

Приведенные результаты ясно показывают преимущество использования методологии проектирования, основанной на сценариях пожара, по сравнению с использованием стандартной температурной кривой ISO. Железобетонные конструкции перекрытий открытых автостоянок, спроектированные с учётом фактической мощности теплового потока, способны противостоять воздействию пожара при использовании различных сценариев.

Методология проектирования, основанная на сценариях пожара, позволит оптимизировать конструкцию, чтобы получить эффект от снижения противопожарной защиты и, следовательно, конечной стоимости этого типа здания при сохранении необходимого уровня пожарной безопасности.

Список литературы

1. ArcelorMittal, Building Research Institute (ITB). Design Guide-Open Steel Car Parks Design for the Polish Market / ArcelorMittal Construction Poznan University of Technology, 2011. p. 20.
2. Annerel E., Taerwe L., Merci B., Jansen D., Bamonte P., Felicetti R. Thermo-mechanical analysis of an underground car park structure exposed to fire // International Association for Fire Safety Science. Fire Safety Journal, 2013. P. 97-98.
3. Li Y. Assessment of Vehicle Fires in New Zealand Parking Buildings. Fire Engineering Research Report 04/2, Master Thesis, University of Canterbury, New Zealand, May 2004.
4. Pope N. Computational Fluid Dynamics modelling of large-scale compartment fires. PhD thesis, University of Manchester (UK). 2005.
5. Федоров В.С., Левитский В.Е. Объектно-ориентированный подход к оценке огнестойкости конструкций // Материалы VIII Международного научного форума молодых учёных, инноваторов, студентов и школьников «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования» (23–25 апреля 2019 г.) – Т. 2. Научный потенциал организационно-управленческого инжиниринга в реализации инвестиционно-строительного и жилищно-коммунального комплекса : материалы XXVII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. – С. 39-51.
6. Федоров В.С., Левитский В.Е., Соловьев И.А. Модель термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 5 (61). – С. 47-55.
7. Федоров В.С. Актуальные проблемы оценки огнестойкости конструкций в составе несущей системы здания // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования. Материалы Национальной научно-практической конференции (9 февраля 2018 г.). – Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. С. 3-7.

УДК 624.014.2:614.841.33(083.7)

ЖИВУЧЕСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. В. Клокова

*«Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)
(г. Москва, Россия)*

Рассматриваются подходы к решению проблемы обеспечения живучести строительных конструкций и конструктивных систем при проектировании зданий и сооружений. Приведен обзор некоторых исследований по оценке живучести конструкций. Приведены подходы к предотвращению прогрессирующего обрушения здания и сооружения. Приведены некоторые результаты анализа расчета живучести железобетонных конструкций и конструктивных систем.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, конструктивные системы, хрупкое разрушение, прогрессирующее разрушение, живучесть.

The approaches to solving the problem of ensuring the survivability of building structures and structural systems in the design of buildings and structures are considered. A review of some studies assessing the survivability of structures is given. The approaches to the prevention of progressive collapse of buildings and structures are given. Some results of the analysis of calculations of the survivability of reinforced concrete structures and structural systems are given.

Keywords: reinforced concrete structures, structural systems, brittle fracture, progressive failure, survivability.

В последние годы обозначился интерес к проблеме живучести зданий и сооружений. Во многих отраслях техники сформированы методы и модели оценки живучести сложных систем.

Как правило, под живучестью понимают способность системы сохранять заданные параметры при воздействии внешних факторов катастрофического характера. При этом в результате такого воздействия на весь объект или на отдельный элемент возможно снижение эксплуатационных параметров в пределах допустимых значений. Живучесть определена как свойство объекта противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания, или свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации, или свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при наличии повреждений определенного вида или при отказе некоторых компонентов.

Применительно к строительным объектам нормативными документами определена надежность объекта, в общепринятой терминологии, как свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, которые требуют функции объекта в заданных условиях и режимах эксплуатации. Надежность строительного объекта поддерживается обеспечением долговечности и безотказности. При проектировании строительных объектов действующими сводами правил обеспечиваются параметры прочности, жесткости, устойчивости.

В настоящее время в связи с участвовавшими разрушительными природными и техногенными катастрофами возрастает актуальность экспериментально-теоретических исследований и обоснования конструктивной безопасности и живучести объектов, снижения рисков. В строительной науке определены проблемы живучести зданий и сооружений и направления их решения, формируется терминология по данной тематике, так как в нормативных документах пока отсутствуют понятия и определения по вопросу живучести.

С 1970-х годов, когда был впервые предложен термин «прогрессирующее обрушение», к сегодняшнему времени сложилось определение этого термина. В Стандарте [1] дано определение прогрессирующему обрушению как последовательному (цепному) разрушению несущих строительных конструкций и оснований, приводящему к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения. В [2] предложено под живучестью конструкций понимать свойство конструкции сохранять общую несущую способность при локальных разрушениях, вызванных природными и техногенными воздействиями, по крайней мере, в течение некоторого времени.

