



УДК 539.3

Н.М. Якупов – доктор технических наук, заведующий лабораторией нелинейной механики оболочек Института механики и машиностроения Казанского научного центра Российской академии наук (ЛНМО ИММ КНЦ РАН)

А.А. Абдюшев – старший научный сотрудник ЛНМО ИММ КНЦ РАН, старший преподаватель кафедры мостов и транспортных тоннелей Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КазГАСУ)

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕЧАЩИХ НАКЛАДОК СРЕДСТВАМИ РАСЧЕТНОГО КОМПЛЕКСА ЭРА-ПК2000

АННОТАЦИЯ

Одной из существенных причин разрушения конструкций и сооружений является наличие концентраторов напряжений, наиболее опасным из которых является трещина. Однако появление трещины еще не означает “гибель” конструкций. Разрушение произойдет в том случае, если длина трещины превысит критическую длину. Используя накладки в районе трещины, можно создать поле сжатия и предотвратить разрушение конструкции, или хотя бы приостановить развитие трещины. В работе приводятся некоторые результаты анализа напряженно-деформированного состояния системы «пластина с трещиной – накладка», полученные на базе комплекса ЭРА-ПК2000. Показано влияние накладок на напряженно деформированное состояние пластины с трещиной. Исследовано влияние геометрии накладки и ее расположение. Отмечается эффективность использования «лечащих» накладок, а также возможность выбора наиболее рационального варианта расположения этих накладок.

N.M. Yakupov – doctor of technical sciences, head of Nonlinear Mechanical Engineers of Shells Laboratory of Institute Mechanical Engineers and Machine Building of Kazan Scientific Centre of Russia Academy of Sciences (LNMS IMM KSC RAS)

A.A. Abdiushev – senior scientific researcher of LNMS IMM KSC RAS, senior lecturer of the bridge and transport subways department

PARAMETRIC CURING BRACKET STUDY BY ACCOUNTING COMPLEX FACILITIES ESA-PC2000

ABSTRACT

One of the essential reasons of destroying the constructions and buildings is presence of concoctions of stresses, the most dangerous from which is a rift. However appearance of rift does not yet mean “ruin” constructions. Destruction will occur in that event, if length of rift will overpass a critical length. Using brackets in the region of rift possible to create a field a compression and prevent a destruction of constructions, or at least suspend a development of rift. In work happen to some results of the analysis tense-deformed condition of system “plate with the rift - a bracket”, tinned on the base of complex ESA-PC2000. There shown influence of brackets on tense deformed condition of plate with the rift and explored influence of geometry of bracket and its location. Efficiency of use “curing” brackets noted, as well as possibility of choice of the most rational variant of location of these brackets.

Конструкции и сооружения предназначены для выполнения определенных функций в течение заданного срока. Обычно перед конструкторами ставится задача – создать конструкции, которые должны удовлетворять функциональному назначению, быть простыми в эксплуатации, дешевыми и конкурентоспособными. Если природные конструкции восхищают нас своим изяществом и уникальным совершенством, то рукотворные – весьма далеки от этого. Знание механизмов разрушения позволяет

разрабатывать эффективные способы защиты конструкций от разрушения.

Одной из существенных причин разрушения является наличие концентраторов. Концентраторами напряжений могут быть отверстия и углубления, раковины и т.д. Наиболее опасным концентратором является трещина.

Появление трещины еще не означает “гибель” конструкций. Разрушение произойдет в том случае, если длина трещины превышает критическую длину,

являющуюся функцией отношения работы разрушения к упругой энергии, запасенной в материале.

Эффективен способ создания поля сжатия. Этого можно достичь, например, сжатием определенной зоны конструкции, используя накладки. В лаборатории нелинейной механики оболочек ИММ КазНЦ РАН предложен способ ремонта трещин в тонкостенных оболочечных конструкциях (получено решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2005130624/06 [1]). Иллюстрация к изобретению приведена на рис 1.

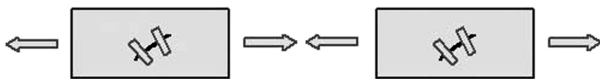


Рис. 1. Применение лечащих накладок

В работе приводятся некоторые результаты численного исследования влияния накладок на напряженно-деформированное состояние пластины с трещиной. Используется МКЭ в форме метода перемещений [2].

Для анализа применяется квадратный изопараметрический конечный элемент (КЭ) плоской задачи теории упругости (плоско-напряженное состояние) с билинейной аппроксимацией полей перемещений. Сетка выбирается автоматически, исходя из геометрических размеров решаемой плоской задачи. При этом изображение вписывается в экран при разрешении 640 на 480 пикселей: одному квадратному элементу соответствует один пиксель экрана. Значение напряжения в центре КЭ отображается закрашиванием пикселя цветом, соответствующим определенному диапазону.

