

става $\alpha_i = d_i/d$. Действительно, отличие петель гистерезиса для градиентных образцов с различной конфигурацией состава ($x = 0-0.3$ и $x = 0-0.3-0$) было незначительно (рис. 2). Ранее нами было показано, что диэлектрические характеристики исследуемых систем также носят "усредненный" характер, а поведение диэлектрической проницаемости удовлетворительно описывается соотношением $\varepsilon = \Sigma d_i / \Sigma (d_i / \varepsilon_i)$ [6]. Особо отметим, что сдвига петель гистерезиса (ни по оси P , ни по оси E) в исследуемых материалах обнаружено не было.

Список литературы

- [1] M.W. Cole, E. Ngo, S. Hirsch, J.D. Demaree, S. Zhong. S.P. Alpay. J. Appl. Phys. **102**, 034104 (2007).
- [2] M.Y. El-Naggar, K. Dayal, D.G. Goodwin, K. Bhattacharya. J. Appl. Phys. **100**, 114115 (2006).
- [3] J.V. Mantese, S.P. Alpay. Graded Ferroelectrics, Transpacitors and Transponents. Springer, New York, (2005). 153 p.
- [4] В.Н. Шут, И.Ф. Кашевич, С.Р. Сырцов. ФТТ **50**, 115 (2008).
- [5] V.N. Shut, S.R. Syrtsov, V.L. Trublovsky. Phase Transitions **83**, 368 (2010).
- [6] V.N. Shut, S.R. Syrtsov, V.L. Trublovsky, A.D. Poleyko, S.V. Kostomarov, L.P. Mastyko. Ferroelectrics **386**, 125 (2009).
- [7] В.Н. Шут, С.Р. Сырцов, В.Л. Трубловский, Б.А. Струков. Неорганические материалы **47**, 94 (2011).

К ВОПРОСУ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ГЕОРЕШЕТОК

Павлов А.П., Павлова Э.М.

Учреждение Российской академии наук

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва, Россия

alpavlov@mail.ru

Геосинтетические материалы – это материалы, которые в соответствии с их названием используются для армирования, то есть усиления грунтов. Основная задача при их исследовании состоит в прогнозировании прочности на весьма длительные времена нагружения (порядка 100 лет или 10^6 часов). Вполне естественно, что никакой эксперимент не в состоянии подтвердить (или опровергнуть) предлагаемые теоретические модели. Вообще геосинтетические материалы представляют собой ткани либо решетки определенной структуры. Экспериментальные трудности исследования их поведения достаточно велики, малейший перекос либо выположение материала из захватов приводит к недостаточно точным оценкам. В результате может наблюдаться большой разброс данных. Поэтому ускоренные методы испытаний, связанные с повышением температуры эксперимента могут привести к большим ошибкам [1,2].

В настоящей работе показана возможность прогнозирования длительной прочности на большие времена нагружения (до 100 лет) при помощи модели наследственного типа. В качестве определяющего выбрано уравнение

$$\varphi(\varepsilon) = \sigma + \int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)d\tau$$

(1)

$$\text{где } K(t-\tau) = \frac{\gamma\lambda\alpha e^{-\gamma(t-\tau)^\alpha}}{(t-\tau)^{1-\alpha}}, \quad 0 < \alpha < 1, 0 < \gamma, 0 < \lambda$$

Уравнение (1) достаточно хорошо описывает ползучесть, в частности, при больших временах нагружения. Из (1) в соответствии с [3,4] может быть принят следующий критерий длительного разрушения

$$\sigma_0^* = \sigma + \int_0^t M(t-\tau)\sigma(\tau)d\tau$$

(2)

где ядро $M(t-\tau)$ отличается от $K(t-\tau)$ только лишь множителем

$$M(t-\tau) = \frac{\gamma m \alpha e^{-\gamma(t-\tau)^\alpha}}{(t-\tau)^{1-\alpha}}$$

(3)

Чтобы подтвердить возможность использования уравнения (2) были выбраны эксперименты [5], осуществленные на полиэтиленовой решетке в течение 12 лет (10^5 часов). Статическая прочность решетки составляет 81 кН/м. Параметры уравнений (1) и (2) определялись по экспериментальным данным рис.1 и 2 в пределах первых 10 часов нагружения. Было получено: $\alpha = 0,164$; $\gamma = 0,29 \text{ час}^{-(1-\alpha)}$, $\lambda = 4,17$. Кривая мгновенного деформирования $\varphi(\varepsilon)$, а также изохроны, использованные для определения параметров, приведены на рис. 3. Параметры критерия длительного разрушения рассчитывались по первым двум точкам, соответствующим разрушению при $\sigma = 47 \text{ кН/м}$ ($t \approx 20$ часов) и $\sigma = 39 \text{ кН/м}$ ($t \approx 400$ часов): $m = 2,43$, $\sigma_0^* = 90 \text{ кН/м}$. Далее рассчитывалась вся кривая длительной прочности, которая приведена на рис.2. Рассчитанные значения критических уровней нагрузок для времен в 10^4 и 10^5 часов лежат чуть-чуть ниже экспериментальных, что идет в запас прочности материала. Если техническим заданием требуется рассчитать прочность при 100 лет работы (10^6 часов), то выражение (2) дает значение $\sigma_{np} = 27,4 \text{ кН/м}$ (или 33% от предельной прочности в 81 кН/м). Видно, что это значение практически совпадает с аппроксимацией, приведенной в [5], рис.2.

