

УДК 621.763

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Черкасов В.Д., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск,
e-mail: avdoninvalerii@bk.ru*

Для проектирования составов вибропоглощающих материалов авторами была разработана программа «Композит. Демпфирование». Применение данного комплекса позволит сэкономить время инженеров и технологов и получить композиты с заданными свойствами.

Ключевые слова: программный комплекс, проектирование состава композита, вибропоглощающий материал

FORECASTING OF DAMPING PROPERTIES OF COMPOSITES ON THE COMPUTER

Cherkasov V.D., Yurkin Y.V., Avdonin V.V.

Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Authors developed the program «Composite. Damping» for structure design of damping materials. Application of this program will allow technologists and engineers to design composite structure with the set of modulus of elasticity and loss factor.

Keywords: program complex, structure design, damping material

Одним из основных способов борьбы с шумами и вибрациями является применение в конструкциях, подверженных динамическим воздействиям вибропоглощающих материалов. Одним из наиболее перспективных таких материалов являются композиты, ввиду того, что, варьируя их качественным и количественным составом можно получить материал с заданными свойствами. По нашему мнению, наиболее эффективными с точки зрения вибропоглощения являются композиты с разделительным слоем на границе дисперсного наполнителя с полимером матрицы, благодаря которому более полно реализуются диссипативные свойства полимера, и тем самым повышается коэффициент потерь композита, а с ним и эффективность вибропоглощения. Задача подбора состава композита, свойства которого должны отвечать заданным требованиям, для такого класса композитов значительно осложнена присутствием в нем кроме наполнителя с матрицей третьей компоненты – разделительного слоя. Это обусловило необходимость создания специальной программы, выполняющей прогнозирование свойств композита и подбирающей его оптимальный состав.

Нами создана программа «Композит. Демпфирование», которая предназначена для решения технологической задачи проектирования композитов, обладающих повышенными демпфирующими характеристиками. Она оптимизирует состав композита, выбирая из базы имеющихся

у проектировщика материалов компоненты композита и подбирая их количественное соотношение.

Процесс оптимизации состава композита в программе разделен на 4 этапа.

Этап 1. Выбор из базы материалов (связующих, материалов разделительного слоя, наполнителей) компонент композита, из которых будет он проектироваться (рис. 1). Если нужный компонент в базе отсутствует, есть возможность внести его в базу, заполнив для этого необходимые поля свойств этого компонента (необходимыми являются любые две упругие характеристики и коэффициент потерь, желательными являются, например стоимость компонента, по которой программа кроме оптимизации деформативных свойств композита сможет провести и оптимизацию по экономическим показателям).

Этап 2. Задание требований к проектируемому композиту. На этом этапе задаются требуемые упругие и демпфирующие свойства, предельные относительные объемные содержания компонент, задаются приоритеты одних свойств композита над другими и т. п. (рис. 2).

Этап 3. Оптимизация состава композита (рис. 3). Оптимизация проводится путем направленного формирования структуры композита, при котором, как показали наши теоретические и экспериментальные исследования [1], ожидается наибольший рост эффективности демпфирования, и путем прогнозирования свойств сформированного композита.

