементы, как защитные сетки, улавливающие БПЛА, ограждения из стальных тросов, противоосколочные сетки, опоры с растяжками, усиленные фундаменты (в том числе для крепления других защитных элементов). Входы в здания допускается защищать с помощью защитных экранов, устанавливаемых на расстоянии не более 3 м от здания, с высотой и шириной, на 1–2 м превышающими высоту и ширину двери; окна и витражи из-за риска поражения осколками можно защищать изнутри шторами или противоосколочной пленкой.

В Пособии по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок, выпущенном АО «ЦНИИ-Промзданий» в 2000 г., описываются следующие требования: «взрывостойкие здания по возможности должны быть простой формы в плане, без перепада высот смежных участков, фасады взрывостойчивых зданий должны быть простыми – без выступающих частей, выемок и ниш, а наружные стены – обтекаемыми и гладкими, т. е. без архитектурных деталей, парапетных плит, козырьков и т. п. В наружных стенах взрывостойчивых зданий следует предусматривать отдельные оконные проемы с минимально возможной площадью, используемые для естественного освещения помещений или их отдельных участков. При этом размеры ячеек оконных переплетов должны быть минимальными».

Проблема сокращения рисков прямой атаки и доставки взрывных устройств при БПЛА в последние годы изучается все активнее. Большая часть работ касается сооружений гражданской обороны, укрытий и убежищ, в том числе временных, из которых могут быть заимствованы архитектурные решения. В статьях С.И. Макаренко «Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам» и К.Л. Костюченко «Беспилотные мобильные средства: инновации и угрозы» защитные конструкции систематизи-

рованы как организационно-правовые, физические и инженерно-строительные. Например, защитные сетки, опоры и тросы, растяжки, противоосколочные стенки и временные решения, материал сеток – металл или синтетика как более легкая и долговечная, но плавящаяся при высоких температурах. В качестве защитных элементов зданий предлагается использовать оболочковую конструктивную систему, где внешний контур не связан конструктивно с внутренними несущими элементами здания, или создавать многослойные фасады, фальш-фасады, применять заглубленные окна, окна небольшого размера, внутри зданий создавать взрывобезопасные зоны с возможностью быстрой эвакуации в них [1, с.125–137; 2, с. 41].

В исследовании М.В. Сильникова «Защита стационарных и мобильных объектов от роя БПЛА-камикадзе» анализируется «тактика роя», в которой при высокой плотности налета защита объекта становится практически недостижимой вследствие быстрого насыщения средств обнаружения и поражения системы защиты и последующего прорыва большого числа уцелевших БПЛА к объектам защиты, при этом БПЛА-камикадзе характеризуются сравнительно низкой прочностью конструкции. Для эффективной борьбы предлагается выстраивание поэтапной эшелонированной защиты, с дальним и ближним эшелонами [3, с. 48–50].

М.С. Василян, Е.С. Кашина в статье «Совершенствование методологии расчета защиты конструкций сооружений жилого типа от взрывных воздействий БПЛА» доказывают, что ударная волна от атак на фасады распространяется неравномерно, приводя к разному характеру разрушения элементов здания. Авторы указывают, что строительство защитных конструкций требует значительных материальных и временных затрат, что сдерживает их широкомасштабное внедрение, особенно в существующей жилой застройке [4]. В статье «Защитные вантовые конструкции: эффективность и перспективы противодействия БПЛА» в качестве дополнения к сеткам, многослойным фасадам, фундаментам и канатам предлагается модель использования вантовых конструкций [5].

Работа «Общие принципы защиты объектов от беспилотных летательных аппаратов» посвящена расчету минимальных расстояний от сеток до ограждающих конструкций зданий и сооружений: в качестве оптимального расстояния для малых БПЛА, способных нести заряды с массой до $M = 2$ кг, расстояние от сетки до ближайшей границы объекта должно быть не менее $R = 4$ м. При таком расположении защитной сетки воздушная ударная волна не будет представлять опасности для здания. Для средних БПЛА, способных нести заряды с массой до $M = 10$ кг, расстояние от сетки до ближайшей границы объекта должно быть не менее чем $R = 8$ м [6, с. 50–57].