В настоящее время исследования живучести конструктивных систем выполняются по двум направлениям. К первому направлению относятся исследования, связывающие живучесть системы с сопротивлением прогрессирующему разрушению (обрушению) при аварийном воздействии, приведшем к разрушению элемента системы. В [3] рассмотрено прогрессирующее обрушение по отношению к локальному разрушению отдельного конструктивного элемента, вызвавшему цепное обрушение, выделяют прогрессирующее обрушение и непропорциональное обрушение. Прогрессирующее обрушение определено как внезапное разрушение, независимо от причины, приведшее к перераспределению усилий и последующему разрушению других элементов до нового состояния равновесия, при котором часть конструктивной системы или все здание будут обрушены. При непропорциональном обрушении область прогрессирующего обрушения превышает допустимые размеры, установленные нормативными документами.

В исследованиях, относящихся ко второму направлению, причиной прогрессирующего разрушения системы рассматривают отказ одной из несущих конструкций вследствие деградиационных процессов, как старение, коррозия и другие. В исследования [4, 5] предложено для развития теории живучести строительных конструкций принять принцип энтропийности процессов накопления среднего повреждения [6], кинетику коррозии нагруженного железобетонного элемента от локального повреждения к лавинообразному разрушению. На конструктивную систему здания оказывают влияние коррозионные повреждения железобетонных конструкций в результате длительной эксплуатации в агрессивных условиях. Коррозионные повреждения приводят к снижению силового сопротивления и жесткости конструкции, к развитию больших деформаций и трещин.

К настоящему времени сформированы определенные подходы и методы оценки возможного прогрессирующего обрушения, способы защиты зданий и сооружений.

Сформулирована общая методология снижения рисков прогрессирующих разрушений зданий и сооружений [7], основные положения которой следующие:

- предупреждение или полное исключение организационными методами возможности аварийного воздействия;
- уменьшение объема разрушения объекта конструктивными методами;
- предотвращение прогрессирующего обрушения.

При оценке живучести рассматривается возможность мгновенного удаления одного несущего элемента конструктивной системы здания. Эта ситуация возможна в результате аварийных взрывов, терактов, аварийных ударов, транспортных аварий. При рассмотрении данной расчетной ситуации необходимо отметить, что первоочередным в обеспечении живучести являются не технические и конструктивные мероприятия, а организационные, направленные на предотвращение указанных аварийных воздействий. Рассматривается выключение элемента, поврежденного коррозией. Такое предположение представляется маловероятным. Так как коррозионные повреждения железобетонных конструкций развиваются во времени и легко диагно-

стируются, а обязательным условием эксплуатации зданий и сооружений является установленная система технического обслуживания и ремонта. Это подтверждается опытом обследования железобетонных конструкций зданий и сооружений [8].

Уменьшить объемы прогрессирующего разрушения возможно за счет их локализации. Каркас здания «разбивается» на отдельные объемы, выход разрушения за пределы которых исключен: в горизонтальном направлении здание разбивается деформационными швами, в вертикальном направлении устраиваются связевые этажи или мощные ригели междуэтажных перекрытий. Другим направлением уменьшения объема разрушения является введение в конструктивную схему дополнительных связей, так EN 1991-1-7 часть 1-7 рекомендует в несущих каркасах выполнять связи по наружным колоннам, вертикальные связи, контурные связи, внутренние связи. Живучесть здания возможно обеспечить, если для предотвращения прогрессирующего разрушения несущая способность всех элементов системы будет достаточной для восприятия начальных аварийных воздействий. Такое решение значительно увеличивает материалоемкость конструктивного решения.

Таким образом, живучесть железобетонной конструкции следует рассматривать как свойство противостоять хрупкому разрушению. Живучесть конструктивных систем можно определить, как способность системы противостоять прогрессирующему обрушению при аварийных нагрузках и воздействиях. Расчет живучести железобетонных конструкций и конструктивных систем полностью вписывается в положения метода предельных состояний. Расчет по первой группе предельных состояний должен обеспечить конструкцию от разрушения любого характера и с учетом в необходимых случаях деформированного состояния конструкции, а конструктивную систему – от локального и прогрессирующего обрушения.

Список литературы

1. СТО 36554501. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Введ. 2008-09-23. М.: НИЦ Строительство, 2008.
2. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. №4. С.5-9.
3. Тур, В.В. Проектирование конструктивных систем зданий в особых расчетных ситуациях // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы международных академических чтений. Курск: КГУ, 2010. С. 166-187.
4. Бондаренко В.М., Ключева Н.В., Колчунов В.И., Андросова Н.Б. Некоторые результаты анализа и обобщения научных исследований по теории конструктивной безопасности и живучести // Строительство и реконструкция. 2012. №4.
5. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №2. С.28-31.
6. Бондаренко В.М., Федоров В.С. Модели в теориях деформации и разрушения строительных материалов // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 2. С. 103-105.
7. Тамразян А.Г. Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Научное издание. Под общ. ред. А.Г. Тамразяна. М.: Издательство АСВ. 304 с.
8. Меркулов С.И. Повреждения железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы международных академических чтений. Курск: КГУ 2012. С. 147-150.

УДК 699.841

МЕТОДЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А. А. Гребенюков

«Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)

(г. Москва, Россия)

Описываются методы повышения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Ключевые слова: *сейсмоизоляция, сейсмостойчивость, композитные материалы, демпфирование.*

Methods of increasing the seismic resistance of buildings and structures are described.

Key words: *seismic isolation, seismic stability, composite materials, damping.*

Повышение сейсмостойчивости зданий и сооружений является основной задачей в условиях строительства в сейсмических зонах.

Сейсмоизоляцией (ССИ) называется технология защиты сооружений от сейсмического воздействия.