

дам давления, которые возникают при повышенных температурах в замкнутых ячейках из-за диффузии вспенивающего агента и воздуха через стенки ячеек, выделения летучих при деструкции подтверждает малую скорость термоокислительной деструкции. Остаточные температурные деформации пеноэпоксидов стабилизируются уже в первые сутки, изменяясь от 0,2 до 2,6 %.

В результате исследований получены рецептуры пеноэпоксидов с высокой стойкостью к термоокислительному старению, стабильностью прочностных характеристик, массы и размеров при температурах до 100 °С.

УДК 624.012.45.001.4

ИСПЫТАНИЕ МОДЕЛИ РАМЫ НА ВНЕЗАПНОЕ НАГРУЖЕНИЕ

Ю. М. ШАПОВАЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В последние годы пристальное внимание уделяется вопросу защиты зданий от прогрессирующего обрушения. Это связано, с одной стороны, с увеличением частоты появления аномальных воздействий (природных и искусственных) и разработкой соответствующих мероприятий, направленных на снижение рисков в строительстве, а с другой, – с развитием новых конструктивных систем, которые в ряде случаев недостаточно хорошо изучены.

Исходя из анализа ряда работ, можно утверждать, что примерно 15–20 % аварий зданий развивались в соответствии со схемой прогрессирующего обрушения. Следует отметить, что в процессе традиционного проектирования, базирующегося на полувероятностных методах расчета, применение системы частных коэффициентов безопасности позволяет создавать некоторые нормируемые резервы (запасы) прочности и деформативности конструктивной системы, что изначально позволяет зданию в определенной мере противостоять аномальным воздействиям и развитию прогрессирующего обрушения.

Расчетные методы, применяемые в практической деятельности при выполнении проверок на прогрессирующее обрушение, можно разделить на две категории:

- 1) направленные на обеспечение сопротивления отдельного конструктивного элемента локальному разрушению при аномальном (особом) воздействии, приложенному непосредственно к нему;
- 2) связанные с разработкой альтернативных (резервных) путей передачи усилий от нагрузки после реализации локального разрушения отдельного конструктивного элемента.

В рамках этих методов выполняется расчетная проверка на прогрессирующее обрушение модифицированной конструктивной системы, из которой, как правило, вынужденно удаляется конструктивный элемент.

В рамках данного вопроса проведено экспериментально-теоретическое исследование работы трехпролетной двухэтажной модели рамы при внезапном приложении нагрузки. В качестве модели рамы в данной работе принята уменьшенная модель трехпролетной двухэтажной плоской рамы пролетом 6 м; высотой этажа 3,6 м. Масштаб моделирования принят 1:5. Модель рамы нагружается сосредоточенными силами, приложенными к центрам ригелей. Сечение стоек принято $100 \times 100(h)$ мм, армирование – 4 стержня диаметром 4 мм; сечение ригелей $100 \times 120(h)$ мм, армирование – 2 стержня диаметром 5 мм в растянутой зоне сечения и 2 стержня диаметром 4 мм в сжатой зоне. Величина сосредоточенной силы, приложенной к ригелю рамы, определялась исходя из несущей способности ригеля.

Внезапное нагружение модели рамы моделировалось мгновенным удалением средней стойки рамы первого яруса. Нагружение модели рамы производилось в 4 ступени; на последней ступени происходило удаление средней стойки.

Анализ напряженно-деформированного состояния элементов рамы при нагружении производился при помощи датчиков омического сопротивления, которые наклеивались попарно на поверхность стоек и ригелей в плоскости рамы. Снятие отсчетов производилось при помощи специального тензометрического комплекса ТИССА.

В результате последней стадии нагружения произошло разрушение узлов сопряжения ригелей со стойками в двух пролетах, смежных с разрушенной стойкой: образовались трещины с большой шириной раскрытия, проходящие по грани стоек и ригелей.

В результате обработки полученных значений относительных деформаций на последней стадии нагружения установлено, что изменение значений относительных деформаций представляет собой затухающий колебательный процесс. При разрушении стойки происходит резкое изменение значений относительных деформаций, что вызвано изменением вида напряженно-деформированного состояния элементов рамы (переход от сжатия с изгибом при статических нагрузках к растяжению с изгибом при внезапном приложении нагрузки, и наоборот), после чего в течение непродолжительного времени наблюдаются затухающие колебания значений относительных деформаций в сечениях элементов рамы. Наиболее ярко это заметно в сечениях элементов рамы, примыкающих к разрушаемой стойке. С удалением рассматриваемого элемента рамы от разрушаемой стойки колебательные изменения относительных деформаций имеют менее выраженный характер.

УДК 539.3

ПРОГНОЗ ПРОЧНОСТИ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИТА

Д. А. ЧЕРНОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из характерных черт современного этапа развития техники является широкое использование в строительстве и машиностроении полимерных материалов и композитов на их основе. Данное обстоятельство делает актуальным совершенствование методов расчета и прогнозирования механических характеристик материалов данного класса. Известно множество публикаций, в которых изложены расчетные методики прогнозирования эффективных упругих и вязкоупругих характеристик полимерных композитов. Гораздо менее полно в литературе представлено решение задачи получения расчетной оценки прочности дисперсно-наполненного полимера. Основная причина, обуславливающая погрешность расчета прочности композитов, заключается в том, что прочность гетерогенной среды определяется не макроскопическими (усредненными) напряжениями или деформациями, а максимальными значениями соответствующих величин. Поэтому при прочностных расчетах необходимо получить детальную картину напряженно-деформированного состояния с учетом внутренней структуры материала. При построении такой картины для композитов на полимерной матрице следует учитывать сложный характер межфазного взаимодействия компонентов исследуемой системы. В частности, образование в приграничном объеме матрицы межфазного слоя, свойства которого существенно отличаются от свойств «чистого» полимера. Для подробного описания напряженно-деформированного состояния гетерогенного материала могут использоваться не только численные методы, но и аналитический аппарат теории упругости композитов.

Цель работы – развитие аналитических методов механики для получения расчетной оценки максимальных напряжений, возникающих в дисперсно-наполненном строительном композите на полимерной матрице, содержащем межфазный слой.

Для анализа напряжений в окрестности включений исследуемого гетерогенного материала используем известную трехфазную модель, применяемую для оценки эффективных упругих свойств наполненных композитов. Для анализа полимерных композитов, содержащих межфазный слой, в данную модель введен четвертый компонент между включением и оболочкой из материала матрицы. Построенная модель использована не только для определений эффективных свойств, но и для расчета распределения напряжений, возникающих в элементах модели при нагружении. Расчетная методика основана на использовании известных общих решений уравнений теории упругости для гетерогенной среды при объемном и сдвиговом режимах деформирования. Для определения входящих в эти решения констант составляется система алгебраических уравнений. Данная система образована из условий неразрывности смещений и напряжений на межфазных границах; условий ограниченности напряжений; заданных условий деформирования композита; формулировки энергетического принципа гомогенизации.

В результате реализации изложенной методики удастся установить картину напряженно-деформированного состояния в межфазном слое и приграничном объеме матрицы. Основываясь на анализе данной картины, получена расчетная оценка предела текучести исследуемого композита. Получены расчетные зависимости относительного предела текучести композита от объемной доли