В исследовании «Анализ влияния взрывов БПЛА на прочность железобетонных конструкций» анализируется статистика атак за последние три года. В качестве основных негативных последствий называются повреждение или разрушение элементов фасадов, особенно окон, пожары, частичные разрушения зданий, деформации несущих конструкций. Данные исследования показали значительно большую устойчивость армированных конструкций к взрывным нагрузкам по сравнению с неармированными стенами, что подтверждает необходимость их применения в условиях повышенной угрозы взрывных воз-

действий [7]. Исследователи В.В. Габова, Е.С. Мельникова, А.А. Чураков в статье «Исследование и разработка методологии проектирования защитных ограждающих конструкций от беспилотных летательных аппаратов» подчеркивают, что минимальное пространство, отделяющее защитную сеть или занавес от защищаемого объекта, должно быть не менее 5 м. Это расстояние гарантирует, что БПЛА не сможет нанести прямой ущерб объекту и предотвратит прямое взаимодействие между ними [8, с. 33–35].

В связи с обозначенной выше проблемой пожаров в результате атак БПЛА представляется важным анализ научных источников, связанных с безопасностью людей при эвакуации по лестничным клеткам жилых зданий. Работы А.В. Пехотикова «Расчетная оценка эффективности технических решений по естественному проветриванию обычных лестничных клеток при пожаре в жилых зданиях» и «Анализ технических решений по противопожарной защите обычных лестничных клеток при реконструкции секционных жилых зданий» рассматривают этот вопрос. Приведенные в них расчеты показали, что возможность эффективного проветривания всех этажей жилых зданий, кроме верхнего, обеспечивается открытым проемом на каждом этаже площадью не менее 1 м², а в качестве дополнительных технических решений используются металлические двери с устройствами самозакрывания и автоматические оросители над проемами [9, с. 73–78; 10, с. 66–67].

Зарубежные статьи по данной проблеме посвящены вопросам противодействия атакам БПЛА. Косвенно затрагивает вопрос данного исследования работа «Количественная оценка безопасности полетов БПЛА в городских условиях на малой высоте», указывая на небезопасность полетов БПЛА в условиях плотной городской застройки: в диапазоне 6 км на высоте от 30 до 60 м много препятствий, создающих риски, а на высоте 120 м препятствий меньше, что облегчает полет. По этой причине важно устанавливать бесполетные зоны и защищать здания не только со стороны фасада, но и сверху, с кровли, размещая защитные элементы и на ней [11, с. 807–813].

Множество зарубежных работ обзорного характера также подтверждают потребность в дальнейших исследованиях в области защиты. Некоторые работы отмечают негативный психологический (устрашающий) эффект от появления БПЛА в жилой городской среде [12, с. 6]. Статья «Исследование технологий защиты от БПЛА в городских условиях» показывает, что технологии физического уничтожения БПЛА обладают прямым контрмерным эффектом, однако основными препятствиями для их широкого распространения являются безопасность, стоимость и ограничения в развертывании в городских условиях [13, с. 147]. Также здесь необходимо упомянуть важную часть работ, посвященных защите конструкций зданий от взрыва, которые подтверждают значимость установки безопасных расстояний, минимизации площади окон (до 15 % от площади стены между опорными колоннами) [14, с. 671–672; 15].

Результаты

На основании проанализированных исследований российских и иностранных норм можно выявить основные типы угроз и сопутствующего ущерба от атак БПЛА в отношении жилых многоквартирных зданий (рис. 1).

1. Угроза кинетического воздействия при таранящих атаках. Основной риск в отношении жилых зданий – это локальное повреждение или обрушение несущих и ограждающих конструкций (фасадов, окон, витражей, кровли, элементов инженерных сетей и оборудования). Кроме того, при формировании ударной волны может происходить поражение людей, имущества осколками или элементами разрушенных конструкций.

2. Угроза взрыва. Основные риски остаются теми же, но если прямая таранящая атака приводит в основном к локальным разрушениям, то, в зависимости от количества и типа взрывных устройств, взрыв приводит к большей площади повреждения фасадов и кровли, в отдельных случаях – к прогрессирующему или локальному (местному) обрушению несущих конструкций.

