

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КОНСТРУКЦИЯМ УБЕЖИЩ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

**Романюк В.П.**, к.т.н., доцент,  
**Окунь И.В.**, к.т.н.,  
**Приступлюк В.П.**,  
**Чекулаев Д.И.**,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
vasiliyromanuyk@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается вариант устройства убежищ в условиях городской застройки в связи с увеличением возможности взрывных воздействий, в том числе различных террористических атак в наши дни. Предлагается выполнять убежища в зданиях двойного назначения: в подземных паркингах (цокольных этажах). Особое внимание уделено наиболее восприимчивым конструктивным элементам, таким как колонны и ригеля нижних этажей. Предложены различные способы их усиления, как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации уже существующих сооружений при помощи армирующих элементов и различных полимерных композиционных материалов, в том числе углепластика.

**Ключевые слова:** убежище, взрывное воздействие, жесткое соединение, армирование, углепластик, полимерные композиционные материалы.

## СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО КОНСТРУКЦІЙ СХОВИЩ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

**Романюк В.П.**, к.т.н., доцент,  
**Окунь І.В.**, к.т.н.,  
**Приступлюк В.П.**,  
**Чекулаєв Д.І.**,

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
vasiliyromanuyk@mail.ru

**Анотація.** В роботі розглянуто варіант влаштування сховища в умовах міської забудови у зв'язку із збільшенням можливості вибухових впливів, у тому числі різноманітних терористичних атак сьогодення. Запропоновано влаштування сховищ в будинках подвійного призначення: в підземних паркінгах (цокольних поверхах). Особливу увагу приділено найбільш сприйнятливим конструктивним елементам, таким як колони та ригелі нижніх поверхів. Запропоновано різноманітні способи їх підсилення, як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації уже існуючих споруд за допомогою елементів армування та різноманітних полімерних композиційних матеріалів, у тому числі вуглепластику.

**Ключові слова:** сховище, вибуховий вплив, жорстке з'єднання, армування, вуглепластик, полімерні композиційні матеріали.

## MODERN DESIGN APPROACH TO THE SHELTERS OF CIVIL PROTECTION STRUCTURES

**Romaniuk V.P.**, PhD, Assistant Professor,  
**Okun I.V.**, PhD,

**Abstract.** The problem of shelters arrangement possibility in urban modern building conditions due to the increased probability of different explosive attacks nowadays is considered in the paper. Providing the population with shelters can be solved by building (organization) dual-purpose buildings, in other words, organization of shelters in the premises of underground parking (ground floors).

The most sensitive structural elements of building such as columns and beams (floor slabs) of the lower floors and respectively their stiff joints are spotlighted. It is necessary to provide additional reinforcement in the form of reinforcing bonds (rods, sheets, plates, ropes, etc.) to provide rigid connection of the floor slabs and columns. Such decisions improve reduction of the risk of structures failure after the explosive impact that helps to keep the buildings from destroying

Alternatively, protection of basic structural bearing elements is proposed to increase their rigid joints with additional polymeric materials, such as carbon fiber. The main advantage of proposed method is the opportunity of this feature reinforcing construction with a composite material as in the design stage so during the usage of already constructed buildings due to the technology of the device and form of the proposed material.

**Keywords:** shelter, explosive impact, rigid connection, reinforcement, carbon fiber, polymer composite materials.

**Введение.** Вопрос обеспеченности населения убежищами, к большому сожалению, снова является достаточно актуальным, как это было в прошедшем веке. Этому способствует повышение вероятности взрывных воздействий от разного вида атак. Тем более, что в виду научного развития оружия, дело состоит не только в террористических и военных действиях с применением различных боеприпасов и взрывных устройств, а также в более страшном и массивном виде поражения – химическом оружии.

**Анализ последних исследований.** Исследования по конструкциям для убежищ проводятся в наше время в разных странах за рубежом. Наиболее остро стоит вопрос в государствах, в которых возможны массовые террористические атаки. Современные исследования для нашей страны практически отсутствуют.