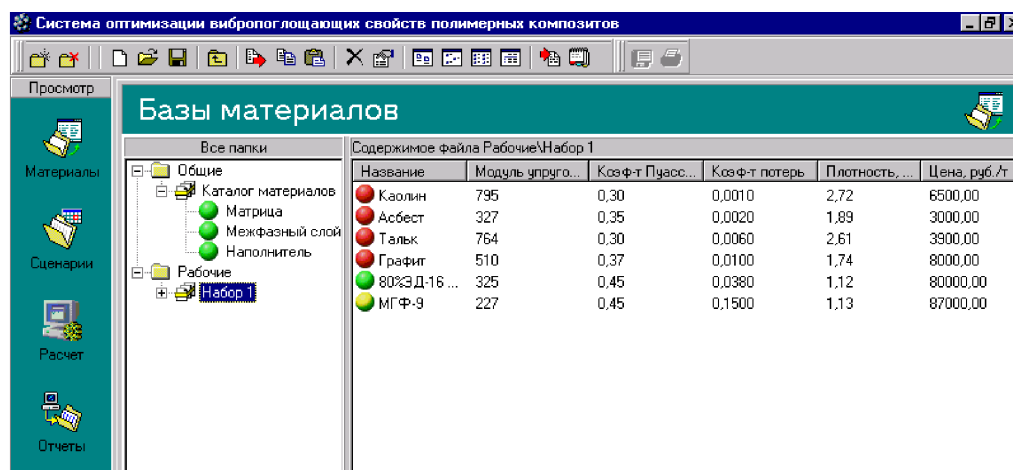


Рис. 1

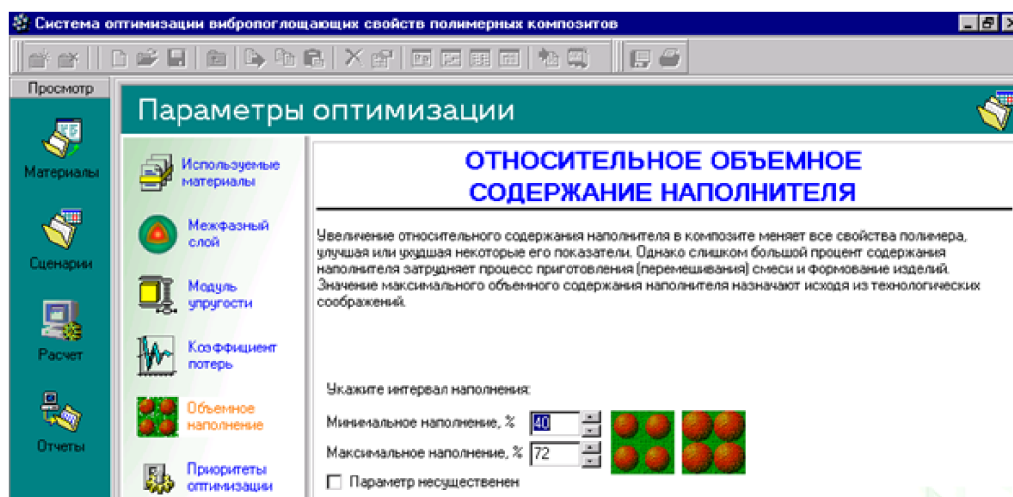


Рис. 2

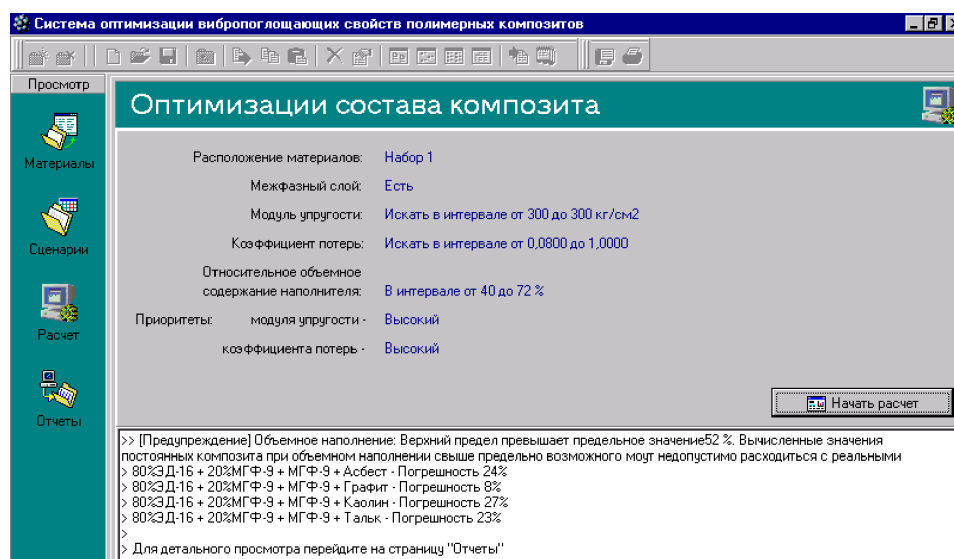


Рис. 3

В основу прогноза упругих и демпфирующих свойств композита положена разработанная нами модель, описанная в [1, 2], показавшая более высокую вероятность прогнозирования демпфирующих свойств по сравнению с другими известными методиками.