3. Угроза распространения или распыления опасных химических, радиоактивных, биологических веществ. При попадании их в системы вентиляции возникает риск масштабного заражения жителей.

4. Угроза наблюдения (шпионажа, сбора данных) не представляется такой серьезной, как предыдущие, но может иметь отложенные долгосрочные последствия.

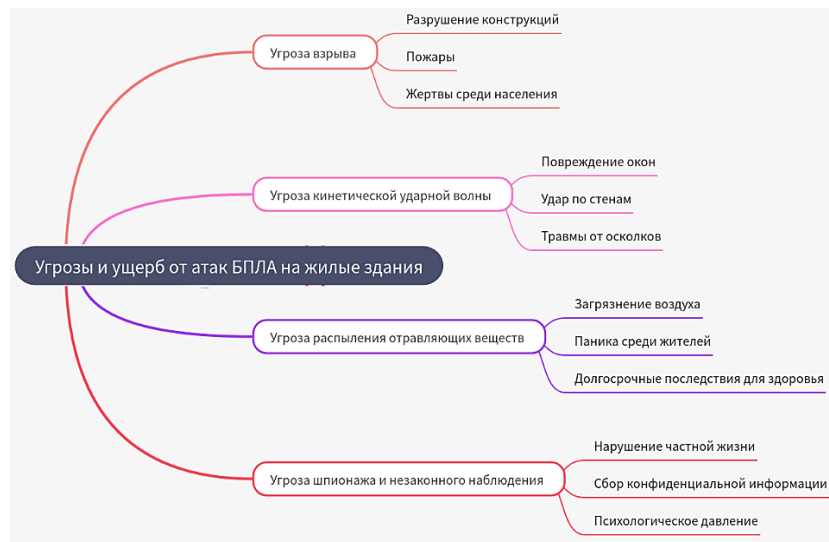


Рис. 1. Виды угроз и сопутствующего им ущерба от атак БПЛА на жилые здания
Fig. 1. Types of threats and damages from UAV attacks on residential buildings

Базовыми архитектурно-планировочными принципами защиты от атак БПЛА будут:

1. Принцип многослойности – подразумевается многослойность внешних оболочек здания, когда у наружных стен помимо несущих и ограждающих слоев появляются защитные слои, сетки, ламели, жалюзи, которые помогают уменьшить ущерб в случае атаки БПЛА или его взрыва. Данный принцип может применяться и в отношении планировочных решений, когда наиболее защищенные помещения как бы скрываются внутри менее защищенных, окруженные ими: в этих помещениях могут быть оборудованы безопасные зоны для жителей дома.

2. Принцип дистанцирования – установка дистанции также помогает сократить ущерб в случае взрыва, урон в случае прямой атаки. Дистанцирование осуществляется за счет специальных защитных устройств: сеток, экранов, внешних оболочек и т. д.

3. Принцип экранирования – защита от поражения осколками, ударной, взрывной волной. Принцип экранирования применяется для фасадов и кровли здания, ко всем уязвимым точкам: входам, воздухозаборным шахтам, вентилятам, окнам.

4. Принцип интеграции – подразумевается интеграция в городскую среду и уместность использования для сохранения гармонии внешнего вида жилой застройки и недопущения фортификационного облика жилых зданий. Архитектурный облик жилого многоквартирного здания должен быть продуман заранее, защитные элементы вписаны в него как фасадные или элементы ландшафтного дизайна участка.

Ландшафтные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз, связанных с атакой БПЛА (рис. 2):

1. Элементы зеленой защиты. Озеленение, в особенности вертикальное, покрывает поверхности стен, маскирует значимые точки, узлы конструкций, тем самым затрудняя распознавание и ориентацию для БПЛА (как при съемке, так и при попытках атаки). Озеленение прилегающего участка, в особенности густые кроны деревьев или кустов, могут защищать людей, находящихся на территории возле жилья от низколетающих дронов или от падения поражающих элементов и осколков конструкций.

