

**ПОЛЗУЧЕСТЬ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ
ТРУБ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КРУЧЕНИЮ**

Карапետян К.А., Хачикян А.Г.

Կ.Ա. Կարապետյան, Ա.Գ. Խաչիկյան

Ոլորման ենթարկված ապակեպլաստ բարակապատ խողովակների սողքը

Աշխատանքում բերվում են տարբեր մեծության հաստատուն և աստիճանական ածող ոլորող մոմենտով բեռնավորված ներքին 38 մմ տրամագծով, պատի 2,25 հաստությամբ մմ և 285 մմ երկարությամբ ապակեպլաստ խողովակների սողքի ուսումնասիրման արդյունքները: Դիտարկվում է ապակեպլաստի սահրի սողքի անալիտիկ մկարագրման հարցը:

Ցույց է տրված, որ աստիճանական ածող ոլորող մոմենտով բեռնավորված բարակապատ ապակեպլաստ խողովակների սահրի սողքը կարելի է բավարար կերպով նկարագրել անբազման մեխոլոգիայով:

K.A.Karapetian, A.H. Khachikian

Creep of thin-walled glassplastic tubes, subjected to torsion

В работе приводятся результаты экспериментального исследования сдвиговой ползучести стеклопластиковых труб с внутренним диаметром 38 мм, толщиной стенки 2,25 мм и длиной 285 мм при различных уровнях постоянных и ступенчато-возрастающих крутящих моментов. Рассматривается вопрос аналитического описания сдвиговой ползучести стеклопластика.

Показано, что сдвиговую ползучесть тонкостенных стеклопластиковых труб, нагруженных ступенчато-возрастающим крутящим моментом, удовлетворительно можно описать теорией упрочнения.

Исследования прочности и деформативности полимерных композитных материалов методом кручения тонкостенных труб, являющимся, как известно, контрольно-эталонным при оценке характеристик сдвига [1], немногочисленны [2-12 и др.]. Между тем, для оптимального проектирования конструкций необходимо иметь данные о прочностных и деформационных свойствах композитов с учетом фактора времени при различных видах напряженного состояния.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования сдвиговой ползучести тонкостенных труб из слоистых стеклопластиков при действии постоянных и ступенчато-возрастающих во времени крутящих моментов. Рассматривается вопрос аналитического описания процесса ползучести стеклопластика при кручении.

Испытанию подвергались трубчатые образцы с внутренним диаметром 38 мм, толщиной стенки 2,25 мм и длиной 285 мм. Для изготовления труб была использована предварительно пропитанная модифицированной эпоксидной смолой стеклоткань типа Т-10 (ГОСТ 19170-73) толщиной 0,15 мм, выпускаемая Севанским заводом "Электростеклоизоляция" (Республика Армения). Технология изготовления опытных образцов подробно описана в работе [13]. В настоящих исследованиях направление основы стеклоткани совпадало с продольной осью образцов.

Экспериментальные исследования осуществлялись согласно нижеследующей методике.

Предварительно был определен предел прочности (временное сопротивление) опытных образцов при кручении, который составил $\tau_B = 47,1$ МПа. Затем опытные образцы-близнецы были нагружены различными уровнями постоянного крутящего момента, соответствующего 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; $0,7\tau_B$ и велись наблюдения за изменениями угловых деформаций во времени. Другие образцы-близнецы подвергались действию крутящего момента, ступенчато-возрастающего по программе 0,2→0,4→0,5→0,6→0,7 M_p (M_p — значение разрушающего крутящего момента). Ступенчатое повышение нагрузки производилось через каждый час.

Повторность опытов принята трехкратной. При этом максимальный разброс показателей прочностных характеристик по отношению к их среднему значению составил +4,3 и -5,2%, а деформационных характеристик +6,2 и -7,1%.

Полученные экспериментальные данные и кривые, построенные на их основе, приведены на фиг. 1.

Из приведенных на левой части фиг. 1 опытных данных можно заключить, что связь между касательными напряжениями и сдвиговыми деформациями ползучести тканевых стеклопластиковых труб существенно нелинейна.

Известно, что для аппроксимации зависимости напряжение-деформация ползучести в случае сжатия или осевого растяжения часто используется выражение

$$\epsilon_n = \alpha \sigma + \beta \sigma^n \quad (1)$$

где α , β , n — опытные параметры.