Одним из последних научных исследований в данной области являются исследование молодых ученых из Турции, которые заняли призовое место в международном научном конкурсе “Google science fair”, представив проект под названием «Новый экологический метод повышения устойчивости бетонных зданий к взрывам и механическому воздействию». В проекте предлагается повысить устойчивость зданий за счет обшивки внешних стен изнутри алюминиевыми банками, которые активно поглощают энергию, в том числе и взрывную [1].

**Цели и задачи исследования.** Целью данной работы является поиск оптимального варианта устройства убежища в условиях городской застройки в наше время. Задачи исследования: выделить основные ключевые несущие конструктивные элементы сооружений убежищ и предложить варианты повышения их прочности.

**Основной материал и результаты исследования.** Убежище – это герметичное сооружение, как правило, отдельное специально возведенное и соответственно, требующее дополнительных значительных затрат. В условиях городской застройки обеспечение населения такими видами специальных объектов можно решить строительством зданий двойного назначения, т.е. устройства убежища в основании главного сооружения. Например, под убежище можно приспособить подвальные помещения, цокольные этажи, а также подземные паркинги, используемые по своему прямому назначению в мирное время (рис. 1, рис. 2).



Рис. 1. Общий вид жилого малоэтажного здания с подземным паркингом в г. Одесса



Рис. 2. Обозначение убежища в паркинге специальной табличкой «Вход в убежище» с направлением движения

Таким способом при вложении меньших средств можно обеспечить объект строительства достаточно современным и актуальным сооружением. Помимо уменьшения материальных затрат решается вопрос недостатка свободных площадей в условиях плотной городской застройки.

При строительстве зданий двойного назначения с возможностью переоборудования помещений, используемых в мирное время по назначению под убежище необходимо выполнить ряд обязательных требований, перечисленных ниже. Более детальные требования представлены в нормативном документе [2].

1. Проемы и отверстия должны быть подготовлены для заделки при переводе помещения на режим укрытия.

2. Помещения должны располагаться вблизи мест пребывания большинства укрываемых (на примере рис. 1 помещение подземного паркинга может послужить убежищем в режим укрытия непосредственно как минимум жителям малоквартирного дома).

3. Использование наилучшей конструктивной схемы таких зданий – монолитного железобетонного каркаса, который, как правило, повсеместно используется в современных сооружениях различного назначения и разной этажности.

4. Применение автономного газового отопления квартир в малоэтажных домах с целью ухода от устройства теплового пункта в подвальных помещениях, поскольку наличие последнего не допускается в помещениях убежищ.

5. Стены должны быть выполнены из материалов с повышенной огнестойкостью. Поверхность стен для убежища необходимо затирать цементно-песчаным раствором под окраску.

6. В случае толщины стен убежища менее 50 см необходимо устройство дополнительного термоизоляционного слоя.

7. Площадь убежища должна быть запроектирована с учетом расположения основных и вспомогательных помещений на режим укрытия (ФВП, санитарных узлов, защищенных ДЭС, электрощитовых, тамбур-шлюзов, тамбуров, вентиляторов, воздухозаборов). На примере (рис. 1) площадь паркинга является более чем достаточной для размещения всех жильцов с учетом  $0,5 \text{ м}^2$  площади убежища на человека.

8. Объемно-планировочные решения убежища должны предполагать устройство как минимум 2 входов, в том числе и аварийного, а также поворота под углом  $90^\circ$  или специальных экранов. На примере (рис. 1) такое условие выполняется.

Ограждающие и несущие конструкции убежищ должны быть рассчитаны на особое сочетание нагрузок, состоящие из постоянных, временных длительных нагрузок и статической нагрузки, эквивалентной действию динамической нагрузки от воздействия ударной волны (эквивалентная статическая нагрузка) [3]. Цель расчетов по предельным состояниям конструкций от действия динамической нагрузки – обеспечение достаточной

гибкости и прочности сооружения таким образом, чтобы взрывная энергия распределялась по конструкции без последующего полного разрушения последней. Все нагрузки должны быть перенесены с перекрытий (балок) на колонны, что выполняется в каркасных зданиях. При этом все нагрузки, действующие на здание, воспринимаются поперечными и продольными рамами, которые образованы жесткими стыками колонн и ригелей (плит перекрытий). Необходимо обеспечить надежную прочность, жесткость и устойчивость основных ключевых несущих элементов: перекрытий и колонн, особенно их стыкам. При проектировании в первую очередь нужно уделить особое внимание нижним этажам, которые наиболее восприимчивы к взрывным воздействиям.

