

Л. Н. ДОБРЕЦОВ

## К ВОПРОСУ О ПРОБОЕ ГАЗОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 27 I 1948)

Б. М. Гохберг и Э. Я. Зандберг пишут<sup>(1)</sup>, что из произведенных ими измерений пробивных напряжений  $V_s$  и коэффициентов ионизации  $\alpha$  (первых коэффициентов Тоунсенда) для газов различной электрической прочности следует, что „необходимым условием для пробоя является достижение коэффициентом  $\alpha$  определенной величины. При этом в электрически прочных газах это значение достигается при соответственно больших полях“.

Итак, авторы полагают, что из их измерений следует постоянство значения  $\alpha_1 = \alpha_1(E, p)$  для всех газов при одинаковых давлениях  $p$  и значениях  $E = E_s$ , соответствующих пробую в каждом газе при этом давлении. Нам кажется, что такой вывод не следует из результатов измерений Гохберга и Зандберг. Коэффициент ионизации  $\alpha$  определяется, как известно, из соотношения

$$\alpha(E, p) = \frac{1}{d} \ln \frac{I}{I_0},$$

где  $d$  — расстояние между плоскими электродами, ограничивающими слой газа,  $I_0$  — сила тока насыщения, создаваемая ионизатором, и  $I$  — сила предпробивного тока в газе при данном давлении и напряженности поля  $E$ .

При этом известно, что  $I$  начинает заметно отличаться от  $I_0$  лишь при значениях  $E$ , близких к пробивным, и очень быстро возрастает с увеличением  $E < E_s$ , оставаясь, однако, по условиям опыта ограниченным некоторым  $I_m$ , т. е. весь диапазон токов  $I$ , заметно отличающихся от  $I_0$ , сосредоточен в узкой области значений  $E$ , меньших  $E_s$ . Поэтому любое, не очень малое значение  $\alpha$ , которое может быть получено из опыта, должно соответствовать  $E$ , близкому к  $E_s$  для всякого газа.

Таким образом, утверждение, что определенное значение  $\alpha$  имеет место при  $E$ , приблизительно равном  $E_s$ , было бы тривиальным и авторы, очевидно, считают, что их опыты позволяют установить равенство  $\alpha$  при  $E = E_s$  во всех газах с точностью, превышающей ту, которая вытекает из этих элементарных рассуждений.

В опытах Гохберга и Зандберг измерения пробивных напряжений произведены при пониженных, притом различных для разных газов давлениях и приведены к одинаковому  $pd = 760$  тор.  $\times$  см экстраполяцией экспериментальных кривых. Значения  $\alpha$  также измерены при неодинаковых  $p$  у различных газов. К сожалению, однако, в работах не указаны ни пределы погрешностей в определении  $E$ , соответствующего определенным значениям  $\alpha$  в различных исследованных авторами

газах, ни погрешности в измерении  $E_s/p$  для них, ни возможные погрешности экстраполяции.

По нашей просьбе Э. Я. Зандберг произвела оценку указанных погрешностей, результаты которой приведены на рис. 1. Из этого рисунка видно, что значения  $\alpha$ , соответствующие пробоем при  $pd = 760$  тор.  $\times$  см, определяются из опытов с неточностью от  $\sim 320\%$  для  $C_2H_5Cl$ ,  $C_2H_5Br$  и  $C_5H_{12}$  до  $\sim 6300\%$  для  $SF_6$ , т. е. с точностью, явно недостаточной для того, чтобы сделать вывод о постоянстве  $\alpha$  при пробое газов интересным.