2. Геопластика. Использование искусственного рельефа может помочь дополнительной маскировке входов в жилые многоквартирные здания, скрыть или дополнительно защитить детские игровые площадки, спортивные зоны, места отдыха людей.

3. Закрытые жилые дворы. Защитные сетки (из синтетических полимерных материалов или металлические) могут использоваться для защиты двора, отдельных площадок, открытых мест прогулок жителей.



Рис. 2. Ландшафтные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз атаки БПЛА¹

Fig. 2. Landscape techniques for protecting residential buildings from UAV

¹ Источники иллюстраций (слева направо): URL: <https://www.nexitarchitecten.nl/projecten/verticaal-groen/>; <https://thecandie.com/minimalist-public-building-with-green-roof-7192>; иллюстрация выполнена автором.

Планировочные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз, связанных с атакой БПЛА:

1. Устройство буферных пространств. Для большинства жилых многоквартирных зданий их роль берут на себя лоджии и балконы, которые могут гасить часть взрыва или удара и являются дополнительным защитным барьером. Для галерейных домов таким барьером также будут общие галереи, для малоэтажных и индивидуальных жилых домов – террасы, навесы и др.

2. В каждой квартире необходимо предусматривать защищенную внутреннюю зону, т. е. пространство, расположенное на расстоянии от внешнего периметра здания, закрытое, не имеющее окон. Как правило, с этой ролью в большинстве квартир справляются санузлы и кладовые, однако могут проектироваться и специальные защитные зоны по аналогии с израильским жильем, где проектом предусматривается специальное укрепленное помещение – мамад (рис. 3), т. е. комнаты, используемые в качестве убежища в случае бомбардировки или угрозы БПЛА [16].

3. Ориентация помещений квартир и межквартирных коммуникаций по направлениям: если возможно выявить наиболее уязвимый фасад или сторону света, с которой возможны атаки БПЛА, на эту сторону света необходимо ориентировать общедомовые пространства (позажные лифтовые холлы, коридоры, галереи), а также гостиные многокомнатных квартир и кухни. Спальни и детские, напротив, располагать с защищенной стороны.

4. Использование атриумов и закрытых внутренних дворов помогает создать общедомовые зоны для общения, отдыха и рекреации, защищенные от внешних угроз. При этом остекление таких дворов или атриумов должно быть армированным, усиленным или дублироваться защитной сеткой.



Рис. 3. Пример планировки израильского жилья с защитной комнатой – мамад (выделено красным)²
Fig. 3. Layout of an Israeli house with a protective room (highlighted in red)

² URL: <https://israelsale.ru/kfar-saba/flat/plan.jpg>

Фасадные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз, связанных с атакой БПЛА (рис. 4):

1. Экранирование. Проемы, оконные и дверные, являющиеся целью атаки БПЛА, могут быть защищены при помощи экранов. Защитные экраны входов могут быть из бетонных блоков, железобетона, защитные экраны фасадов – из светопрозрачных сеток или решеток. Отличие экрана от местных элементов – в протяженности и установке на расстоянии от фасада. Согласно изученным данным, экран размещается на расстоянии от 2 до 8 м, чтобы он мог гасить ударную или взрывную волну. Экраны защиты входной зоны, согласно СП 542.1325800.24, оптимально располагать на расстоянии до 3 м от входа, причем их высота и ширина должны на 1–2 м превышать высоту и ширину дверного проема. Для защиты отверстий воздухозабора на фасадах необходимо применять жалюзийные решетки; для дополнительной защиты открытых лоджий при входах в незадымляемые лестничные клетки можно использовать только экраны и сетки, которые не мешают процессу эвакуации.

2. Местные элементы защиты: сетки, решетки, ламели, жалюзи из негорючей (неплавящейся) синтетики и металла. Решетки и сетки могут устанавливаться на расстоянии от основного фасада в тех местах, где находятся оконные проемы. Меньшей защиты требуют остекленные балконы и лоджии, которые сами в силу положения являются буферным элементом, частично защищающим от удара. Большей защиты требуют окна без других защитных элементов наподобие ламелей или экранов. Особенной защиты требуют окна спален и детских.

