



Л.И. Огородов¹, В.А. Шапкина²

¹*Санкт-Петербургский политехнический университет*

Петра Великого,

²*Вологодский государственный университет*

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ ДВУХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ С ДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Приводятся результаты экспериментального исследования и прогнозирования длительной прочности при одноосном растяжении двух композиционных материалов на полимерной основе с дисперсным армированием при повышенных температурах.

Длительная прочность, одноосное растяжение, композиционные материалы на полимерной основе с дисперсным армированием, повышенная температура.

Исследования композиционных материалов приводят к необходимости изучения и прогнозирования длительной прочности композитов на основе полимеров с дисперсным армированием. В продолжение работ [1–5] в данной статье приводятся сведения по длительной прочности при одноосном растяжении композиционных материалов К-211-2 и К-18-36 на основе фенолформальдегидной смолы с дисперсным армированием древесной мукой и частицами каолина соответственно. Степень наполнения составляла 30–35 %. Образцы композитов прошли естественное старение при хранении 19 лет без доступа солнечного света в отапливаемом складском помещении. В ходе длительного статического нагружения плоских образцов (длина рабочей части 100 мм, ширина 25,4 мм и толщина 1 мм) на установке FPZ-100/1 поддерживались постоянными заданные значения условных напряжений и температуры (20 °С, 60 °С, 100 °С).

Статистическая обработка результатов опытов (два образца композита К-18-36 прошли расчетную базу при испытаниях, эти два результата не учитывались при статистической обработке) позволила определить кривые 1–3 длительной прочности композитов (50 % вероятность разрушения), показанные на рисунке. Коэффициенты корреляционного уравнения длительной прочности композитов приведены в таблице 1 ($\sigma = A - B \lg \tau$).

Воспользуемся результатами опытов на кратковременное нагружение образцов композитов при скорости деформирования 2 мм/мин в условиях температур 60 °С и 100 °С для прогнозирования параметров их длительной прочности. По данным таблицы 1, а также данным работы [6] и целого ряда работ других авторов, можно видеть, что повышение температуры образцов полимерных композитов сказывается в основном на коэффициенте А корреляционного уравнения длительной прочности. Введем в обозначения

коэффициентов А и В индексы 1, 2 и 3 при температурах 20 °С, 60 °С и 100 °С соответственно.

Учитывая 70 % снижение кратковременной прочности композита К-18-36 при температуре 100 °С по сравнению с прочностью при 20 °С (табл. 1 и 3 в [5]) прогнозируем (относительно $A_1=36,07$ МПа) значение коэффициента $A_3=10,82$ МПа. Сравнивая прогнозируемое и экспериментальное (табл. 1) значение A_3 , можно утверждать приемлемую точность прогноза. Коэффициент B_3 в этом случае принимаем равным 1,84 МПа и получаем прогнозируемую кривую длительной прочности композита К-18-36 при 100 °С (линия 4 на рисунке).

В свою очередь, используя экспериментально полученные для композита К-18-36 значения $A_1=36,07$ МПа и $A_3=10,82$ МПа, $B_1=1,84$ МПа и $B_3=1,60$ МПа с учетом имеющихся сведений о кратковременной прочности композита при соответствующих температурах, получаем две прогнозируемые кривые длительной прочности при 60 °С (линии 5 и 6 на рисунке, $A_2=26,69$ МПа, $B_2=1,84$ МПа и $A_2=26,42$ МПа, $B_2=1,60$ МПа).

Для прогноза длительной прочности композита К-211-2 при растяжении в условиях температур 60 °С и 100 °С использовались два варианта расчета значений коэффициента А. В первом варианте (как сделано выше для композита К-18-36) на основе экспериментально определенного значения $A_1=51,40$ МПа высчитывались значения A_2 и A_3 с учетом данных о снижении кратковременной прочности – 52 % при 60 °С и 79 % при 100 °С (табл. 3 в [5]). Во втором варианте использовались экспериментальные значения коэффициента А корреляционного уравнения кривых длительной прочности композита К-18-36 при температурах 60 °С и 100 °С. Значения A_2 и A_3 для композита К-211-2 определялись с использованием соотношений ($C_5=0,8$ и $C_5=0,86$) между пределами кратковременной прочности композитов при скорости деформирования 2 мм/мин и соответствующих температурах (табл. 1 и 4 в [5]). Расчетные значения коэффициента А приведены в таблице 2.

