

И. М. ГОЛЬДМАН

**ПРОБой СЖАТОГО АЗОТА В МАЛЫХ ПРОМЕЖУТКАХ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 8 XI 1937)

Известно, что с увеличением давления газа электрическая прочность его повышается (1).

Целью настоящего исследования было выяснить, до каких пределов можно увеличить электрическую прочность газа, повышая его давление. Очевидно, что при достаточно высоких напряженностях поля может наступить непосредственное вырывание электронов из металла, тогда естественно может измениться и характер зависимости пробивных напряжений от давления.

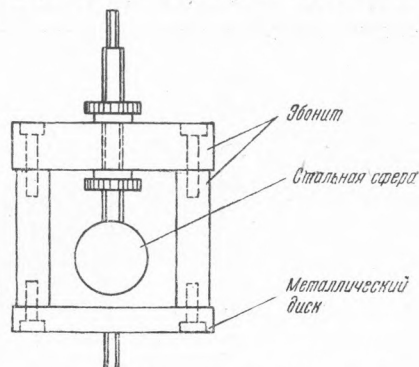
**Установка и условия опыта**

Все измерения были выполнены в аппарате, в котором проведены предыдущие работы. Во избежание влияния деформации аппарата под действием сжатого газа на расстояние между электродами, последние монтировались на специальной стойке (фиг. 1), которая только одним концом ввинчивалась в электрод, жестко связанный с телом аппарата. Другой электрод стойки соединялся с электродом аппарата гибким проводом. Расстояние между электродами устанавливалось специально калиброванными шаблонами, и контакт проверялся по гальванометру. Исследование производилось с электродами—стальной шаром диаметром 20 мм и плоский диск диаметром 50 мм. Материал плоскости менялся.

Сжатый азот получался с автогенного завода № 1.

Для очистки газа от механических загрязнений, которые сильно снижают пробивные напряжения, особенно при малых расстояниях, газ до аппарата проходил через 2 стеклянных фильтра.

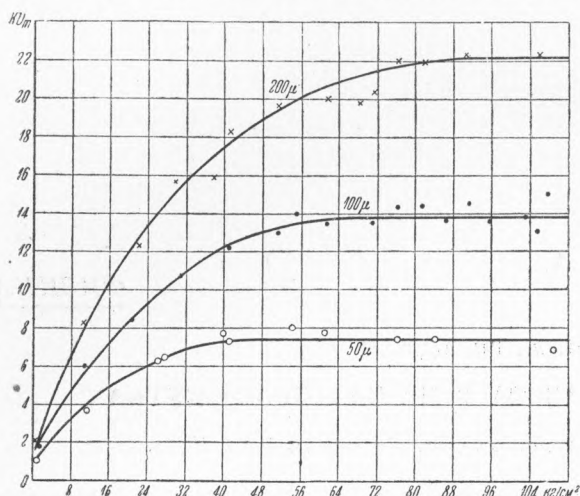
Применявшийся азот содержал от 0.2 до 0.5% кислорода. Влияние изменения содержания  $O_2$  в этих пределах не было обнаружено.



Фиг. 1.—Монтировка электродов.

## Результаты измерений

Все измерения проведены на переменном напряжении 50 Н. Расстояния между электродами менялись от 50  $\mu$  до 1 мм. Первые несколько значений пробивных напряжений после заполнения аппарата свежим газом



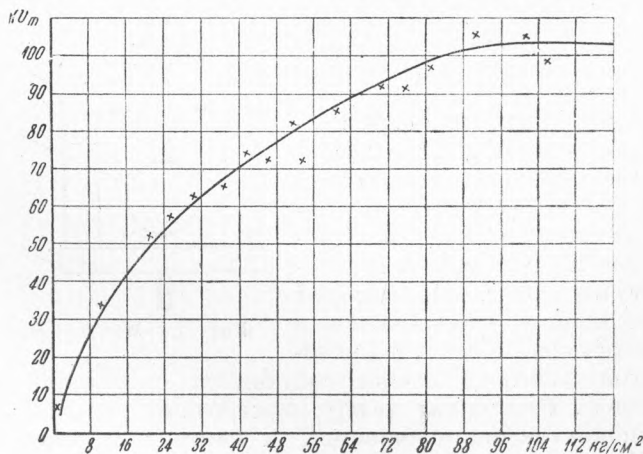
Фиг. 2.—Зависимость пробивного напряжения азота от давления для разных расстояний между электродами.

сильно зависела от чистоты электродов. Для 50  $\mu$  приходилось чистить электроды после каждых 15—20 пробоев; только при этих условиях получались воспроизводимые значения пробивных напряжений.

всегда бывали понижены; последующие значения повышались и в дальнейшем мало изменялись. Повышение пробивных напряжений после первых пробоев свежего газа указывало на то, что повидимому газ вначале очищался от посторонних примесей, которые попадали в аппарат, несмотря на наличие двух фильтров по пути газа.

Разброс отдельных значений от средней величины не превышал 40% и лишь для малых расстояний иногда доходил до 15%.

При малых расстояниях между электродами, особенно при 50  $\mu$ , величина пробивного напряжения



Фиг. 3.—Зависимость пробивного напряжения азота от давления. Расстояние между электродами 1 мм.

Каждая точка, нанесенная на кривой, бралась, как среднее из нескольких десятков пробоев.

