

УДК 624.012.4

**ВОПРОС ЭФФЕКТИВНОСТИ И  
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУТРИГЕРНОГО  
ЭТАЖА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ  
С МОНОЛИТНЫМ КАРКАСОМ ОТ  
ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ**

*Холмогорова Т. Н.*

Донской государственной технической  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

[t-kholmogorova@mail.ru](mailto:t-kholmogorova@mail.ru)

В статье сопоставлены варианты защиты высотных зданий от прогрессирующего обрушения (ПО): с устройством аутригерного этажа и без него. Произведены расчеты 9-этажного жилого дома для различных условий эксплуатации: нормальных и экстремальных (аварийное воздействие — разрушение колонны второго этажа). Высчитан расход арматуры, бетона и стального проката, проведен сравнительный анализ этих материалов. При защите здания от ПО без аутригерного этажа расход арматуры возрастает на 38,46%. Использование аутригерного этажа требует на 9,73% больше арматуры. Преимуществом этого метода также является уменьшение деформаций плит перекрытий за счет перераспределения нагрузки на оставшиеся конструкции. При этом затраты на металл, необходимый для изготовления ферм, практически уравнивает стоимость методов.

**Ключевые слова:** монолитный каркас, прогрессирующее обрушение (ПО), аварийное воздействие, резервирование прочности, аутригерный этаж.

**Введение.** К современным зданиям и сооружениям предъявляют ряд требований по безопасности: механической, пожарной, при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [1]. При этом остаются актуальными вопросы стойкости зданий к прогрессирующему обрушению (ПО) [2, 3].

В российских стандартах под прогрессирующим (лавинообразным) обрушением понимают последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения [2, 4]. Причин такого разрушения довольно много (пожар, взрыв, сейсмическое воздействие, образование карстовых воронок, некачественно выполненные работы и т. д. [4–6]).

Основными методами защиты зданий от прогрессирующего обрушения являются:

UDC 624.012.4

**EFFICIENCY AND EXPEDIENCY OF  
OUTRIGGER FLOOR FOR PROTECTION  
OF BUILDINGS WITH MONOLITHIC  
FRAMEWORK FROM PROGRESSIVE  
COLLAPSE**

*Kholmogorova T. N.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[t-kholmogorova@mail.ru](mailto:t-kholmogorova@mail.ru)

The article compares methods of protection of multi-storey buildings from "progressive" collapse: without outrigger floor device and with it. Calculations were made of a 9-storey residential building for normal and extreme (emergency impact — destruction of the column of the second floor) operating conditions. As a result, the consumption of materials was obtained — reinforcement, concrete and rolled steel — and their comparative analysis was carried out. In the first method of protection of the building from "progressive" collapse, the consumption of reinforcement increased by 38.46%, while in the scheme with the outrigger floor the consumption increased by 9.73%. The advantage of the second method is also the decrease of deformations of the floor plate, due to the load redistribution to the remaining structures. However, due to the metal necessary for the manufacture of farms, the cost of methods is almost the same.

**Keywords:** monolithic framework, progressive collapse, emergency impact, strength reservation, outrigger floor.

- резервирование прочности несущих элементов;
- использование жестких блоков (аутригерных этажей) по высоте здания;
- повышение пластических свойств связей между несущими конструкциями [4, 7].

**Объекты расчета.** В качестве примера при расчете на ПО рассмотрены две конструктивные схемы здания: обычное 9-этажное каркасно-монолитное здание и аналогичный объект, верхний технический этаж которого представляет собой жесткий блок. В данном случае аутригерный этаж — это система плоских ферменных конструкций, которые вместе с колоннами, плитами перекрытия и диафрагмами жесткости образуют пространственные конструкции (рис. 1–2).

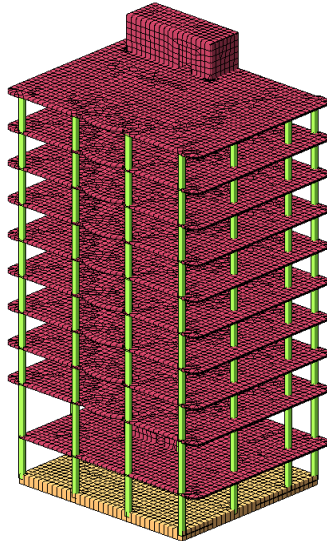


Рис. 1. Расчетная модель 9-этажного здания

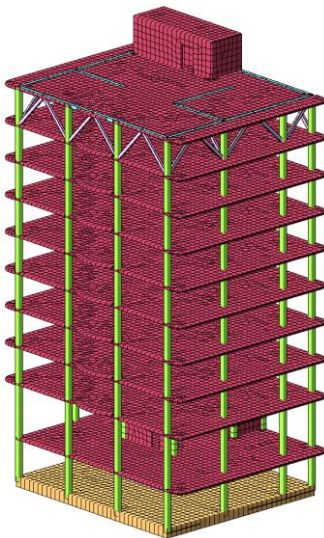


Рис. 2. Расчетная модель 9-этажного здания с аутригерным этажом

**Создание и расчет конечноэлементных моделей в программном комплексе (ПК) «Ли́ра-САПР».** В рамках представленной работы выполнены три расчета. Первый — на нормальные условия эксплуатации 9-этажного здания. Учитывались постоянные и временные, длительные и краткие нагрузки [5, 6]. Второй и третий расчеты — на экстремальные условия эксплуатации, т. е. на особое предельное состояние, соответствующее аварийному воздействию (разрушение несущего элемента — колонны). Все колонны второго этажа поочередно выключались из работы [8]. Вычисления позволили установить количество арматуры, необходимое для каждого случая.