3. Остекление необходимо минимизировать, особенно в спальнях. Окна, лоджии, балконы оптимально выполнять с остеклением, безопасным при разрушении, взрывостойким или армированным.



Рис. 4. Фасадные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз, связанных с атакой БПЛА³

Fig. 4. Facades used to protect residential buildings from UAV attacks

Отдельно необходимо упомянуть защиту кровли, поскольку она является местом расположения вентиляционных и других элементов инженерных систем здания. Для защиты вентиляционных и прочих отверстий кровли можно применять

³ URL: <https://www.archdaily.com/267316/edogawa-garage-club-renovation-junichi-ito-architect-associates/>; <https://www.haskoning.com/en/newsroom/blogs/2024/eco-enhanced-data-centres-the-impact-of-green-facades/>; 3. <https://sigmadoors.co.za/the-science-behind-bulletproof-glass/>

накрывающие козырьки, колпаки, зонты, флюгарки, закрывающие отверстия дефлекторы. Крышные котельные и прочие уязвимые места расположения важного оборудования можно закрывать защитными коробами, сетками, навесами.

В работе были систематизированы виды последствий в отношении зданий и жителей от атак БПЛА и возможные вторичные последствия для людей: угроза взрыва, угроза поражения кинетической ударной волной, угроза распыления отравляющих веществ при помощи БПЛА и угроза незаконного наблюдения и шпионажа. Для каждой угрозы описаны варианты сопутствующего ущерба. Выделены главные принципы защиты от них: принцип экранирования, принцип дистанцирования, принцип многослойности и принцип интеграции защитных элементов в окружающую среду. Проанализированы ландшафтные, фасадные и планировочные приемы, используемые для защиты жилых зданий от угроз, связанных с атакой БПЛА.

Заключение

Исследованные варианты защитных элементов могут использоваться для реконструкции существующих и формирования новых безопасных объектов. Защитные безопасные зоны могут учитываться при проектировании жилых зданий.

Полученные результаты подтверждают важность вклада архитекторов-проектировщиков в обеспечение защиты от угрозы БПЛА, поскольку угрозы со стороны дронов становятся проблемой не только для фортификационной, но и для гражданской архитектуры. Эффективнее всего использовать описанные в работе принципы защиты, такие как многослойность, дистанцирование, экранирование, еще на этапе проектирования, заранее обеспечивая безопасность как внутри жилого пространства, так и на прилегающих территориях. Оптимальнее всего в этом случае будет общая работа инженеров, специалистов по безопасности и проектировщиков, поскольку элементы пассивной архитектурной защиты жилых зданий можно совмещать с активным противодействием дронам со стороны технических систем. Таким образом может складываться скрытая, деликатно вписанная в городскую среду защита, обеспечивающая как физическую безопасность, так и психологический комфорт без эффекта «дома-средневековой крепости».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С.И., Тхакахов, А.А. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 5. Защитные ограждающие конструкции // Системы управления, связи и безопасности. 2025. № 3. С. 121–158. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-121-158. EDN: ADZOXN
2. Костюченко, К.Л. Беспилотные мобильные средства: инновации и угрозы // Инновационный транспорт. 2024. № 1 (51). С. 36–41. DOI: 10.20291/2311-164X-2024-1-36-41. EDN: FWUEIT
3. Сильников, М.В. Защита стационарных и мобильных объектов от роя БПЛА-камикадзе // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2022. № 3 (123). С. 46–50. EDN: TNQMQS
4. Василян, М.С., Кашина, Е.С. Совершенствование методологии расчета защиты конструкций сооружений жилого типа от взрывных воздействий БПЛА // Инженерный вестник Дона. 2025. № 3 (123). С. 780–794. EDN: RHMTLM
5. Мельникова, Е.С., Габова, В.В., Чураков, А.А., Недожегина, И.В. Защитные вантовые конструкции: эффективность и перспективы противодействия БПЛА // Инженерный вестник Дона. 2025. № 7 (127). С. 605–618. EDN: YVGBZG