Для каждой компоненты напряжений S_{xx}, S_{yy}

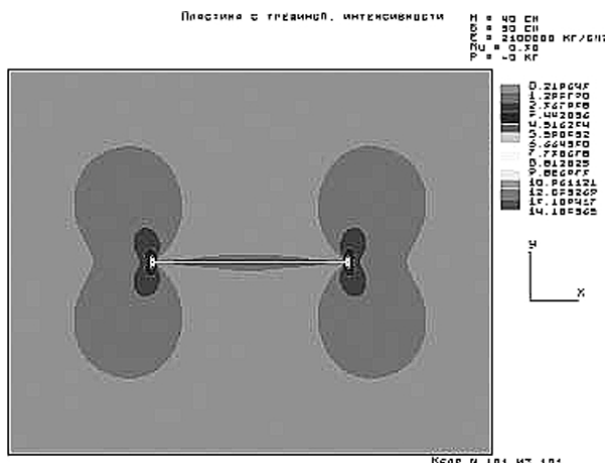


Рис. 2. Тестовая задача

и S_{xy} строится своя картина. Дополнительно строится четвертая картина для интенсивностей напряжений, определяемых (как инварианта) по формуле Мизеса.

На рис. 2, в качестве примера, показано распределение интенсивностей напряжений для прямоугольного объекта с трещиной. Параметры объекта: ширина 50 см, высота 40 см, толщина 0.1 см, максимальная ширина трещины 20 см. Материал – сталь, нагрузка – равномерно распределенная по торцам.

Для исследования влияния геометрии накладки на ее НДС был реализован тест следующего содержания.

Из условий симметрий была выбрана четвертая часть накладки. Накладка функционально разбита на три фрагмента. Первый фрагмент, область приклеиваемая к объекту, имеет, при всех вариантах, фиксированную площадь S (мм²) и форму

прямоугольника со сторонами h_0 и b_0 (мм),

размеры которого вычисляются в результате масштабирования. Второй фрагмент – переходная к шейке область, заданного радиуса R , третий фрагмент

– шейка заданной длины h_1 и высоты b_1 (мм). Также

задается модуль упругости материала E (кг/см²), коэффициент Пуассона материала μ , t – толщина накладки (мм), G – удельная жесткость клеевого слоя (кг/мм³), суммарная растягивающая сила P (кг).

Результаты расчетов интенсивностей напряжений для трех соотношений b_0 и h_0 приводятся на рис 3-5.