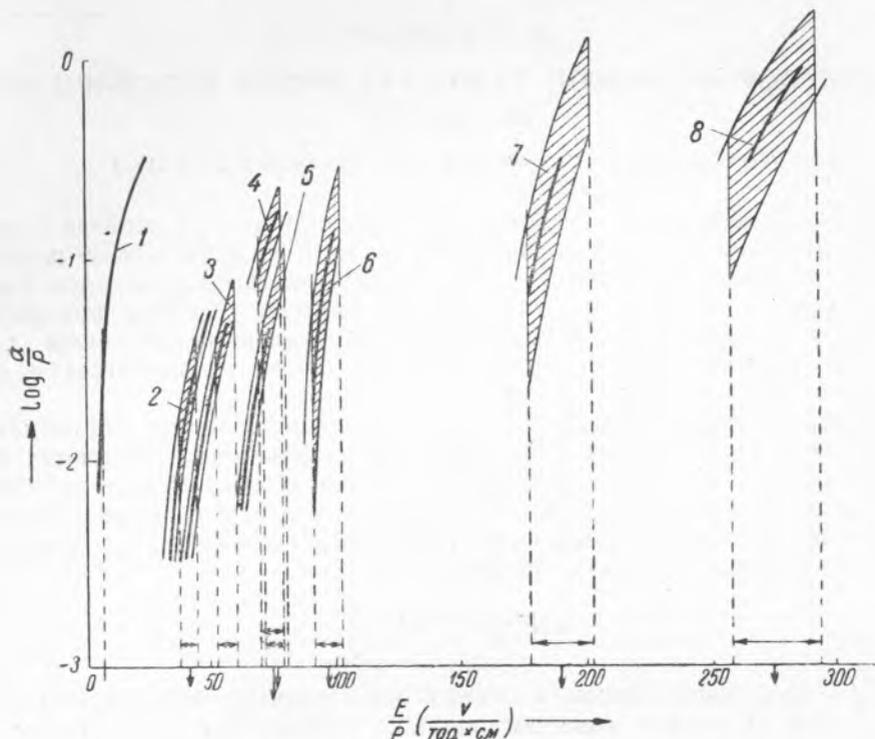


Рис. 1. 1 — Ne, 2 — воздух, 3 —  $C_2H_5Cl$ , 4 —  $C_2H_5Br$ , 5 —  $C_5H_{12}$ , 6 —  $SF_6$ , 7 —  $CHCl_3$ , 8 —  $CCl_3$ . Вертикальные стрелки указывают вычисленные значения  $(E/p)_s$  при  $pd=760$  см  $\times$  тор.; горизонтальные стрелки — погрешность в определении  $(E/p)_s$ ; жирные линии — измеренные значения  $\lg \frac{\alpha}{p}$ ; тонкие линии — пределы погрешности определения  $E/p$ , соответствующие данному  $\lg \frac{\alpha}{p}$ . Заштрихованные фигуры указывают неточности в определении  $\lg \frac{\alpha}{p}$ , соответствующие пробоем при  $pd=760$  см  $\times$  тор.

На приведенном графике исправлена также ошибка, допущенная, по нашему мнению, в работах Гохберга и Зандберг в определении электрических прочностей (и, соответственно,  $E_s/p$ ). Авторы пишут, что „величины относительной прочности определялись отношением тангенса наклона прямолинейных участков кривых Пашена в газах к тангенсу наклона прямой для воздуха“.

Очевидно, такое определение было бы правильным, если бы пробивное напряжение  $V_s$  возрастало пропорционально  $pd$ , т. е.  $V_s = Apd$ . Однако прямолинейные участки этих кривых, как следует из измерений авторов<sup>(2)</sup>, дают линейный, но не пропорциональный рост  $V_s$  с  $pd$ , т. е.  $V_s = Apd + B$ . Поэтому относительные прочности  $V_s/V_s$  возд

будут выражаться не отношением тангенсов углов наклона  $A/A_{\text{возд}}$ , но  $\frac{A_{\text{возд}} + B}{A_{\text{возд}} pd + B_{\text{возд}}}$ , и будут, вообще говоря, функциями  $pd$ .

Эта поправка изменяет значения относительных электрических прочностей, приводимые в статьях; например, для  $pd = 760 \text{ тор} \cdot \text{см}$  для  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$  получается 1,7 вместо 1,52 по Гохбергу, для  $\text{C}_2\text{HCl}_3$ —4,5 вместо 4,24 и т. п.

Так как  $\alpha/p$  очень быстро возрастает при увеличении  $E/p$ , то эти сравнительно небольшие изменения значений  $V_s/V_{s \text{ возд}}$  (и, соответственно,  $E_s/p$ ) сильно изменяют значения  $\alpha$ . При введении этой поправки одно и то же значение  $\alpha$  не будет уже у разных газов иметь место при  $E_s/p$ , соответствующих исправленным их значениям, а пробивным  $E_s/p$  не будут соответствовать одинаковые  $\alpha$ .

Если исключить сомнительный результат для  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ , то график показывает возрастание  $(\alpha/p)_{E=E_s}$  к более прочным газам (например для  $\text{CCl}_4$   $(\alpha/p)_{E=E_s}$  примерно в 30 раз больше, чем для воздуха).

Такое возрастание  $(\alpha/p)_{E=E_s}$  представляется нам естественным, так как диапазон предпробивных токов у всех газов в опытах Гохберга и Зандберг был один и тот же ( $10^{-12}$ — $10^{-8}$  А), следовательно, и диапазон измеренных на опыте значений  $\alpha$  для них одинаков (от 1 до 20, если исключить  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ ), как и следует из приведенных в начале соображений.

Давления же  $p$ , при которых измерялись  $\alpha$ , уменьшались от менее прочных к более прочным газам (например  $p_{\text{возд}}$  было примерно в 10 раз меньше, чем для  $\text{CCl}_4$ ). Поэтому и значения  $\alpha/p$  для прочных газов должны оказаться большими, чем у менее прочных.

Ленинградский физико-технический институт  
Академии Наук СССР

Поступило  
23 I 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Б. М. Гохберг и Э. Я. Зандберг, ДАН, **53**, 515 (1946); Изв. АН СССР, сер. физ., **10**, 425 (1946); ЖТФ, **17**, 299 (1947). <sup>2</sup> Б. М. Гохберг и Э. Я. Зандберг, ЖТФ, **12**, 65 (1942).