

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ
КОМПОЗИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК**

Р.В. Тучков, П.В. Тучков, А.В. Щемелинин, И.И. Анисимов
АО «ФНПЦ «Алтай», г. Бийск, Россия, zaq22@ya.ru

При прочностном конструировании многослойных конструкций из высокоэнергетических наполненных полимерных материалов, эксплуатирующихся на подвижных носителях, возникают задачи прогнозирования их механического поведения при длительном воздействии виброударных нагрузок. Достоверность решения подобных задач определяется пониманием особенностей механического поведения наполненного полимера в условиях многоциклового периодической нагрузки. Ключевым элементом проблемы обеспечения прочностной работоспособности при эксплуатации указанных изделий является обоснованный выбор критериев разрушения полимерного материала, позволяющих учитывать сложный характер и многообразие одновременных и последовательно действующих эксплуатационных нагрузок.

В настоящем сообщении обсуждаются результаты исследования механического поведения высоконаполненного материала ($\psi \approx 80\%$) методами механики деформируемых сред. Актуальность и необходимость проведения подобных исследований в последнее время существенно возрастает в связи с появлением и активным использованием новых типов энергоемких многофракционных полимерных материалов. Основное внимание в настоящей работе акцентируется на исследовании кинетики накопления повреждений в наполненных полимерных системах при сложных режимах вибро-нагружения.

Экспериментальные исследования проводились на образцах-лопатках, которые, в режиме виброползучести ($\sigma(t) = \sigma_0 + \sigma_a \cdot \sin \omega t$), подвергались воздействию растягивающей ($\sigma(t) > 0$) синусоидальной нагрузки с частотой колебаний равной 10Гц, генерируемой с помощью электродинамического вибростенда LDS V650 PA1000L. При прогнозировании параметров разрушения композитного материала анализировались возможности использования двух типов критериев длительной прочности: критерия Бейли и критерия Ильюшина [1].

При обработке результатов экспериментов было установлено следующее:

1) Критерий Бейли с высокой достоверностью (> 90%) позволяет прогнозировать время до разрушения образца в режиме монотонного непрерывного действия вибрационной нагрузки. При этом параметры длительной прочности в критерии Бейли определялись из статических испытаний ($\sigma(t) = \sigma_0 = const$, Рис. 1).

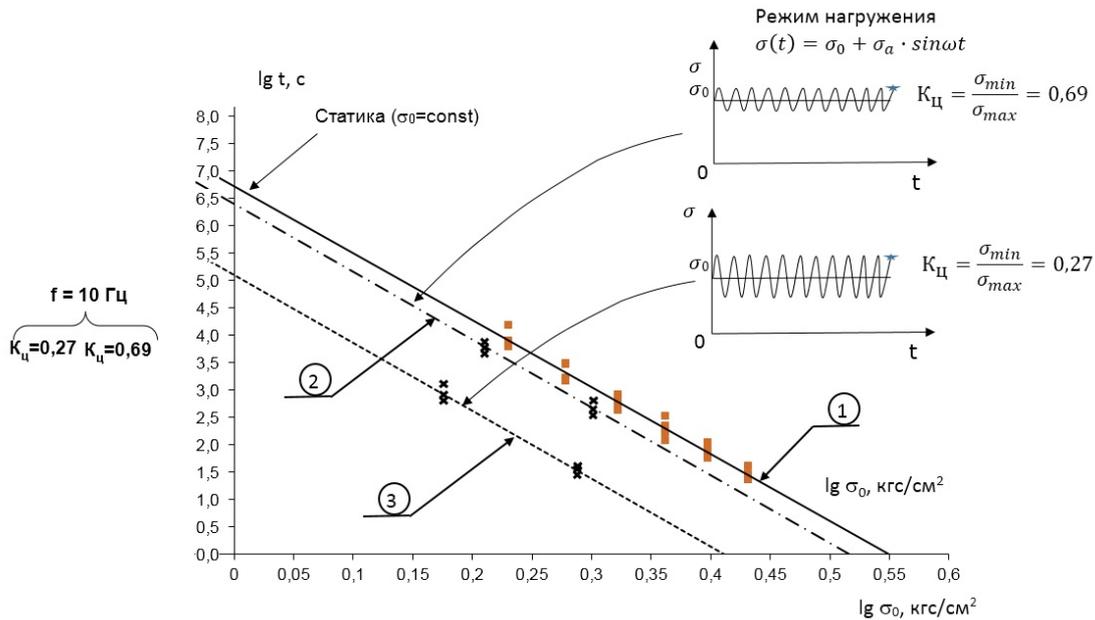


Рисунок 1 - Результаты экспериментального исследования и прогнозирования длительной прочности наполненного композита по критерию Бейли при использовании в режиме ползучести (1) и виброползучести (2), (3). Маркерами обозначены экспериментальные результаты разрушения исследуемых образцов

2) При использовании критерия Ильюшина достоверность прогнозирования времени до разрушения исследуемого композита ~30%. Данный критерий требует построения огибающей по максимальным значениям повреждаемости для определения её величины в момент разрушения образца (Рис.2).

