

УДК 621.315.61

Н.Э.Добрынина (5 курс, каф. ЭИКиК), А.В.Морозова (асп., каф. ЭИКиК),
Н.М.Журавлева, к.т.н., доц., Б.И.Сажин, д.ф.-м.н., проф.

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ДИЭЛЕКТРИКА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОСТАРЕНИЯ

Являясь старейшими электроизоляционными материалами, целлюлозные диэлектрики не утратили своей значимости и по сей день. Они применяются в кабельной промышленности и в высоковольтном силовом конденсаторостроении. Целлюлозные материалы устойчивы к воздействию электрического поля, но отличаются низкой нагревостойкостью. При длительном воздействии теплового поля происходят глубокие физико-химические изменения целлюлозы основы, приводящие, в конечном счете, к ее полному разрушению. Для оценки нагревостойкости применяют механические характеристики ($P_{\text{мех}}$) и изменение средней степени полимеризации (СП) макромолекул целлюлозы от времени термовоздействия.

Предложенный в работе [1] ускоренный метод оценки нагревостойкости целлюлозной бумаги на основе анализа зависимости P' (степени снижения разрывной прочности электроизоляционной бумаги, представляющей собой отношение механической прочности на разрыв в исходном состоянии к разрывной прочности материала в данный момент старения) от времени термовоздействия, который имеет линейный характер до момента снижения механической прочности на 50%, а затем наблюдается резкий рост.

Для выяснения причин такого характера зависимости P' был применен перспективный метод полигона частот реализации исследуемой характеристики [2], который позволяет получить представление о процессах, происходящих в полимерах при воздействии внешних факторов (температуры).

Был построен полигон частот реализации $P_{\text{мех}}$ в исходном состоянии (рис. 1) и в момент снижения механической прочности на 50% (рис. 2). С этой целью было проведено по 64 измерения механической прочности целлюлозной диэлектрической бумаги при помощи разрывной машины Шоппера в исходном состоянии и после термостарения при 140°C в течение 10 суток, то есть в момент времени, когда отмечено резкое увеличение P' . На основе полученных результатов был построен полигон частот реализации $P_{\text{мех}}$.

Значения $P_{\text{мех}}$ располагались в порядке возрастания в виде вариационного ряда

$$P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_N, \text{ где } P_1 = \min(P_1, \dots, P_N), P_N = \max(P_1, \dots, P_N).$$

Числовая ось разбивалась на непересекающиеся подынтервалы одинаковой длины (h). Оптимальное число подынтервалов (R) определялось при помощи эмпирического соотношения: $R = 3,21 \times \lg N + 3$; тогда $h = R_N / R$, где R_N – размах вариационного ряда $R_N = P_N - P_1$ [2]. По оси ординат откладывалась высота $V / (N \times h)$, где V – число элементов вариационного ряда, попавших в данный подынтервал. Середины подынтервалов последовательно соединяют отрезками прямых. Такой кусочно-линейный график является статистическим аналогом неизвестной теоретической плотности распределения исследуемой характеристики, изучение которого позволяет наглядно фиксировать и анализировать морфологические особенности исследуемых материалов.

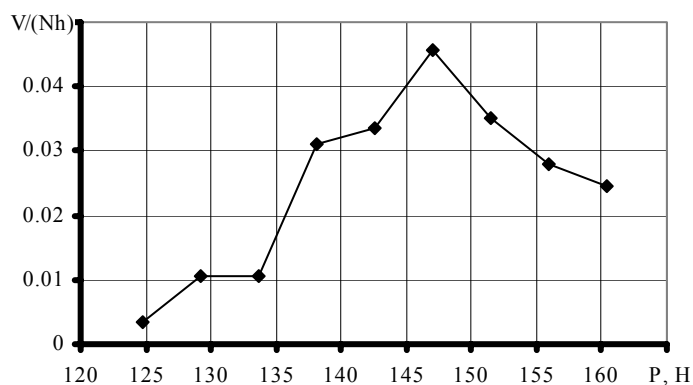


Рис. 1. Полигон частот реализации значений $P_{\text{мех}}$ целлюлозной бумаги до термостарения.

Таким образом, в исходном состоянии прослеживается экстремум в области среднего значения $P_{\text{мех}}$, что согласно [2] говорит о наличие одного превалирующего структурного фактора (рис. 1). При снижении $P_{\text{мех}}$ на 50% мы наблюдаем три экстремума (рис. 2). Это показывает, что примерно равновероятны процессы разрушения по трем структурным элементам целлюлозы. С появлением двух дополнительных путей разрушения целлюлозного полимера после снижения механической прочности на 50% мы и связываем резкое увеличение P' .

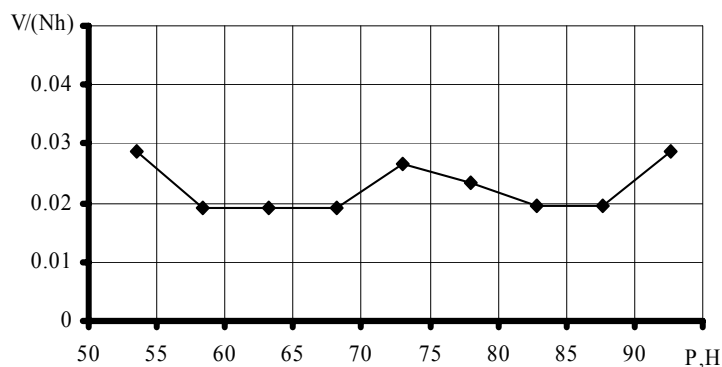


Рис. 2. Полигон частот реализации значений $P_{\text{мех}}$ целлюлозной бумаги после термостарения в течение 10 суток при температуре 140°C.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карпова Н.С., Морозова А.В. Ускоренный метод оценки нагревостойкости целлюлозной бумаги на основе определения механической прочности // XXIX Неделя Науки СПбГТУ. Материалы межвуз. научн. конф. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. С. 71-72.
2. Карташов Э.М., Цой Б., Шевелев В.В. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. – М.: Химия, 2002. – 736 с.