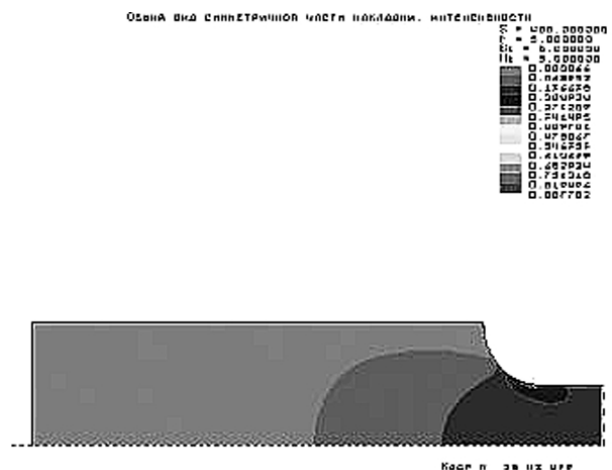


Рис. 3. Инварианты напряжений по Мизесу в накладке

при $b_0 \gg h_0$

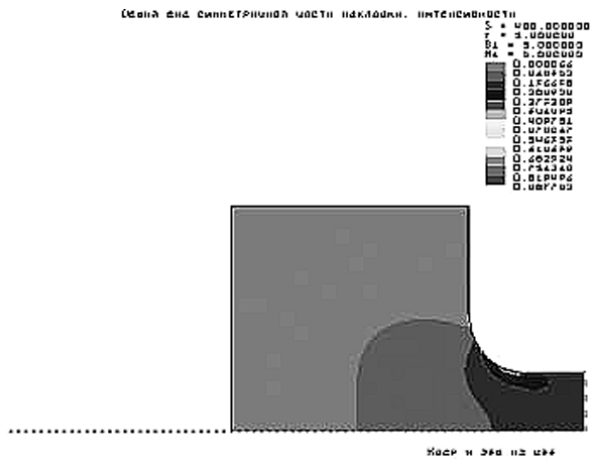


Рис. 4. Инварианты напряжений по Мизесу в накладке при $b_0 \approx h_0$

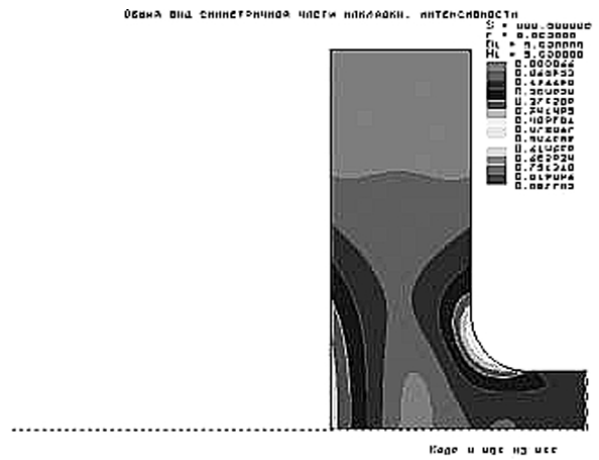


Рис. 5. Инварианты напряжений по Мизесу в накладке при $b_0 \ll h_0$

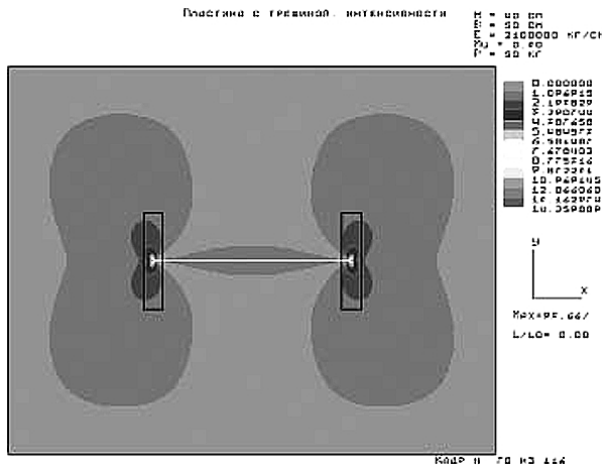


Рис. 6. Инварианты напряжений по Мизесу при $e = 0$

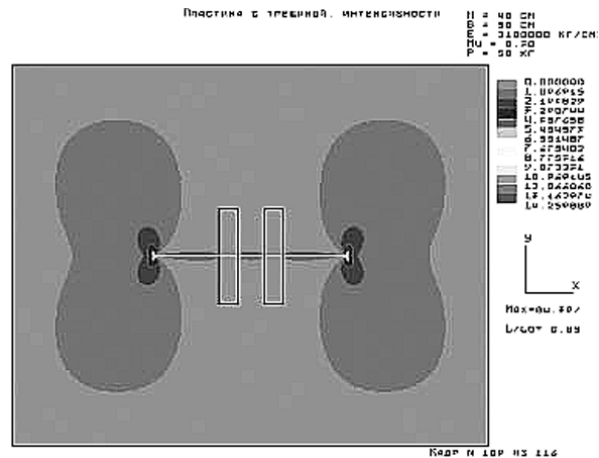


Рис. 7. Инварианты напряжений по Мизесу при минимальном max

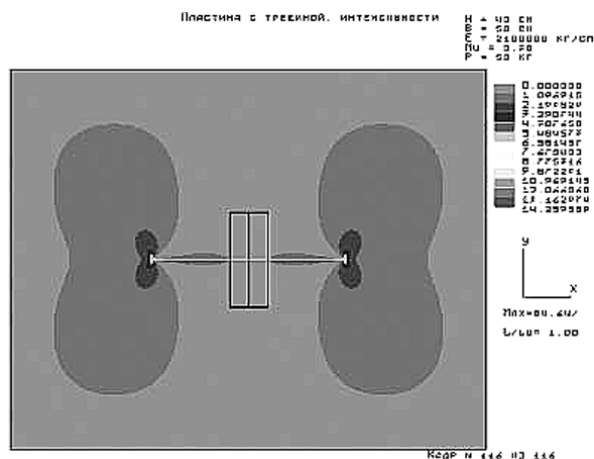


Рис. 8. Инварианты по Мизесу при $e = 1$



Для исследования влияния положения накладок поставлен тест с параметрами первой задачи, при наличии симметрично расположенных накладок, абсолютно жестко связанных с объектом.

На рис. 6-8 продемонстрированы картины распределения напряжений по дефектной пластине и численно приводятся соотношения интенсивностей напряжений к исходным напряжениям в процентах (\max) и относительная координата оси одной накладки при отсчете от края трещины к центру.

Проведенные исследования показывают эффективность использования «лечащих» накладок, а также возможность выбора наиболее рационального варианта расположения этих накладок.

Литература

1. Якупов Н.М., Якупов С.Н., Мифтахутдинов И.Х., Мифтахутдинов А.И. Способ ремонта трещин в тонкостенных оболочечных конструкциях. Заявка на изобретение № 2005130624/06.
2. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А. и др. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций, АРС ЭРА-ПК2000: Монография. – Казань: КГАСУ, 2006. – 321 с.