Жесткие стыки колонн и ригелей (плит перекрытия) улучшают сопротивление сдвигу при взрывном воздействии. Необходимо обеспечить обязательное дополнительное армирование, устраиваемое непосредственно в местах максимального изгибающего момента в пределах необходимого расстояния от грани колонны. Армирование колонн нижних этажей обязательно должно быть непрерывным для предотвращения хрупкого разрушения в жестком соединении и восприятия сдвигающих усилий в случае разрушения бетона от воздействия взрыва, что в свою очередь поможет обеспечить безопасность для нарушенной структуры, защищая ее от полного разрушения. Поскольку необходимым условием при устройстве убежища в комплексе основного здания является создание условий для сохранения и продолжения функциональности после возможных наступивших взрывных воздействий.

Можно выделить следующие ключевые моменты при проектировании колонн для улучшения сопротивляемости взрывным воздействиям:

- потенциальная сила, получаемая от прямого воздействия в результате взрыва, требует, чтобы колонны нижних этажей были сконструированы с повышенной прочностью и устойчивостью;

- особое внимание следует уделить колоннам нижних этажей непосредственно по периметру здания.

Повысить прочность и устойчивость колонн нижних этажей от воздействия сдвигающих усилий можно путем устройства дополнительного обрамления колонн в стальной корпус. Также вариантом повышения прочности и устойчивости является установка дополнительных отдельно стоящих стальных колонн по периметру здания.

Для обеспечения надежного жесткого соединения плит перекрытия и колонн необходимо предусмотреть дополнительное армирование в виде арматурных связей (стержней, листов, пластин, канатов и т.д.). Такие решения благоприятствуют снижению риска разрушения конструкций после взрывного воздействия.

В качестве альтернативного варианта защиты жесткого соединения перекрытия с колоннами можно предложить внешнюю защиту их при помощи дополнительных полимерных материалов, одним из которых выступает углепластик. Углепластику присущи механические характеристики, значительно превосходящие свойства стали: высокий модуль упругости, высокая прочность на растяжение, высокая степень выносливости и усталостной прочности, высокое сопротивление динамическим нагрузкам (как раз, к которым относятся взрывные воздействия), а также устойчивость к химическим агентам, устойчивость к коррозии и высокая термическая и реологическая устойчивость. Все вышеперечисленные свойства армирующего материала повышают предел прочности на растяжение, жесткость и прочность на сдвиг. Ввиду дороговизны углепластика его можно заменить на различные полимерные композиционные материалы (ПКМ), например, стеклопластики (в том числе стекловолокнистые анизотропные материалы), органическое стекло и другие.

При армировании соединений при помощи углепластика открывается возможность не только армировать конструкции на стадии проектирования с последующим возведением на стройплощадке, но и также возможность устройства дополнительного армирования уже существующих элементов конструкции в случае возникновения угрозы взрывов с минимальными потерями существующего пространства и нарушения элементов строения. Такую возможность дает выпуск углепластиковых волокон в виде холстов, а также технология устройства на конструкции (приклеивание при помощи эпоксидных смол) (рис. 3).