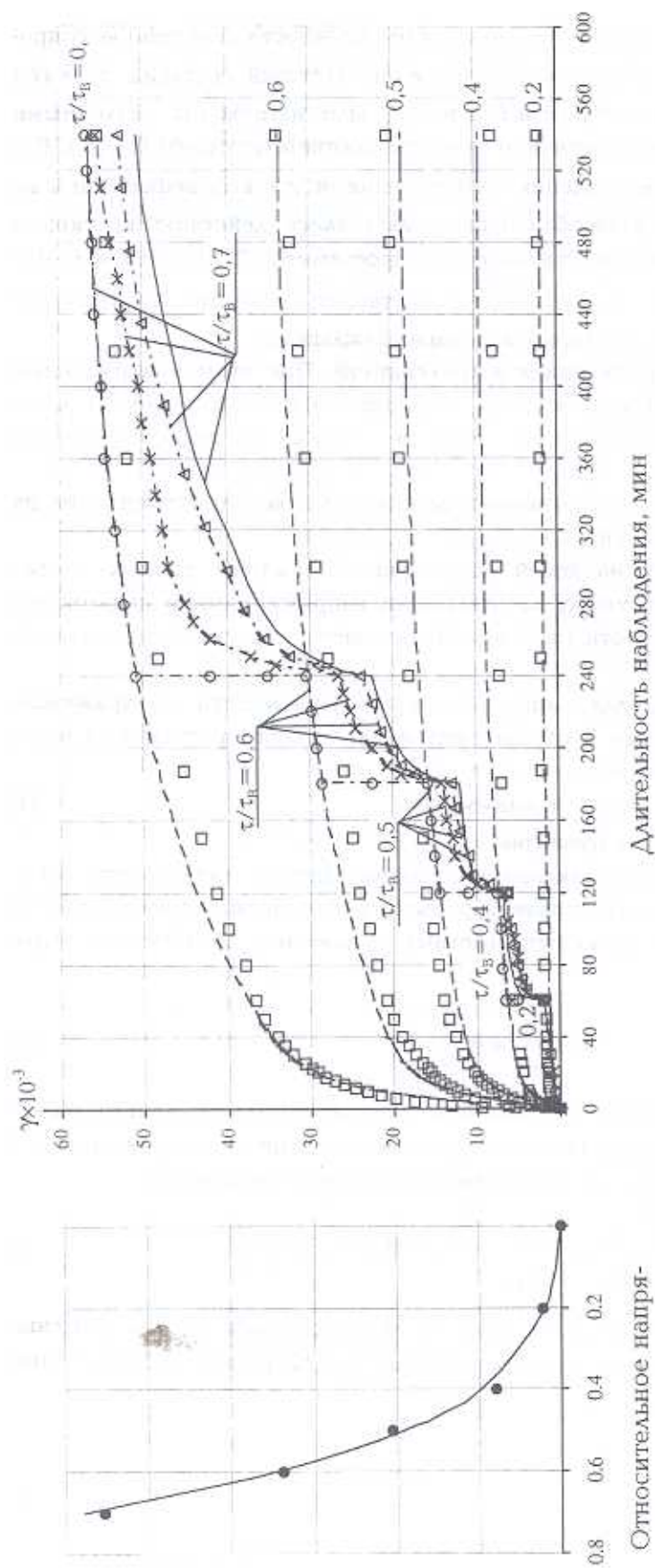
При аппроксимации экспериментальных данных зависимости касательное напряжение — сдвиговая деформация ползучести, приведенных на левой части фиг. 1, было использовано выражение, аналогичное выражению (1):

$$\gamma_n = \alpha \frac{\tau_i}{\tau_B} + \beta \left(\frac{\tau_i}{\tau_B} \right)^n \quad (2)$$

На правой части фиг. 1 приведены экспериментальные данные ползучести, полученные при различных уровнях постоянного напряжения τ_i , в сравнении с кривыми, построенными согласно аппроксимации

$$\gamma(t) = \left[\alpha \frac{\tau_i}{\tau_B} + \beta \left(\frac{\tau_i}{\tau_B} \right)^n \right] \left[1 - 0,5(e^{-\gamma_1 t} + e^{-\gamma_2 t}) \right] \quad (3)$$

показанными штриховыми линиями. В аппроксимации (3) для опытных параметров приняты следующие значения: $\gamma_1 = 0,12$ 1/мин; $\gamma_2 = 0,006$ 1/мин; $\alpha = 7,13$; $\beta = 191,95$; $n = 3,62$.