6. Комаров, А.А., Громов, Н.В., Корольченко, А.Д., Ланской, П.С. Общие принципы защиты объектов от беспилотных летательных аппаратов // *Пожаровзрывобезопасность*. 2024. Т. 33. № 5. С. 51–60. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.05.51-60. EDN: ULIVUK
7. Мельникова, Е.С., Габова, В.В., Чураков, А.А., Дроздов, В.В. Анализ влияния взрывов БПЛА на прочность железобетонных конструкций // *Инженерный вестник Дона*. 2025. № 5 (125). С. 403–413. EDN: PDWDEC
8. Габова, В.В., Мельникова, Е.С., Чураков, А.А. Исследование и разработка методологии проектирования защитных ограждающих конструкций от беспилотных летательных аппаратов // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2025. № 1(98). С. 28–37. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_28. EDN: HEEKRI
9. Пехотиков, А.В., Абаикин, А.А., Гомозов, А.В., Лучкин, С.А. Расчетная оценка эффективности технических решений по естественному проветриванию обычных лестничных клеток при пожаре в жилых зданиях // *Пожаровзрывобезопасность*. 2023. Т. 32. № 3. С. 69–81. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.03.69-81. EDN: CVYNEA.
10. Пехотиков, А.В., Иващук, Р.А., Гомозов, А.В., Лучкин, С.А. Анализ технических решений по противопожарной защите обычных лестничных клеток при реконструкции секционных жилых зданий // *Пожаровзрывобезопасность*. 2023. Т. 32. № 2. С. 59–70. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70. EDN: WHUFDN
11. Chen, Y, Yu, S, Zhang, X. Ground risk quantitative assessment for UAV operations in urban low-altitude scenarios // *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics*. 2025. № 51 (3). P. 806–815. <https://doi.org/10.13700/j.bh.1001-5965.2024.0244>
12. Chauhan, Dharmendra, Kagathar, Harshil, Mewada, Hiren, Patel, Sagarkuma, Kavaia, Sagar, Barb, Gordana. Nation's Defense: A Comprehensive Review of Anti-Drone Systems and Strategies // *IEEE Access*. 2025. P. 99 с. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3550338
13. Wang, L. Research on Anti-UAV Technology in Urban Environments // *Journal of Electronic Research and Application*. 2025. October. № 9 (5). P. 143–149. DOI: 10.26689/jera.v9i5
14. Majdi, E.M. Analysis and Design of A Reinforced Concrete Building to Resist Explosions // *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2022. May. № 11 (5). URL: https://www.researchgate.net/publication/369503508_Analysis_and_Design_of_A_Reinforced_Concrete_Building_to_Resist_Explosions (дата обращения: 12.12.2025).
15. Fu, Feng. ASCE/SEI 59-22 Blast Protection of Buildings. 2023. DOI: 10.1061/9780784415719
16. *Квартиры в Од ха-Шароне*. URL: <https://israelsale.ru/kfar-saba/flat/plan.jpg> (дата обращения: 12.12.2025).

REFERENCES

1. Makarenko, S.I., Tkachkhov, A.A. Analysis of Means and Methods for Countering Unmanned Aerial Vehicles. Part 5. Protective Enclosing Structures. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti*. 2025; 3: 121–158. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-121-158. EDN: ADZOXN. Available: www.elibrary.ru/item.asp?id=82888610 (accessed December 12, 2025). (In Russian)
2. Kostyuchenko, K.L. Unmanned Mobile Vehicles: Innovations and threats. *Innovacionnyj transport*. 2024; 1(51): 36–41. DOI: 10.20291/2311-164X-2024-1-36-41. EDN: FWUEIT. Available: www.elibrary.ru/download/elibrary_65616908_68709237.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
3. Silnikov, M.V. Protection of Stationary and Mobile Objects from a Swarm of Kamikaze UAVs. *Izvestiya Rossijskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk*. 2022; 3(123): 46–50. EDN: TNMQMS. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49437418> (accessed December 12, 2025). (In Russian)
4. Vasilyan, M.S., Kashina, E.S. Improving the Calculation Methodology for Residential Building Protection from UAV Explosive Impacts. *Inzheneryj vestnik Dona*. 2025; 3(123): 780–794. Available: www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_90N2y25_Vasilyan_Kashina_2_.pdf_e54ba65b5a.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
5. Melnikova, E.S., Gabova, V.V., Churakov, A.A., Nedožhegina, I.V. Protective Cable-Stand Structures: Efficiency and Prospects for Countering UAVs. *Inzheneryj vestnik Dona*. 2025; 7(127): 605–618. EDN: YVGBZG. Available: https://elibrary.ru/download/elibrary_82831375_92511117.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)