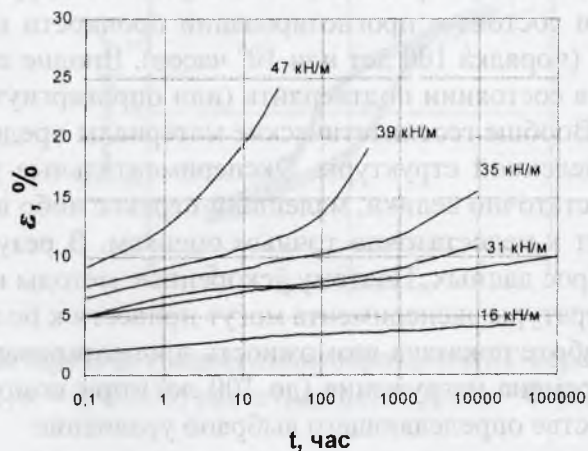


Рис.1. Кривые ползучести полиэтиленовой решетки

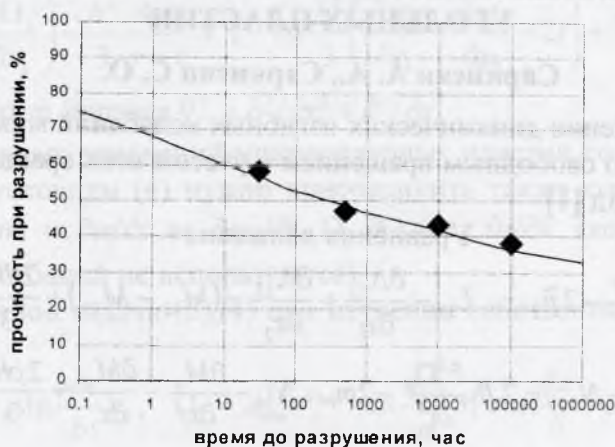


Рис.2. Кривая длительной прочности для полиэтиленовой решетки (по оси ординат отложены значения прочности при растяжении в процентах от максимальной, составляющей 81 кН/м)

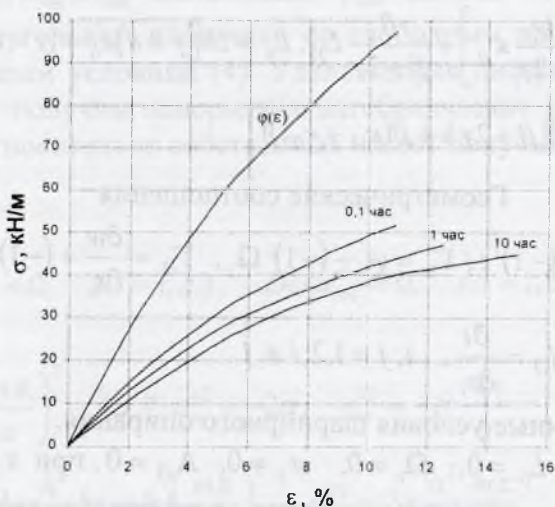


Рис.3. Изохронные кривые ползучести

ЛИТЕРАТУРА

1. Thornton J.S., Paulson J.N., Sandri D. Conventional and Stepped Isothermal Methods for Characterizing Long Term Creep Strength of Polyester Geogrids. Sixth Int. Conf. on Geosynthetics. 1998. P.691-698.
2. Thornton J.S., Allen S.R., Thomas R.W., Sandri D. The Stepped Isothermal Method for Time-Temperature Superposition and its Application to Creep Data on Polyester Yarn. Sixth Int. Conf. on Geosynthetics. 1998. P.699-706.
3. Суворова Ю.В. О критерии прочности, основанном на накоплении поврежденности и его приложение к композитам. МТТ. 1979. №4. С.107-111.
4. Суворова Ю.В., Викторова И.В., Машинская Г.П. Длительное разрушение неупругих композитов. МКМ. 1979. №5. С.794-798.
5. Greenwood J.H., Kempton G.T., Watts G.R.A., Bush D.J. Twelve Year Creep Tests on Geosynthetic Reinforcements. Second European Geosynthetic Conference. 2000 Bolonia. P.333-337.