

УДК 539.3

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УДАРНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ  
НА ДИАГРАММУ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТКАННЫХ КОМПОЗИТОВ**

© 2011 г.

*И.С. Жауров, Н.Н. Берендеев*

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

earl13@mail.ru

*Поступила в редакцию 15.06.2011*

Рассматривается деформирование гибких тканых композитов в условиях предварительного ударного повреждения материала. На первом этапе работы проводится экспериментальное исследование влияния предварительного ударного повреждения на параметры диаграммы деформирования и влияние на указанную диаграмму соотношения между размером ударника и характерным размером нити. На втором этапе развивается структурная модель, описывающая процесс деформирования в данном материале. Сравнение предложенной модели с экспериментальными данными показало хорошее качественное и количественное совпадение при описании статических диаграмм деформирования как при отсутствии, так и при наличии повреждения.

*Ключевые слова:* тканый композит, диаграмма деформирования, ударное повреждение, накопление повреждений.

В настоящее время конструкции из мягких оболочек обретают все большую и большую популярность, причем они начинают применяться в тех сферах, где ранее их применение считалось затруднительным, например при изготовлении быстровозводимых зданий и элементов конструкций. Также расширяются традиционные области применения, такие как мягкие купола зданий, пневматические оболочки и суда на воздушной подушке. Основными материалами, используемыми при изготовлении указанных выше конструкций, являются тканые композиты. Данный тип материалов, с одной стороны, является одним из первых типов широко распространенных композитов, начало применения которого связано с изготовлением оболочек дирижаблей [1], с другой стороны, в последнее время с расширением областей применения на рассматриваемые материалы налагаются дополнительные ограничения, вызванные необходимостью повышения назначенного ресурса конструкций и обеспечения их безопасности. Одним из основных параметров, который позволяет удовлетворить указанным выше требованиям, является работа конструкции при наличии ударных повреждений. Данные повреждения не должны приводить к потере работоспособности, то есть не должны быть сквозными. Большинство существующих на данный момент экспериментальных данных и моделей [1–3] описывают поведение тканых композитов без учета наличия повреждений и только лишь в уп-

ругой области. Существующие в настоящий момент методы [3, 4], позволяющие учитывать накопленные в данных материалах повреждения, во-первых, были разработаны для негибких тканых композитов, а именно для композитов с матрицей типа эпоксидная смола, а во-вторых, предполагают, что возникает вязкопластическое деформирование матрицы. Рассматриваемые в данной работе материалы, во-первых, являются гибкими, а во-вторых, матрица во время всего процесса деформирования, вплоть до разрушения, сохраняет упругие свойства [5].

С целью изучения особенностей влияния ударного повреждения на диаграмму деформирования при статическом нагружении гибких тканых композитов было проведено экспериментальное исследование ряда материалов (VP4126, VP6131, VP6545), в которых ткань имела холщевое плетение из нетрощенного жгута. Ткань была изготовлена из полиамидных нитей, матрица – поливинилхлорид. Все материалы имели одинаковую структуру ткани, единственное отличие состояло в размерах нити. Был рассмотрен ряд материалов с целью учета возможности влияния соотношения между площадью поперечного сечения ударника и размером нити.

Для подобных материалов традиционно предполагают, что статическая диаграмма деформирования имеет вид трехчастковой диаграммы [3]. На рис. 1 и 2 представлены экспериментальные зависимости углов наклона первого и второго

участков диаграммы деформирования для рассмотренных видов материала от уровня повреждения. На рис. 3 приведена зависимость разрушающего натяжения для тех же материалов от уровня повреждения.