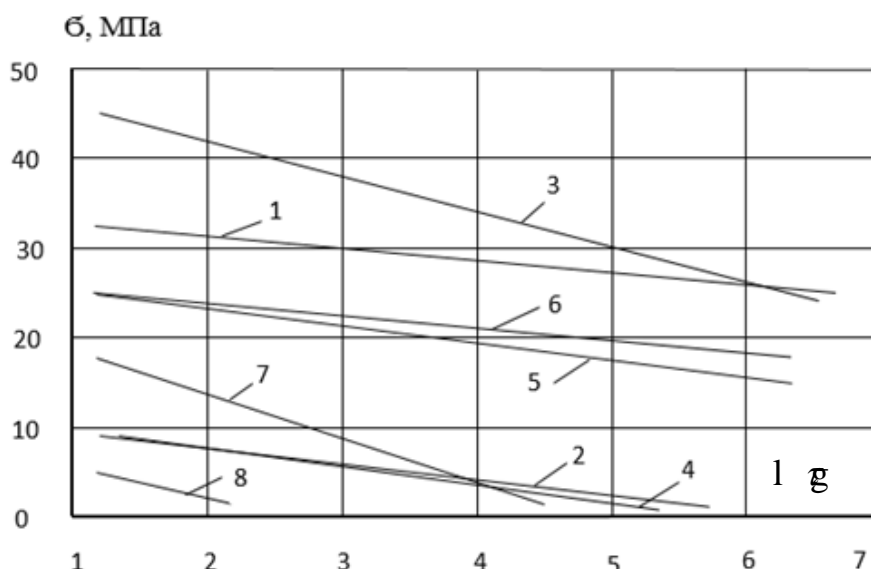


Рис. Экспериментальные и прогнозируемые кривые длительной прочности композитов К-18-36 и К-211-2 при температурах 20 °С, 60 °С, 100 °С

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных испытаний длительной прочности композитов при осевом растяжении

Материал	Температура, °С	№ на рис.	Коэффициенты корреляционного уравнения		Коэфф. корреляции	Среднее квадратическое отклонение	Макс. отклонение
			А, МПа	В, МПа			
К-18-36	20	1	36,07	1,84	0,77	0,54	4,55
	100	2	11,21	1,60	0,99	0,31	0,37
К-211-2	20	3	52,87	4,74	0,92	2,38	4,34

Таблица 2

Расчетные значения коэффициента А корреляционного уравнения кривой длительной прочности композита К-211-2 при растяжении

Вариант расчета	А ₂ , МПа (при 60 °С)	А ₃ , МПа (при 100 °С)
1	24,67	10,79
2	21,14	9,54

На рисунке показаны прогнозируемые кривые 7 и 8 длительной прочности композита К-211-2 при растяжении в условиях температур 60 °С и 100 °С. Значения В₂ и В₃ для композита К-211-2 брались равными 4,74 МПа. Длительное сопротивление композита К-211-2 одноосному растяжению при температуре 100 °С практически отсутствует (линия 8 на рисунке).

Полученные экспериментальным и расчетным путем кривые длительной прочности могут быть использованы для расчета меры поврежденности и ресурса элементов конструкций из композитов К-211-2 и К-18-36 при нестационарных режимах нагружения в условиях повышенных температур. С учетом результатов работы [7] можно рекомендовать к применению кинетическое уравнение повреждений наследственного типа.

Литература

1. Павлов, П. А. Сопротивление деформированию и разрушению композитных материалов с дисперсным армированием / П. А. Павлов, Ю. Я. Логинов,

Л. И. Огородов // Вестник машиностроения. – 1991. – № 10. – С. 39–42.

2. Огородов, Л. И. Прочность мелкодисперсно наполненных композитных материалов на основе фенопласта при растяжении / Л. И. Огородов // Прочность и устойчивость инженерных конструкций : Межвузовский сборник научных трудов. – Барнаул, 1991. – С. 66–71.

3. Огородов, Л. И. Результаты исследования сопротивления деформированию и разрушению ряда полимерных композитных материалов / Л. И. Огородов // Механика композитных материалов. – 1994. – № 6. – С. 771–780.

4. Огородов, Л. И. Сопоставление механических характеристик композитов на полимерной основе с органическими и минеральными армирующими частицами / Л. И. Огородов // Технология. Серия: Конструкции из композитных материалов. – 1996. – № 2. – С. 57–60.

5. Огородов, Л. И. Влияние температуры и скорости деформирования на механические характеристики

при одноосном растяжении композиционных материалов на основе фенолформальдегидной смолы с дисперсным армированием древесной мукой и частицами каолина / Л. И. Огородов // Научные труды I Международного Семинара «Актуальные проблемы прочности» имени В. А. Лихачева. – Новгород : НГУ, 1997. – Т. I, ч. 2. – С. 241–246.

6. Павлов, П. А. Совершенствование расчета механического ресурса конструкционных элементов из

полимерных материалов / П. А. Павлов, Л. И. Огородов. – Вологда : ВОПИ, 1991. – 45 с.

7. Павлов, П. А. Процесс повреждений и разрушение стохастически армированных полимерных композитов. I. Анализ моделей и экспериментальных данных при нестационарном пропорциональном нагружении / П. А. Павлов, Л. И. Огородов // Механика композитных материалов. – 1993. – № 6. – С. 755–764.

L.I. Ogorodov¹, V.A. Shapkina²

¹Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,

²Vologda State University

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES AND PREDICTION OF LONG-TERM STRENGTH AT UNIAXIAL TENSION OF TWO POLYMER-BASED COMPOSITE MATERIALS WITH DISPERSED REINFORCEMENT AT INCREASED TEMPERATURES

The results of an experimental study and prediction of the long-term uniaxial tensile strength of two polymer-based composite materials with dispersed reinforcement at elevated temperatures are presented.

Long-term strength, uniaxial tension, polymer-based composite materials with dispersed reinforcement, high temperature.