Направленное формирование структуры заключается в следующем. Наиболее эффективный наполнитель с точки зрения вибропоглощения это дешевый наполнитель, упругие и демпфирующие свойства которого выше, чем у полимера матрицы. Введение такого наполнителя улучшит все отмеченные показатели композита и тем самым на много увеличит эффективность демпфирования. Очевидно, объемное содержание такого наполнителя должно быть

максимальным. Как известно, используемые минеральные наполнители отвечают почти всем этим требованиям, за исключением самого главного: коэффициент потерь их практически равен нулю. Исправить это может предварительная обработка наполнителя, заключающаяся в покрытии его поверхности тонким слоем из материала, несовместимым с полимером матрицы и имеющим коэффициент потерь большим, чем у последнего. При этом, как показывает опыт [1], варьируя толщиной пленки покрытия можно увеличить коэффициент потерь на столько, что он будет даже выше, чем у матрицы, при этом упругие свойства наполнителя останутся по-прежнему, до некоторой толщины пленки (рис. 4), выше, чем у полимера матрицы.

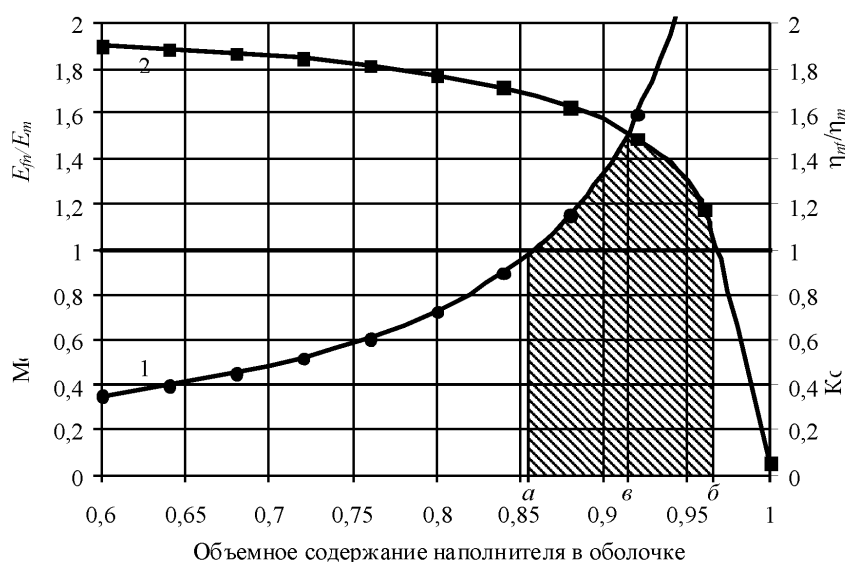


Рис. 4. Зависимость свойств составного наполнителя от толщины оболочки разделительного слоя:

1 – модуль упругости; 2 – коэффициент потерь

На рис. 4 заштрихованная часть графика показывает область толщин разделительного слоя, при котором как модуль упругости, так и коэффициент потерь наполнителя выше, чем у полимера. Нижняя граница области (координата a на оси содержания наполнителя в оболочке) определяется из условия, при котором модуль упругости составного наполнителя E_{nf} будет равен модулю упругости матрицы E_m . Верхняя граница области (координата b) определяется из условия, при котором $h_{nf} = h_m$ (здесь h_{nf} и h_m – соответственно коэффициенты потерь наполнителя, покрытого оболочкой и матрицы). Координата b определяет оптимальную величину тол-

щины оболочки на поверхности наполнителя и определяется из равенства

$$\frac{E_{nf}}{E_m} = \frac{\eta_{nf}}{\eta_m}.$$

В зависимости от того, какие приоритеты одних свойств композита над другими заданы, первоначально и формируется композит из указанных трех структур. Если этот состав не отвечает заданным требованиям, то он изменяется.