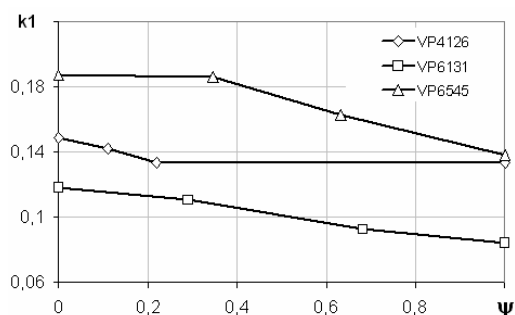


Рис. 1

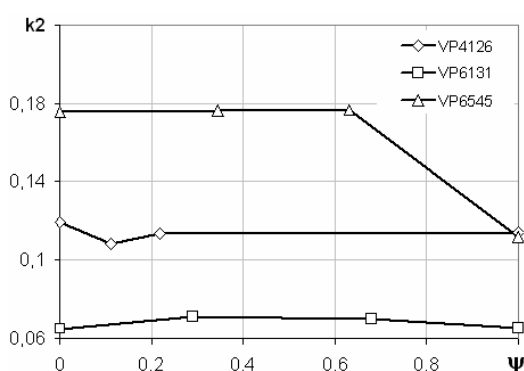


Рис. 2

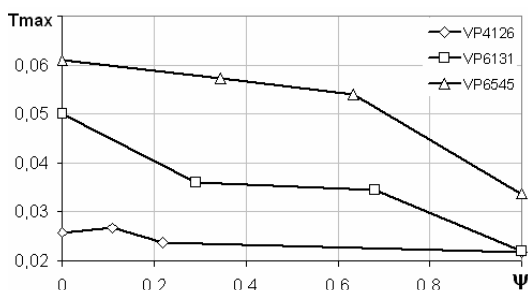


Рис. 3

Одной из наиболее широко применяемых моделей, позволяющих построить диаграмму дефор-

мирования тканного композита, является модель А. Скудры [3]. Основным недостатком данной модели можно считать то, что в ней предполагается мгновенное разрушение матрицы на наклонных участках нити, приводящее к горизонтальности второго участка диаграммы деформирования. Согласно данным, приведенным в [5] и на рис. 1, 2, углы наклона не являются нулевыми. С целью более адекватного описания экспериментальных данных было предложено дальнейшее развитие модели А. Скудры, которая базировалась на предположении о постепенном расслаивании наклонных участков нити и отсутствии перехода наклонных участков нити в продольные.

Было проведено сравнение экспериментальных диаграмм деформирования с теоретическими зависимостями с использованием исходной и модифицированной модели А. Скудры. Предложенная авторами модификация модели позволила существенно улучшить качественное и количественное совпадение с экспериментальными данными. Также предложенная модель достаточно хорошо качественно описывает влияние повреждения на диаграмму деформирования.

#### Список литературы

1. Haas R. The stretching of the fabric and the shape of the envelope // *NACA TR 16*. Springfield, 1917. 154 p.
2. Kawabata S., Niwab M. Fabric performance in clothing and clothing manufacture // *Journal of the Textile Institute*. 1989. No 1. P. 19–50.
3. Vasiliev V.V., Morozov E.V. *Mechanics and analysis of composite materials*. Oxford: Elsevier, 2001. 412 p.
4. Hintona M.J., Kaddourb A.S., Soden P.D. A comparison of the predictive capabilities of current failure theories for composite laminates, judged against experimental evidence // *Composite Science and Technology*. 2002. No 62. P. 1725–1797.
5. Берендеев Н.Н. и др. Экспериментальное исследование деформационных свойств тканых композитов // *Проблемы прочности и пластичности: Межвуз. сб. ННГУ*. 2006. Вып. 68. С. 213–220.

### THE INFLUENCE OF THE PRELIMINARY IMPACT DAMAGE ON FABRIC COMPOSITES DEFORMATION CURVE

*I.S. Zhaurov, N.N. Berendeyev*

The deformation of flexible fabric composites is considered for the case of a material preliminarily damaged by impact. The experimental research of the preliminary impact damage on deformation curve parameters is carried out at the first stage of the work. The influence of the ratio between the hammer dimension and a typical thread dimension on mentioned diagram is also investigated. The structural model describing the deformation process in this material is developed at the second stage. The comparison of the suggested model with experimental data shows good qualitative and quantitative agreement in describing the static deformation curve both in the absence and in the presence of damage.

*Keywords:* fabric composites, deformation curve, impact damage, damage accumulation.