

## УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ

*Колчунов<sup>1</sup> В. И., Федорова<sup>2</sup> Н. В., Савин<sup>3</sup> С. Ю., Амелина<sup>4</sup> М. А.*

<sup>1</sup> *Д. т. н., профессор, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, asiorel@mail.ru*

<sup>2</sup> *Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, fedorovanv@mgsu.ru*

<sup>3</sup> *К. т. н., доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, suwin@yandex.ru*

<sup>4</sup> *Аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, targo.dremova@mail.ru*

Здания и сооружения нормального и повышенного уровня ответственности в течение срока своей эксплуатации могут подвергаться аварийным воздействиям, которые трудно или невозможно предусмотреть на этапе проектирования. Несмотря на низкую вероятность реализации таких воздействий, высокие риски, связанные с нежелательными социальными последствиями для зданий

повышенного уровня ответственности и, в первую очередь, с массовым единовременным пребыванием людей, требуют учета на этапе проектирования особых расчетных ситуаций. Обеспечение устойчивости конструктивных систем зданий и сооружений к начальным локальным повреждениям и разрушениям в особой расчетной ситуации тесно связано с развитием и совершенствованием моделей и методов оценки сопротивления несущих элементов динамическим догрузениям, возникающим в результате внезапных изменений расчетной схемы сооружения.

Исследована устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов в особой расчетной ситуации, вызванной начальным локальным отказом одного из несущих элементов каркаса здания. При оценке напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых элементов поврежденной конструктивной системы учитывались дополнительные повороты сечений с трещинами за счет накопления взаимных относительных смещений бетона и арматуры на участках прилегающих к берегам трещин. Размеры блоков между трещинами устанавливаются с использованием модели уровневых расстояний между трещинами Вл. И. Колчунова на уровнях нагружения, предшествующих достижению предельного состояния несущей способности рассматриваемого конструктивного элемента. Рассматриваются случаи разрушения элементов по материалу и от потери устойчивости в зависимости от конструктивных особенностей и параметров воздействия. Для разграничения этих случаев принято соотношение изгибающих моментов от продольного и от поперечного изгиба. Разрушение от потери устойчивости наступает при преобладании в опасном сечении изгибающего момента от продольного изгиба. Оценка разрушения конструктивного элемента для двух случаев разрушения при этом выполняется с использованием энергетического критерия, предполагающего равенство нулю приращения энергии деформации с учетом ограничений по предельным относительным деформациям материала при его разрушении. Работа элемента после превышения энергетического критерия возможна лишь при условии, что относительные деформации в материале не превысили установленных предельных значений, а также имеет место избыточная жесткость каркаса здания в зоне возможного локального разрушения.

Выполнено численное исследование сопротивления фрагментов каркасов зданий в зоне возможного локального разрушения в особой расчетной ситуации с использованием метода конечных элементов в сочетании с дополнительными нелинейно податливыми дискретными связями, вводимыми в расчетную схему с шагом, равным уровневому расстоянию между трещинами в стадии предразрушения. Рассматривался консервативный сценарий внезапного выключения одного из несущего элементов из силового сопротивления конструктивной системы здания. Задача решалась в нелинейной квазистатической постановке. Деформированное состояние элементов в зоне возможного локального разрушения определялось по полным диаграммам деформирования из условия равенства полной энергии их деформации и работы, совершаемой внешними силами на первой полуволне колебаний поврежденной конструктивной системы.

По результатам исследования установлен прирост деформаций конструкций по сравнению с результатами моделирования, не учитывавшими эффекты раскрытия дискретных трещин. Результаты моделирования сопоставлены с опытными данными для конструкций железобетонных рам, испытанных на внезапное выключение несущего элемента, и продемонстрировали удовлетворительное совпадение.