Фиг. 1. Экспериментальные данные, кривые ползучести и кривая $\gamma_a = f(\tau/\tau_B)$.

— - экспериментальная кривая; - - - - - теоретические кривые, построенные согласно аппроксимации (3);
 кривые, построенные по теориям: -O- старения; -X- наследственность; -Δ- упрочнения.

Из фиг. 1. можно заключить, что аппроксимация (3) вполне приемлема для описания сдвиговой деформации ползучести тонкостенных стеклопластиковых труб, подверженных кручению при различных уровнях постоянного крутящего момента.

Для расчёта конструкций из композитных материалов, подвергающихся внешним нагрузкам, зависящим от времени, необходимо иметь данные о поведении их в условиях ступенчато-возрастающих нагрузок [14]. В целях описания кривых ползучести при переменных нагрузках в настоящей работе были использованы теории старения, наследственности и упрочнения [15].

На правой части фиг.1 сплошной линией показана экспериментальная кривая сдвиговой деформации ползучести образцов при действии ступенчато-возрастающего во времени крутящего момента.

Приведены также кривые ползучести (штрихпунктирные линии), построенные согласно теориям старения, упрочнения и наследственности, на основании аппроксимированных при постоянных напряжениях, кривых.

Сопоставление кривых ползучести, построенных по указанным выше теориям, с экспериментальной, полученной при переменном напряжении, показывает, что кривая теории старения всегда располагается существенно выше экспериментальной кривой. При $t \leq 0,5\tau_b$ для описания экспериментальных данных сдвиговой ползучести стеклопластиковых труб одинаково успешно можно применять теории упрочнения и наследственности. При $t > 0,5\tau_b$ более приемлемой оказалась теория упрочнения.

Таким образом, из фиг.1 можно заключить, что, в целом, для описания процесса сдвиговой ползучести тонкостенных стеклопластиковых труб, подверженных простому кручению, целесообразно применять теорию упрочнения [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарнопольский Ю.М., Кинцис Т.Я. Методы статических испытаний армированных пластиков.-М.: Изд. Химия, 1981. 272 с.
2. Puck A., Schneider W. — *Plast. a. Polymers*, 1969, vol. 37, №127, p. 33-43.
3. Мартиросян М.М. Упрочнение ориентированного стеклопластика при двухосном растяжении.- *Механика полимеров*, 1976, №6, с. 1025-1029.
4. Purslow D. The Shear Properties of Unidirectional Carbon Fibre Reinforced Plastics and Their Experimental Determination.- *Aeronautical Research Current Paper №1381*, London, 1977. 86p.
5. Chiao C.C., Moore R.L., Chiao T.T. — *Composites*, 1977, vol. 8, №3, p. 161-169

7. Uemura M. — In: Composite Materials. Moscow, Moscow University Press, 1979, p. 364-373.
8. Скудра А.М., Перов Б.В., Машинская Г.П., Булавс Ф.Я. Особенности разрушения органопластиков и их влияние на прочность. -В кн: Механика композитных материалов. Рига: Изд. РПИ, 1979, с. 317-322.
9. Зайцев Г.П., Махов Л.С. Жесткость и прочность стеклопластиков ЭФ-32-301 с сагиновым и кордовым наполнителями. -Механика полимеров, 1974, №3, с. 555-558.
10. Авакян Р.А., Данилова И.Н., Лебедева О.В., Соколова Т.В. Изучение прочности и деформативности органопластиков при пропорциональном деформировании и сложном нагружении. -Механика композитных материалов. 1983, №5, с. 930-933.
11. Карапетян К.А., Саркисян Н.Е., Хачикян А.Г. Прочность и деформативность слоистых пластиков при сложном нагружении. — Изв. НАН Армении и ГИУА, сер. техн. н., 1998, №2, с. 127-132.
12. Тарнопольский Ю.М., Розе А.В. Особенности расчета деталей из армированных пластиков. -Рига: Изд. "Зинатне", 1969. 274 с.
13. Мартиросян М.М. Получение прессованных тонкостенных труб из стеклопластиков. - Промышленность Армении. 1971, №10, с. 56-57.
14. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций.- М.: Наука, 1966. 752с.
15. Качанов Л.М. Теория ползучести.- М.: Физматгиз, 1960. 456 с.

Институт механики
НАН Армении

Поступила в редакцию
27.05.1999