

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАГМЕНТА ПЛОСКОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ ВНЕЗАПНОМ УДАЛЕНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛОННЫ (НА МОДЕЛИ)

Введение. Развитие строительной отрасли, внедрение новых материалов, усложнение применяемых конструктивных систем, с одной стороны, и увеличение перечня угроз (особых событий), которые могут привести к прогрессирующему обрушению, – с другой, привели к необходимости в теоретических и экспериментальных исследованиях живучести зданий и сооружений в особых ситуациях и разработке общепринятых критериев оценки живучести [1].

Наиболее опасным локальным повреждением для конструктивной системы является отказ одного (или нескольких) вертикальных несущих конструктивных элементов, например, колонны или участка стены. В практике проектирования такие элементы принято называть ключевыми элементами. Выключение из работы ключевого элемента приводит к перераспределению внутренних усилий, вызванных приложенными в данный момент гравитационными нагрузками (постоянными и длительной составляющей переменных нагрузок) к конструктивной системе, через элементы дисков перекрытия, которые в данной ситуации обеспечивают альтернативные пути передачи нагрузок на соседние колонны и пролеты. Если элементы системы способны сопротивляться дополнительным нагрузкам и эффективно перераспределять усилия на соседние вертикальные несущие элементы, то обрушение прекращается, а поврежденная система становится стабильной. В обратном случае, когда элементы не способны обеспечить альтернативные траектории нагрузок, происходит их разрушение (отказ), который распространяется на соседние элементы, до тех пор, пока не будет обеспечено сопротивление или не произойдет полное разрушение всего здания.

Авторами предложен новый подход для оценки живучести зданий и сооружений, который заключается в учете нескольких определяющих механизмов сопротивления (упругий и пластический изгиб, мембранные эффекты) поврежденной конструктивной системы, а также их совместного действия и влияния друг на друга. Предложенный подход позволяет спрогнозировать характер отказа конструктивной системы, а также количественно оценить её живучесть.

Материалы и методы. Предложенные теоретические зависимости базируются на положениях энергетического баланса поврежденной конструктивной системы. Для оценки поведения конструктивной системы при изгибе и при развитии мембранных эффектов рассматриваются отдельные соответствующие расчетные схемы.

При использовании конечно-элементных программных комплексов для моделирования поврежденной конструктивной системы применены методы, основанные на принципах макро моделирования, в соответствии с которыми упругое поведение системы определено работой линейно-упругих стержней и пластин, а нелинейное поведение полностью зависит от поведения точечных пластиче-

ских элементов (пластических шарниров), врезаемых в элементы конструктивной системы по принятым правилам в определенных характерных сечениях.

Результаты и обсуждение. В результате выполненных экспериментальных исследований определен характер разрушения (отказа) в случае потери центральной колонны и измерены реакции удаляемой центральной опоры, вертикальных и горизонтальных перемещений, относительных деформаций в связевых элементах, относительных деформаций в бетоне при поэтапном статическом и внезапном динамическом нагружении двух образцов плоских плит FS-1 и FS-2 соответственно.

Полученные в экспериментах данные показывают хорошую сходимость с результатами теоретических расчетов (рисунок 1).

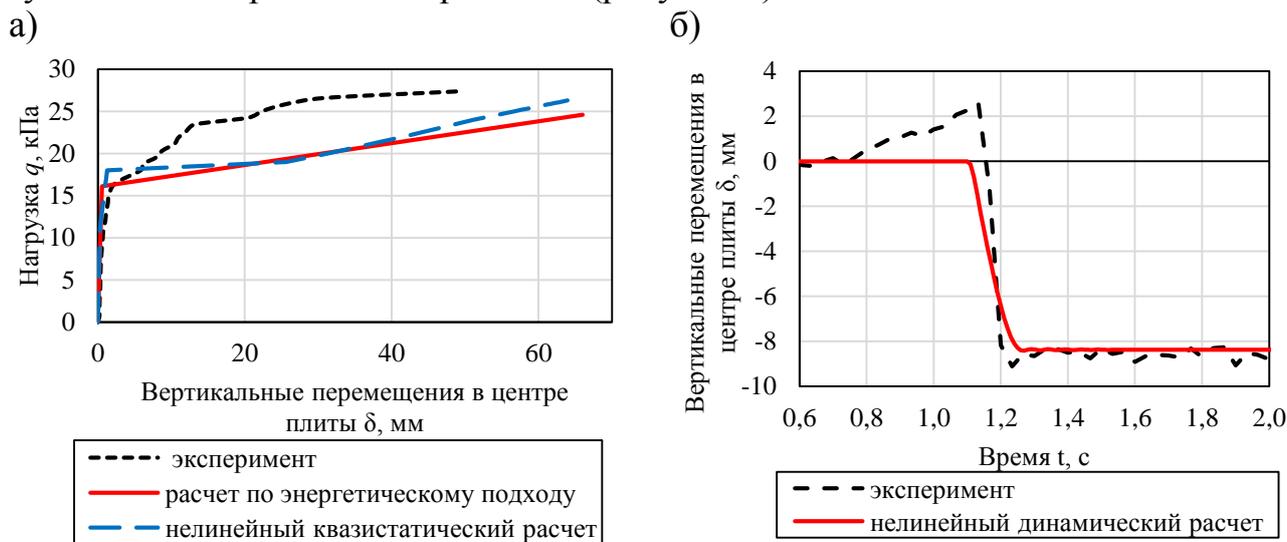


Рисунок 1 – Результаты экспериментальных и теоретических исследований образцов FS-1 (а) и FS-2 (б)

Заключение. Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о том, что предложенный подход проверки живучести, основанный на положениях энергетического баланса поврежденной конструктивной системы, является перспективным и многообещающим методом вычисления ее предельного динамического сопротивления при внезапном отказе вертикального ключевого элемента. Данный метод определения полной динамической реакции системы может успешно применяться как в случае простых аналитических моделей, так и для сложных нелинейных конечно-элементных моделей в рамках нелинейного статического (NLS) и нелинейного динамического анализа (NLD).

Список цитированных источников

1. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / J. M. Adam [et al.] // Engineering Structures. – 2018. – № 173. – P. 122–149.