МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ РАЗБРОСА ПРОЧНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И НЕКОТОРЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© *И.А.Степанов*

(Поступило в Редакцию 2 декабря 1994 г.)

В [1] была установлена математическая зависимость разброса прочности твердых тел различной природы. Но так как при обработке экспериментальных данных были использованы кривые разброса, содержащие небольшое количество экспериментальных точек, то полученный результат нельзя было считать полностью достоверным. В [2,3] были приведены кривые разброса прочности капронового волокна и резинотканевого композитного материала, построенные с помощью 299 и 500 образцов. Авторы [2,3] любезно предоставили таблицы экспериментальных точек, по которым были построены эти кривые. Эти данные приведены в табл. 1 и 2.

В настоящей работе произведена проверка совпадения этих данных с уравнениями, предложенными в [1].

Согласно [4], в системе, сильно отклоненной от состояния равновесия, флуктуации растут, система теряет устойчивость, происходят кооперативные флуктуации и система переходит в качественно новое устойчивое состояние. В [1] показано, что время разрыва образца равно времени ожидания одной кооперативной флуктуации. Так как разброс вероятности флуктуаций подчиняется распределению Гаусса, то можно предположить, что разброс прочности будет гауссовым распределением и, следовательно, в полулогарифмических координатах будет представлять собой прямую линию. В [1,5] кривые разброса для капронового волокна, капроновой нити, целлулоида и цинка построены в полулогарифмических координатах $\lg\rho - \tau^2$ ($\lg - \sigma^2$), где ρ — плотность вероятности разрыва образца, τ — долговечность, σ — приложенное напряжение. Они представляют собой ломаные линии. В [1,5] было установлено, что кривая разброса прочности состоит из нескольких участков, каждый из которых подчиняется уравнению (1)

$$\rho = B_i' \exp\left(-A_i(\sigma - \bar{\sigma})^2\right), \tag{1}$$

где i — номер участка; A_i, B_i' — константы.

Среднее напряжение $\bar{\sigma}$ одинаково для всех частей (1), получим

$$|\ln\rho| = A_i(\sigma - \bar{\sigma})^2 + B_i. \tag{2}$$

Можно установить, что экспериментальные точки, приведенные в табл. 1, подчиняются уравнению (2)

$$\bar{\sigma} = 451.66 \text{ МПа},$$

$$A_1 = 2.0957 \cdot 10^{-4}, \quad B_1 = 2.1503, \qquad 310 \leqslant \sigma \leqslant 330 \text{ МПа},$$

Таблица 1. Зависимость плотности вероятности разрыва капронового волокна от напряжения [2]

Номер экспериментальной точки	Напряжение σ, МПа	Плотность вероятности разрыва $\lvert \ln \rho \rvert$, эксперимент [2]	Относительная ошибка расчета по (2), %
1	310	6.3949	0.61
2	320	5.7018	1.43
3	330	5.2943	0.80
4	340	5.7018	3.37
5	350*	4.6886	4.19
6	360	4.0911	5.55
7	370	4.0421	5.73
8	380	4.0421	1.13
9	390	3.7550	3.16
10	400	3.1559	3.07
11	410	2.9604	0.80
12	420	3.1749	–
13	430	3.2571	0.19
14	440	2.7822	0.79
15	450**	2.5434	0.62(4)
15	450**	2.5434	1.25(5)
16	460	2.6214	1.07
17	470	2.6927	1.01
18	480	2.7694	0.80
19	490	2.9604	0.39
20	500	3.2164	0.32
21	510	3.1168	–
22	520	3.0967	3.45
23	530	3.2164	2.13
24	540	3.5032	3.35
25	550	4.0399	1.07
26	560	4.4482	0.80
27	570	4.4482	–
28	580	4.3125	–
29	590	3.9528	–
30	600	3.9070	0.02
31	610	4.7843	0.17
32	620	5.7018	0.0

* Эта точка на графике отсутствует.
** В скобках дан номер уравнения i.