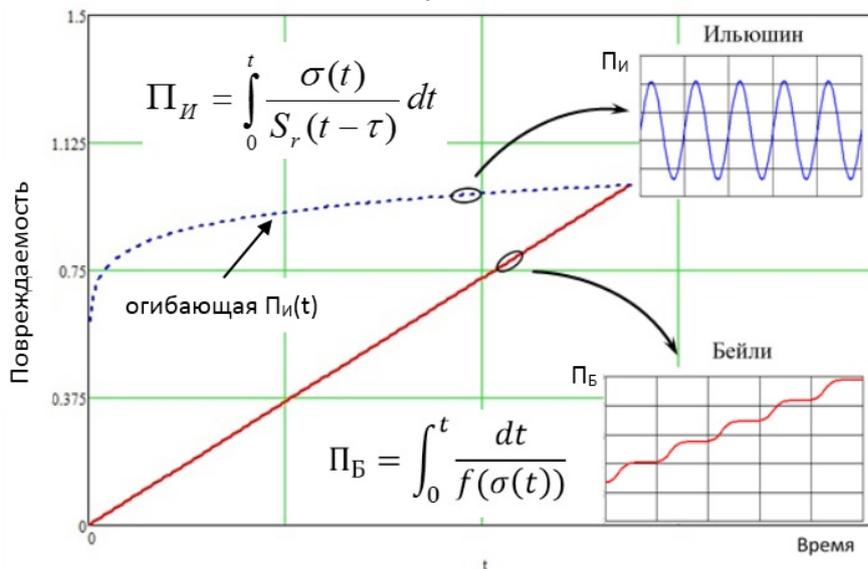


Рисунок 2 - Кинетика накопления повреждаемости по критериям Бейли (P_B) и Ильюшина (P_I) при испытании в режиме виброползучести ($\sigma(t) = \sigma_0 + \sigma_a \cdot \sin \omega t$)

С целью проверки применимости линейных критериев при немономонных режимах вибро-нагрузений были проведены испытания образцов полимерного материала с полной или частичной разгрузкой (Рис.3). Установлено, что полная разгрузка образцов существенно увеличивает параметры длительной прочности исследуемого материала в режимах а) и б) относительно непрерывного режима виброползучести г). Однако, при частичной разгрузке образцов в режиме в), время до разрушения уменьшается (расчётное время t_2 по критерию составляет 5 мин.).

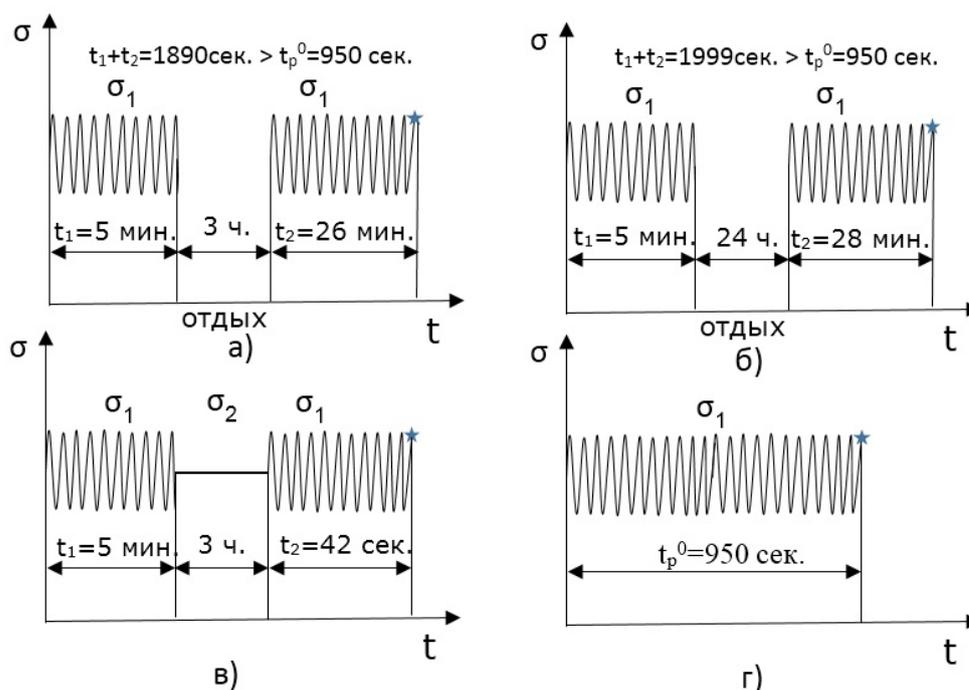


Рисунок 3 - Результаты испытаний исследуемых композитов в режимах вибро-нагружения: непрерывного (г), с полной (а, б) и частичной (в) разгрузкой

В результате расчётно-экспериментальных исследований установлено, что для относительно простых режимов нагружения (статическое приложение нагрузки или регулярные монотонные вибрации) при прогнозировании долговременной прочности наполненных полимеров критерий Бейли подходит лучше с точностью в пределах 90-93%. Критерий Ильюшина предсказал разрушение по времени с точностью не выше 30%.

При определении величины накопленной повреждаемости в момент разрушения образцов критерии показали близкие к результатам лабораторных испытаний значения: Бейли – 1,09; Ильюшин – 1,098.

Таким образом было установлено, что для прогнозирования времени до разрушения наполненных полимеров в режимах монотонного вибронанужения с частотой порядка 10Гц можно использовать критерий Бейли.

Наличие частичной или полной разгрузки в процессе виброползучести высоконаполненных композитов (Рис.3) существенно влияет на ресурс прочностной работоспособности при последующем нагружении. Для прогнозирования длительной прочности в нестационарных режимах вибронанужения требуется корректировка линейных критериев Бейли и Ильюшина

Используемая литература:

1. Ильюшин А.А. Победра Б.Е., Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970. – 281 с.