В итоге, на 4 этапе выводится список наиболее эффективных композитов с указа-

нием их состава и прогнозируемых свойств (рис. 4).

С помощью разработанной программы проведена опытная разработка вибропоглощающей мастики для покрытия ей кожухов и воздухопроводов системы вентиляции. Ком-

поненты для нее подбирались с условием наличия и доступности их в данном регионе. Требования к композиту предъявлялись следующие: модуль упругости не ниже 2500 МПа с максимально высоким коэффициентом потерь (рис. 5).

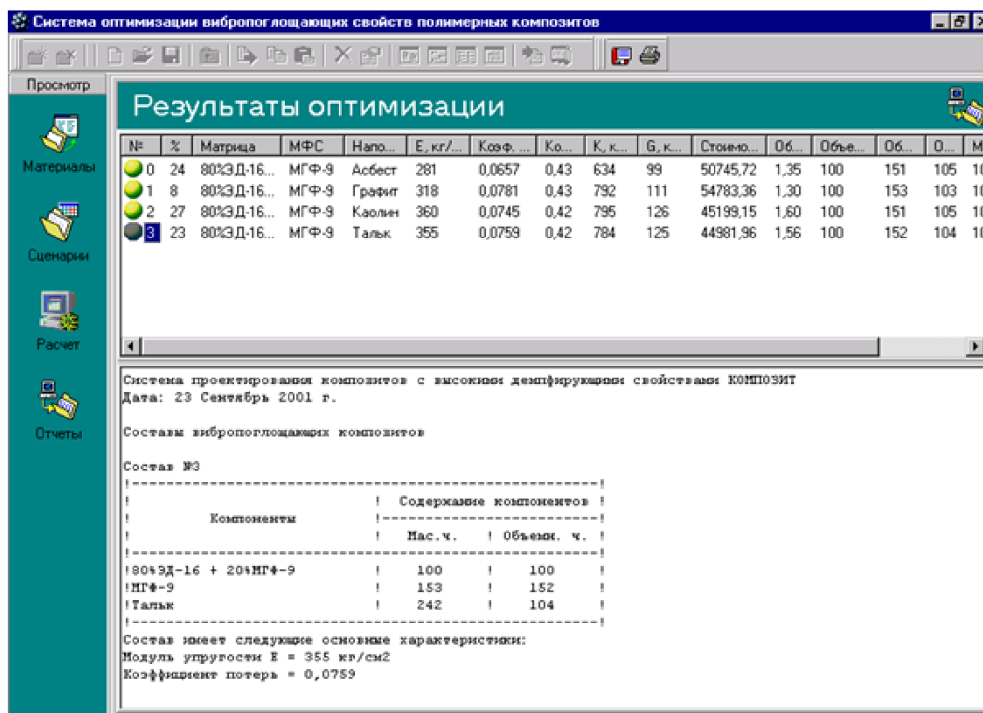


Рис. 5

Наиболее отвечающим указанным требованиям оказалась эпоксидная мастика с применением наполнителя из графита, обработанного олигоэфиракрилатом МГФ-9. Свойства мастики полученные экспериментально составили: коэффициент потерь $\eta = 0,065$; модуль упругости $E = 3000$ МПа. Вибропоглощающее покрытие, нанесенное на кожух центробежного насоса и воздухопроводы, позволило снизить уровень шума в котельной на 10 дБ.

Выводы

Разработанную программу рекомендуется применять для автоматизированного проектирования композитов мастичного типа для вибропоглощающих покрытий и конструкционных композитов (например

под фундаменты оборудования, создающего вибрацию в процессе работы).

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по государственному контракту № 14.527.12.0007 от 11.10.2011 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

Список литературы

1. Юркин Ю.В. Прогнозирование демпфирующих свойств композиционных материалов: Дисс. ... канд. техн. наук. – Саранск, 2002. – 127 с.
2. Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Соломатов В.И. Моделирование демпфирующих характеристик композиционных материалов в широком интервале наполнения // Современные проблемы строительного материаловедения / Шестые академические чтения РААСН. – Иваново. – 2000. – С. 616–619.