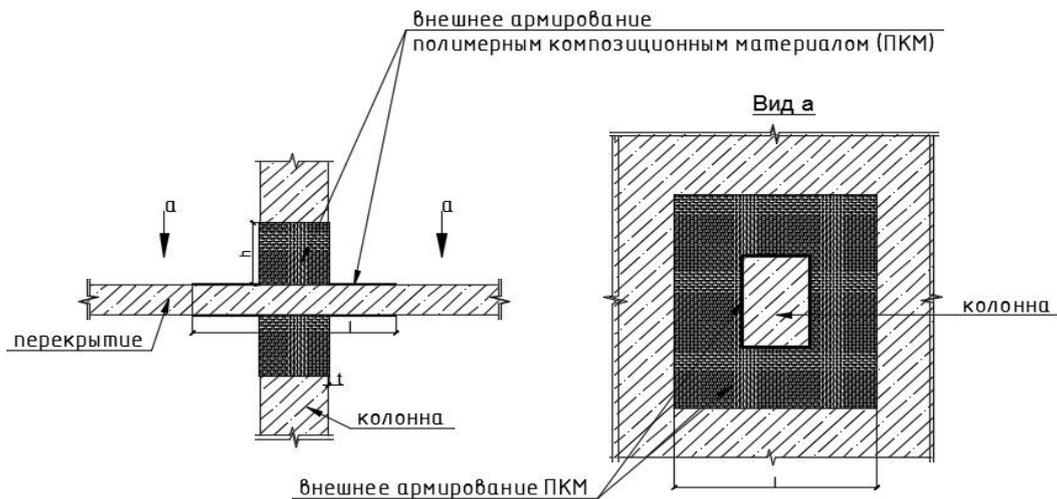


Рис. 3. Внешнее армирование углепластиковым холстом соединения перекрытия и колонны

**Выводы.** В данной научной статье были выполнены и решены поставленные цели и задачи. Выделен альтернативный вариант устройства убежища в помещениях подземных паркингов (цокольных этажей) в условиях городской застройки в наше время. Основные несущие конструктивные элементы: перекрытия и колонны нижних этажей. Предложены варианты повышения прочности основных конструктивных элементов, а именно: армирование (усиление) различными материалами, в том числе армирующими стержнями, пластинами, углепластиковыми холстами, ПКМ жестких стыков соединения колонн и ригелей.

Углепластик и другие ПКМ используются в строительстве недавно, имеется ограниченное количество научных исследований, а соответственно и научных данных по применению таких материалов в конструкциях непосредственно при воздействии динамических взрывных нагрузок [4, 5]. Данная тема нуждается в дополнительных исследованиях.

### Литература

1. Sirbas I. A new eco-friendly method for increasing blast and impact resistance of reinforced concrete buildings (Electronic resource) / I. Sirbas, E. Tezer [et al.] // Google science fair – 2016. – mode of access: <https://www.google-science-fair.com/projects/ru/2016/91310229b3ce0a397feeb89ea1466ecdb176aaaf060cd3157cf62552c7806660>
2. Захисні споруди цивільної оборони: ДБН В 2.2.5-97. – [чинний від 1998-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1998. – 111 с. – (Державні будівельні норми).
3. Убежища гражданской обороны. Конструкции и расчет. / [Ганушкин В.И., Костин А.А., Костин А.И. и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Котляревского. – М.: Стройиздат, 1989. – 607с.
4. Pichandi S. Fibrous and composite materials for blast protection of structural elements: an article / S. Pichandi, S. Rana, D. Oliveira and R. Fangueiro [et al.] // Article in Journal of reinforced plastics and composites 32(19):1477 – 1500. – October 2013. – mode of access: [https://www.researchgate.net/publication/260896919\\_Fibrous\\_and\\_composite\\_materials\\_for\\_blast\\_protection\\_of\\_structural\\_elements\\_-\\_A\\_state-of-the-art\\_review](https://www.researchgate.net/publication/260896919_Fibrous_and_composite_materials_for_blast_protection_of_structural_elements_-_A_state-of-the-art_review)
5. Jomy P. Architectural and structural design blast resistant buildings: a seminar report submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Technology in civil engineering / P. Jomy [et al.] // Sreepathy institute of management & technology Vavanoor. Palakkad – 2010. – mode of access: <http://www.slideshare.net/pauljomy92/architectural-and-structural-design-of-blast-resistant-buildings-report>

Стаття надійшла 21.11.2016