**Результаты расчета.** Для первой конструктивной схемы в качестве метода защиты здания от ПО применяется резервирование прочности. В данном случае максимальное значение вертикального перемещения плит перекрытий составляет 56,1 мм.

Во второй схеме после удаления (разрушения) колонны, плоские фермы аутригерного этажа начинают воспринимать от нее нагрузки и перераспределять их на оставшиеся конструкции (колонны и диафрагмы жесткости). В результате повышается жесткость перекрытий и их максимальное вертикальное перемещение составляет уже 41,2 мм.

В таблице приведены расход и общая стоимость материалов [9–10] при защите здания от ПО методами резервирования прочности несущих элементов и устройства аутригерного этажа.

Таблица

Расход и общая стоимость материалов, необходимых для защиты здания от ПО

Расчет	Материалы	Ед. изм.	9-этажное каркасно-монолитное здание	
			без аутригерного этажа	с аутригерным этажом
Стандартный	Бетон	м <sup>3</sup>	1041	
	Арматура	т	38,24	
	Стальной прокат	т	–	
С учетом аварийного воздействия	Бетон	м <sup>3</sup>	1041	1041
	Арматура	т	52,95	41,96
	Стальной прокат	т	–	10,8
Общая стоимость материалов при защите зданий от ПО		тыс. руб.	5 653,96	5 615,48

**Сравнение результатов расчета.** Расчеты для 9-этажного каркасно-монолитного здания показали, что для защиты от ПО необходимо увеличить расход арматуры на 38,46%. Если же с этой целью возвести аутригерный этаж, достаточно будет увеличить расход арматуры на 9,73%. Однако за счет металла, необходимого для изготовления ферм, стоимость этих методов практически одинакова.

Следует также отметить, что при устройстве аутригерного этажа значительно снижаются деформации плит перекрытия. Это объясняется тем, что колонны, расположенные выше разрушенной, работают на растяжение. Метод, предполагающий возведение аутригерного этажа, является более надежным, но и более трудоемким.

**Выводы.** Таким образом, в современной строительной практике представляются равноценными оба рассмотренных метода защиты здания от ПО: с аутригерным этажом и без него. Авторы конкретных проектов выбирают метод защиты в зависимости от различных факторов, — например, таких как:

- назначение сооружения,
- условия стройки,
- доступность финансовых ресурсов,
- доступность строительных материалов.

#### Библиографический список

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : федеральный закон от 30.12.2009 №384-ФЗ [Электронный ресурс] / Государственная Дума ; Совет Федерации // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». — Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/) (дата обращения: 28.12.18).

2. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. ГОСТ 27751-2014 / Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва : Стандартинформ, 2015. — 16 с.
3. Свод правил по проектированию и строительству. Железобетонные монолитные конструкции зданий. СП 52-103-2007 / ФГУП «НИЦ «Строительство»». — Москва : ФГУП «НИЦ «Строительство»», 2007. — С. 6–8.
4. Свод правил. Здания и сооружения. Особые воздействия. СП 296.1325800.2017 [Электронный ресурс] / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, АО НИЦ «Строительство», ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, АО «МНИИТЭПЦ ; Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. — Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293742/4293742758.htm> (дата обращения 28.12.18).
5. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс] / МНИИТЭП ; ЦНИИСК им. Кучеренко, ЦНИИЭП жилища ; Москомархитектура ; Правительство Москвы. — Режим доступа: [https://znaytovar.ru/gost/2/RekomendaciiRekomendacii\\_po\\_zaz3.html](https://znaytovar.ru/gost/2/RekomendaciiRekomendacii_po_zaz3.html) (дата обращения 28.12.18).
6. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения / Правительство Москвы ; Моском Архитектура. — Москва : ГУП «НИАЦ», 2006. — 60 с.
7. Территориальные строительные нормы. Жилые и общественные высотные здания. ТСН 31-332-2006 / ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ» ; Правительство Санкт-Петербурга. — Москва : Стройиздат СПб, 2005. — 59 с.
8. Радченков, А. В. Методы расчета каркасных зданий из монолитного железобетона на прогрессирующее обрушение на примере 17-этажного жилого дома / А. В. Радченков, В. Н. Аксенов // Инженерный вестник Дона. — 2016. — № 4. — Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3879](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3879) (дата обращения 28.12.18).
9. Прайс-лист на товарный бетон из обогащенной песчано-гравийной смеси (ОПГС) по состоянию на сентябрь 2018 [Электронный ресурс] / ООО «Автобетон». — Режим доступа: <https://avtobeton-nn.ru/prajs.html> / (дата обращения: 03.10.18).
10. Прайс-лист на арматуру по состоянию на сентябрь 2018 [Электронный ресурс] / АО «Металлоторг». — Режим доступа: [www.metallotorg.ru/info/](http://www.metallotorg.ru/info/) (дата обращения: 03.03.18).