Таблица 2. Зависимость плотности вероятности разрыва резинотканевого композитного материала от напряжения [3]

Номер экспериментальной точки	Напряжение σ, МПа	Плотность вероятности разрыва $\lvert \ln \rho \rvert$, эксперимент [3]	Относительная ошибка расчета по (2), %
1	532.525	8.8782	0.40
2	539.70	8.1854	1.18
3	546.875	7.0866	3.87
4	554.050	6.7989	2.04
5–6	561.225–568.4	7.2689	–
7	575.575	6.9325	–
8–9	582.75–589.925	7.0866	–
10	597.1	6.7989	–
11	604.275	7.2689	–
12	611.450	7.2689	0.15
13	618.625	6.9325	0.40
14	625.800	6.4805	1.42
15	632.975	6.3134	0.85
16	640.15	6.6811	–
17	647.325	6.7989	0.07
18	654.500	6.3134	0.61
19	661.675	5.7003	1.69
20	668.850	5.4126	0.98
21	676.025	5.5111	0.91
22	683.200	5.2148	1.49
23	690.375	5.1407	0.06
24	698.600	5.0282	0.60
25	704.725	4.7195	0.07
26	712.950	4.6157	0.19
27	719.075	4.5346	0.12
28	726.250	4.5609	0.38
29	733.425	4.4357	1.55
30	740.600*	4.2436	1.20(6)
30	740.600*	4.2436	1.63(7)
31	747.775	4.5743	2.00
32	754.950	4.9865	0.45
33	762.125	5.1407	0.90
34	769.300	6.1703	1.33
35	776.475	7.7798	0.46

* На графике [3] существует искажение. Эта точка изображена ниже точки 34. В скобках дан номер уравнения i.

$$A_2 = 2.9300 \cdot 10^{-4}, \quad B_2 = 1.8567, \quad 340 \leqslant \sigma \leqslant 370\,\text{МПа},$$

$$A_3 = 3.3857 \cdot 10^{-4}, \quad B_3 = 2.3491, \quad 380 \leqslant \sigma \leqslant 410\,\text{МПа},$$

$$A_4 = 1.5101 \cdot 10^{-3}, \quad B_4 = 2.5549, \quad 430 \leqslant \sigma \leqslant 450\,\text{МПа},$$

$$A_5 = 2.7031 \cdot 10^{-4}, \quad B_5 = 2.5745, \quad 450 \leqslant \sigma \leqslant 500\,\text{МПа},$$

$$A_6 = 2.0133 \cdot 10^{-4}, \quad B_6 = 2.0494, \quad 520 \leqslant \sigma \leqslant 560\,\text{МПа},$$

$$A_7 = 2.8317 \cdot 10^{-4}, \quad B_7 = -2.3232, \quad 600 \leqslant \sigma \leqslant 620\,\text{МПа}.$$

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 2, также подчиняются уравнению (2):

$$\bar{\sigma} = 740.75 \ \text{МПа},$$

$$A_1 = 2.5675 \cdot 10^{-4}, \quad B_1 = -2.2895, \quad 532.525 \leqslant \sigma \leqslant 554.05\,\text{МПа},$$

$$A_2 = 1.9553 \cdot 10^{-4}, \quad B_2 = 3.9888, \quad 611.45 \leqslant \sigma \leqslant 632.975\,\text{МПа},$$

$$A_3 = 4.0314 \cdot 10^{-4}, \quad B_3 = 3.2756, \quad 647.325 \leqslant \sigma \leqslant 668.85\,\text{МПа},$$

$$A_4 = 1.9186 \cdot 10^{-4}, \quad B_4 = 4.6569, \quad 676.025 \leqslant \sigma \leqslant 698.6\,\text{МПа},$$

$$A_5 = 2.2048 \cdot 10^{-4}, \quad B_5 = 4.4365, \quad 704.725 \leqslant \sigma \leqslant 719.075\,\text{МПа},$$

$$A_6 = 1.3490 \cdot 10^{-3}, \quad B_6 = 4.2947, \quad 726.25 \leqslant \sigma \leqslant 740.6\,\text{МПа},$$

$$A_7 = 3.4534 \cdot 10^{-3}, \quad B_7 = 4.3126, \quad 740.6 \leqslant \sigma \leqslant 754.95\,\text{МПа},$$

$$A_8 = 3.2335 \cdot 10^{-3}, \quad B_8 = 3.6170, \quad 762.125 \leqslant \sigma \leqslant 776.475\,\text{МПа}.$$