6. Komarov, A.A., Gromov, N.V., Korolchenko, A.D., Lanskoj, P.S. General Principles of Protecting Objects from Unmanned Aerial Vehicles. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2024; 33(5): 51–60. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.05.51-60. EDN: ULIVUK. Available: www.elibrary.ru/download/elibrary_75155767_87122323.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
7. Melnikova, E.S., Gabova, V.V., Churakov, A.A., Drozdov, V.V., et al. Analysis of UAV Explosions on Strength of Reinforced Concrete Structures. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2025; 5(125): 403–413. EDN: PDWDEC (In Russian)
8. Gabova, V.V. Research and Development of Design Methodology for Protective Enclosing Structures from Unmanned Aerial Vehicles. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2025; 1(98): 28–37. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_28. EDN: HEEKRI. Available: https://elibrary.ru/download/elibrary_80559332_64755532.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
9. Pekhotikov, A.V., Abashkin, A.A., Gomozov, A.V., Luchkin, S.A. Effectiveness Analysis of Technical Solutions for Natural Ventilation of Ordinary Stairwells during Fire in Residential Buildings. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2023; 32(3): 69–81. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.03.69-81. EDN: CVYNEA. Available: www.elibrary.ru/download/elibrary_54073681_76627633.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
10. Pekhotikov, A.V., Ivashchuk, R.A., Gomozov, A.V., Luchkin, S.A. Analysis of Technical Solutions for Fire Protection of Ordinary Stairwells during the Reconstruction of Sectional Residential Buildings. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2023; 32(2): 59–70. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70. EDN: WHUFDN. Available: www.elibrary.ru/download/elibrary_53803655_39887978.pdf (accessed December 12, 2025). (In Russian)
11. Chen, Y., Yu, S., Zhang, X. Ground Risk Quantitative Assessment for UAV Operations in Urban Low-Altitude Scenarios. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics*. 2025; 51(3): 806–815. <https://doi.org/10.13700/j.bh.1001-5965.2024.0244>
12. Dharmendra, C. Nation's Defense: A Comprehensive Review of Anti-Drone Systems and Strategies. IEEE Access. January 2025. DOI:10.1109/ACCESS.2025.3550338. License CC BY 4.0. Available: www.researchgate.net/publication/389805965_Nation's_Defense_A_Comprehensive_Review_of_Anti-Drone_Systems_and_Strategies (accessed December 12, 2025).
13. Wang, L. Research on Anti-UAV Technology in Urban Environments. *Journal of Electronic Research and Application*. 2025; 9(5): 143–149. DOI:10.26689/jera.v9i5.12391 Available: www.researchgate.net/publication/396740949_Research_on_Anti-UAV_Technology_in_Urban_Environments (accessed December 12, 2025).
14. Majdi, E.M. Analysis and Design of A Reinforced Concrete Building to Resist Explosions. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2022; 11(5). Available: www.researchgate.net/publication/369503508 (accessed December 12, 2025).
15. Fu, Feng. ASCE/SEI 59-22 Blast Protection of Buildings. 2023. DOI:10.1061/9780784415719.
16. Apartments in Hod HaSharon. Available: <https://israelsale.ru/kfar-saba/flat/plan.jpg> (accessed December 12, 2025). (In Russian)

Сведения об авторе

Полянцева Екатерина Романовна, канд. архитектуры, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, notneb@ya.ru

Authors Details

Ekaterina R. Polyantseva, PhD, A/Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering 4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., 190005, Saint-Petersburg, Russia, notneb@ya.ru

Статья поступила в редакцию 19.12.2025
Одобрена после рецензирования 17.02.2026
Принята к публикации 17.02.2026

Submitted for publication 19.12.2025
Approved after review 17.02.2026
Accepted for publication 17.02.2026