

Введение

Сочетание полимерных композитных материалов (ПКМ) и оптических волокон имеет большие перспективы для создания надежных конструкций, обладающих возможностью оценки механического состояния в процессе эксплуатации. Среди основных преимуществ ПКМ можно выделить: высокую удельную прочность композитных материалов, широкий контролируемый диапазон получаемых механических свойств, организацию различных схем укладки, плетения, большой выбор армирующих волокон и связующего. Волоконно-оптические датчики отлично подходят для организации измерительной системы композитных материалов благодаря малым размерам, точности измерений и возможности размещения оптических волокон на поверхности исследуемого объекта и при встраивании внутрь структуры ПКМ.

Одним из основных вопросов, возникающих при оценке механического состояния конструкции с помощью оптических волокон, является соответствие измеряемых деформаций в оптическом волокне, действительным деформациям в композитном материале. Хорошо известно, что при измерении деформаций на поверхности материала, на качество передачи деформаций влияет толщина клея и его свойства. В зависимости от этих параметров изменяется размер зоны несоответствия деформаций в оптическом волокне и в композитном материале в области границ приклейки. При встраивании оптического волокна между слоями композитного материала так же возникает зона несоответствия деформаций в области вывода оптического волокна, размер которой зависит от соотношения модулей композитного материала и оптического волокна.

Сравнение осевых деформации

По осевым деформациям, измеряемым оптическим волокном, внедренным в композитный материал, оцениваются деформации самого композитного материала. Было рассмотрено однородное поле деформации в образце с внедренным оптическим волокном (рис.1), находящемся в состоянии одноосного растяжения (рис. 2).

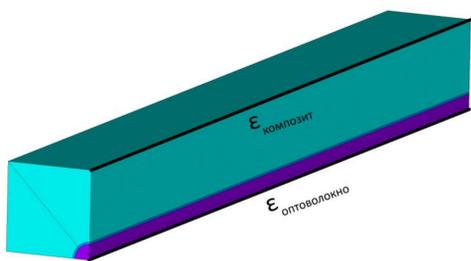


Рис. 1

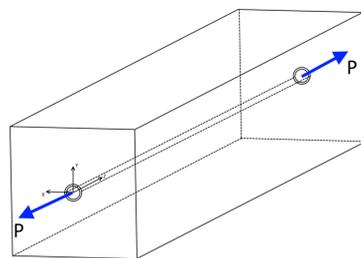


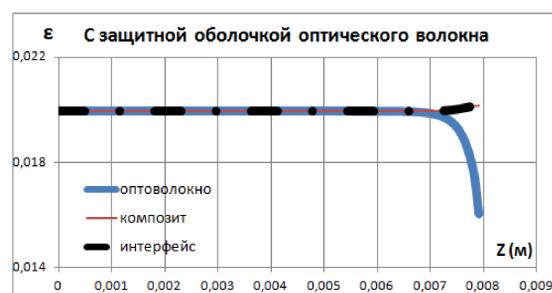
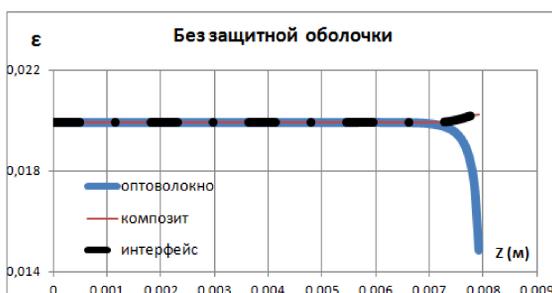
Рис. 2

Рассмотрено три случая:

- В материал внедрено оптическое волокно без оболочки;
- В материал внедрено оптическое волокно имеющее защитную полиимидную оболочку;
- Вариант, в котором учитывается искажение слоев композитного материала при встраивании оптического волокна (смоляной карман);

Численное моделирование проводится в изотропном приближении рассматриваемых материалов.

Материал	E (ГПа)	ν
Исходный материал	26.3	0.14
Полиимид	2.7	0.31
Кварц	71.4	0.17
Эпоксидная смола	3.2	0.35

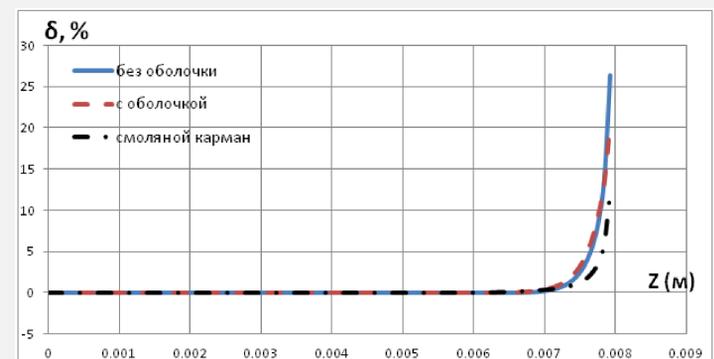


Цель исследования

Изучение зон несоответствия деформаций, их размеров и анализ параметров, влияющих на особенности напряженно-деформированного состояния системы ПКМ-оптическое волокно.

Результаты

Рис. 3



На рисунке 3 представлен график разницы в % осевых деформаций в оптическом волокне и в композитном материале. Вдоль внедренного оптического волокна происходит полная передача деформаций от материала к самому волокну, за исключением зоны вблизи границы, где осуществляется вывод оптического волокна. Размер данной зоны зависит от отношения модулей упругости исходного материала и оптического волокна.

Для оценки этого влияния проведены численные расчеты для разных модулей упругости материала, в который внедряется оптическое волокно в изотропном приближении.

На рисунке 4 приведена разница в % между осевыми деформациями вдоль направления нагрузки в оптическом волокне и в материале по длине образца.

Рис. 4

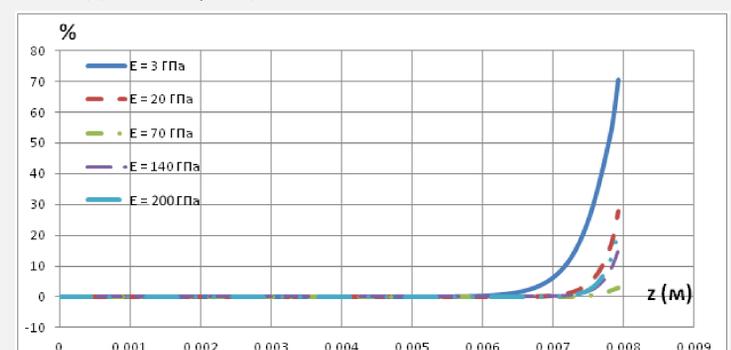
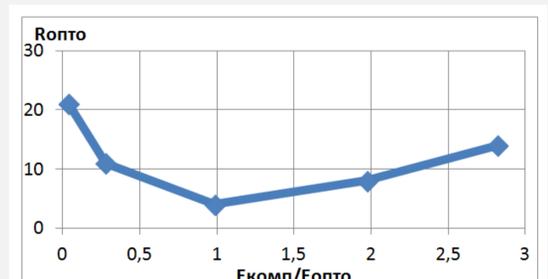


Рис. 5



На рисунке 5 приведена зависимость размера зоны несовпадающих деформаций, представленная в количестве радиусов оптоволокну от отношения модулей композитного материала и оптического волокна. Минимальный размер зоны достигается при приближении модуля упругости материала к модулю упругости оптического волокна.

Благодарности:

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-41-590684 p_a)