Параметры (2) находились с помощью программы MONTE определения параметров математической модели методом Монте-Карло [6]. В табл. 1 и 2 приведены результаты расчетов по (2) и точность их совпадения с экспериментальными данными из [2,3]. Видно, что экспериментальные данные подчиняются уравнениям (1) и (2). Средняя точность совпадения 1–2%.

На основании результатов, полученных в настоящей работе и в [1,5], можно сделать следующие выводы. Доказано, что точная математическая зависимость, которой подчиняется разброс прочности некоторых твердых тел, и найденная в [1], действительно имеет место. Эта же зависимость верна для резинотканевого композитного материала.

Автор благодарен заслуженному деятелю науки и техники РСФСР Г.М.Бартеневу, А.Г.Бартеневой и А.В.Данилову за предоставленные экспериментальные результаты.

Список литературы

[1] *Степанов И.А.* // Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ. и тех. наук. 1985. № 2. С. 83–90.
[2] *Бартенев Г.М., Косарева Л.П., Бартенева А.Г.* // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 1983. Т. 25. № 6. С. 441–445.
[3] *Данилов А.В., Бартенева А.Г.* // Механика композитных материалов. 1986. № 2. С. 240–245.
[4] *Гленсдорф П., Пригожин И.* // Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.
[5] *Степанов И.А.* // Вопросы динамики и прочности. 1991. Т. 54. С. 76–84.
[6] *Бутцева Г.Л.* и др. // Библиотека программ обработки спектров для машин типа ЕС ЭВМ. Дубна, 1987. С. 105–106.

06;07 *Журнал технической физики, т. 66, в. 2, 1996*

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ НА ОСНОВЕ КОНТАКТОВ МЕТАЛЛ–СУЛЬФОСЕЛЕНИД ЦИНКА

© *В.П.Махний*

Черновицкий государственный университет,
274012 Черновцы, Украина
(Поступило в Редакцию 26 декабря 1994 г.)

В оптико-электронной аппаратуре широко используются источники света со сплошным спектром излучения: лампы накаливания, штифты Нернста, глобары, модели абсолютно черного тела, газоразрядные лампы высокого давления. Эти громоздкие, неэкономичные и инерционные приборы в ряде случаев можно заменить быстродействующими малогабаритными полупроводниковыми светодиодами, работающими в предпробойном режиме. В частности, предпробойные электролюминесцентные излучатели (ПЭЛИ) на основе SiC уже находят применение в качестве высокостабильных широкополосных опорных источников, имитаторов звезд класса $G2$ и др. [1,3]. Более широкое использование SiC светодиодов ограничено низкой внутренней эффективностью ($\eta_{\text{int}} \simeq 10^{-4}$ квант/электрон) предпробойной электролюминесценции (ПЭЛ). С этой точки зрения интерес представляют ПЭЛИ на основе сульфоселенидов цинка, для которых η_{int} по крайней мере на порядок выше [3]. В данной работе рассмотрено влияние различных факторов (технологических, температуры, уровня возбуждения и т.п.) на основные светотехнические характеристики и параметры предпробойных ZnSe и ZnS светодиодов.

Отметим, что, хотя ПЭЛ может наблюдаться в диодной структуре любого типа (контакт Шоттки, p–n-гомо- или гетеропереход, МДП структура), создание высокостабильных ПЭЛИ сопряжено с решением ряда проблем. Основная из них состоит в разработке технологических режимов получения совершенной области, в которой локализуется электрическое поле, вызывающее ПЭЛ. Наличие в барьере различных дефектов приводит к локальному увеличению электрического поля и плотности тока в этих местах, а в конечном итоге к возникновению "микроплазм". Последние (если диод излучает в видимой области