**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Соляев Ю. О.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),

г. Москва, Россия

Объектом исследования являются слоистые композитные материалы на основе полимерной матрицы. Данные материалы используются в элементах конструкций современной авиационной техники. Рассматриваемые композиты представляют собой

слоистую структуру, составленную из однонаправленных монослоёв, где матрица (связующее) обеспечивает монолитность. Для повышения диссипативных свойств таких композитов используются волокна с дополнительным вязкоупругим покрытием. Для моделирования эффективных диссипативных характеристик композита привлекается метод комплексных модулей в линейной вязкоупругости.

Целью исследования является разработка методики определения оптимального компонентного состава композита, и, в первую очередь, расчёта оптимального значения толщины слоя вязкоупругого покрытия на волокнах, с целью получения одновременно повышенных эффективных жесткостных и демпфирующих характеристик материала.

В работе показано, что применение волокон с вязкоупругими покрытиями позволяет повысить диссипативные свойства композита более чем в пять раз. Отметим, что традиционное применение достаточно толстых покрытий волокон также позволяет повысить демпфирующие свойства композитов, однако приводит к значительному падению эффективных модулей упругости композиционного материала, так как вязкоупругое покрытие обычно имеет низкие жесткостные свойства.

Основным достоинством разрабатываемой методики является возможность получения высоких диссипативных и упругих свойств слоистых композитов одновременно. Данный эффект достигается путём использования чрезвычайно тонких слоёв вязкоупругих покрытий, при которых жесткостные свойства композита сохраняются, но, одновременно, проявляется эффект аномального увеличения диссипативных характеристик. Обнаруженный эффект приводит, по существу к двум пикам в зависимости эффективных мнимых модулей композита от толщины вязкого покрытия. Один пик соответствует области больших толщин покрытия, и второй пик, исследуемый в данной работе, – в области малых толщин покрытия.

В работе исследована зависимость эффективных вязкоупругих свойств слоистых композитов от физических характеристик компонент композита, от толщины вязких покрытий на волокнах, от объёмной доли волокон, схемы и углов армирования, количества монослоёв в пакете.

Предложен алгоритм определения оптимального состава слоистого композитного материала. Для этого, во-первых, решается задача об определении эффективных упругих свойств монослоя с волокнистыми включениями. Волокна представляются цилиндрами бесконечной длины, погружёнными в матрицу композита. Покрытие на волокнах моделируется путём введения дополнительного цилиндрического слоя вокруг волокон. Рассматриваемый композит (монослой) является трансверсально-изотропным и характеризуется пятью модулями упругости: модули Юнга и модули сдвига вдоль и поперёк волокон и коэффициент Пуассона. Для определения данных модулей решаются задачи объёмного сжатия и чистого сдвига в плоскости изотропии и задачи одноосного растяжения и сдвига вдоль волокон. Для определения эффективных диссипативных упругих модулей применяется метод комплексных модулей, в соответствие с которым, в полученные решения для эффективных упругих модулей композита подставляются значения комплексных модулей. Выделяя из решения действительную и мнимую часть, в итоге, получаем значения эффективных модулей упругости и модулей потерь композита, определяющих диссипативные свойства.

Для определения эффективных характеристик слоистого пакета применяется стандартная процедура, основанная на учёте различной ориентации волокон в слоях пакета.

В итоге доказана возможность и целесообразность использования волокон с тонкослойными вязкоупругими покрытиями для получения наиболее высоких демпфирующих свойств слоистых композитов. На примере углерод-углеродного композита решена задача об определении оптимальной толщины вязкоупругого покрытия на армирующих волокнах композита.

Результаты работы предлагается применять для улучшения характеристик композитных материалов, применяемых в авиационной технике. Также, полученные решения, целесообразно применять в иных отраслях машиностроения (в оборонной отрасли с целью создания полимерных броневых материалов, в автомобилестроении – с целью повышения противоударных характеристик корпусов автомобилей).