На фиг. 2 и 3 даны зависимости пробивных напряжений от давления для разных расстояний между электродами. Как видно из этих кривых, для всех пробивных промежутков, начиная от 50  $\mu$  и до 1 мм, пробивные напряжения при некотором давлении перестают возрастать с увеличением

давления. Давление, при котором наступает это явление—насыщение, зависит от расстояния между электродами: чем больше пробивное расстояние, тем больше давление, при котором наступает насыщение. Для 50  $\mu$  насыщение наступает при 40  $\text{кг}/\text{см}^2$ , а для 1 мм при 96  $\text{кг}/\text{см}^2$ . С изменением расстояния между электродами изменяется также и напряженность поля, при которой наступает насыщение. На фиг. 4 приведена зависимость пробивных напряженностей от давления для тех же расстояний между электродами, что на фиг. 2 и 3.

Как видно из этой фигуры, с увеличением пробивных расстояний пробивная напряженность уменьшается. Снижается также и та напряженность, при которой наступает насыщение. Так, для 50  $\mu$  насыщению соответствует  $E = 1450 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$ , для 1 мм  $E = 1000 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$ .

Все вышеописанные исследования были проведены с электродами—стальная сфера и латунная плоскость.

Для определения влияния материала электродов были также измерены пробивные напряжения при электродах—стальной шар и алюминиевая плоскость. Алюминий был взят химически чистый, искровой промежуток 100  $\mu$ . Пробивные напряжения оказались выше, чем для латунной плоскости на 8—10%.

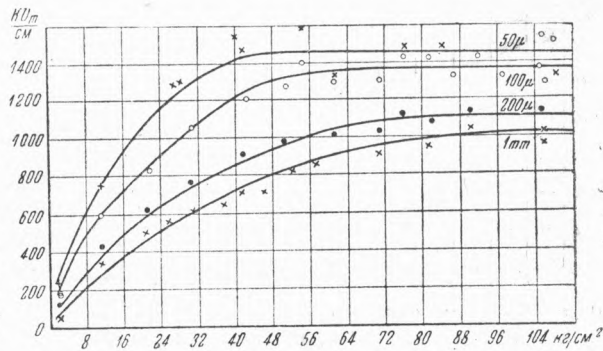
#### Выводы

Наличие насыщения для всех исследованных пробивных расстояний указывает, что, начиная с некоторого давления, изменяется механизм пробоя газа. Ударная ионизация уже теряет свое исключительное значение. При тех полях, которые достигаются при высоких напряжениях, становится возможным вырывание полей электронов с катода.

Напряженность поля, при которой происходит пробой, зависит от расстояния между электродами и меняется от  $1000 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$  до  $1450 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$  для расстояний от 1 мм до 50  $\mu$ . Напряженность для данного случая вычислялась так же, как для однородного поля. Если учесть поправку на искажение поля при электродах: шар—плоскость, то для наибольшего расстояния в 1 мм следовало бы  $E$  уменьшить на 4%.

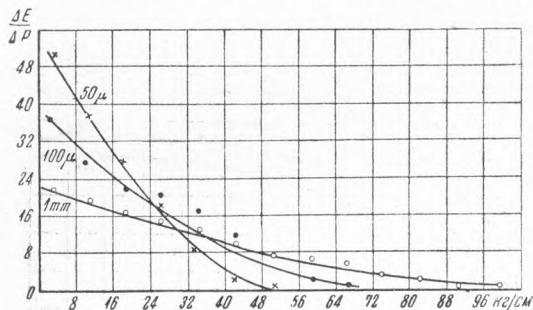
Эти напряженности определяют предел электрической прочности сжатого азота. Критическое значение напряженности поля, при котором начинается пробой, зависит от расстояния между электродами. Так как мало вероятно, чтобы процесс вырывания электронов из металла зависел от расстояния между электродами, то следует допустить, что пробой определяется не только критическим значением поля, но и механизмом дальнейшего движения электронов к аноду.

Практически нецелесообразно добиваться максимальных напряженностей, так как с увеличением давления пробивные напряженности вначале возрастают очень быстро, затем нарастание делается все более замед-



Фиг. 4.—Зависимость пробивных напряженностей азота от давления для разных расстояний между электродами.

ленным. Особенно ярко это выражено для больших пробивных расстояний: при искровом промежутке в 1 мм увеличение давления в 4 раза, с 24 кг/см<sup>2</sup> до 96 кг/см<sup>2</sup>, дает возрастание пробивных напряженностей от  $500 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$  до  $1000 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$ , т. е. в два раза, а изменение давления с 48 кг/см<sup>2</sup> до 96 кг/см<sup>2</sup> вызывает увеличение критических значений поля на 25%.



Фиг. 5.—Интенсивность возрастания напряженности с увеличением давления для разных расстояний между электродами.

По данным этого же автора с увеличением расстояния критическая напряженность резко уменьшалась. Таким образом сравнение давления и вакуума, как диэлектриков, дает преимущество в пользу первого.

По своей электрической прочности сжатый газ сравним с пропитанной трансформаторным маслом кабельной бумагой, которая в толщинах около 1 мм обладает пробивной напряженностью  $1000 \frac{\text{kV}_m}{\text{см}}$ .

В выполнении экспериментальной части работы принимали участие лаборантки А. Н. Боровикова и Р. Я. Разбан.

Физический институт.  
Академия Наук СССР.  
Москва.

Поступило  
14 XI 1937.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Reher, Arch. f. El., XXV, N. 4 (1931); Zeier, Ann. d. Phys., 14, 4, 415 (1932); Б. М. Вул и И. М. Гольдман, Журн. техн. физ., IV, 8, 1613 (1934), VI, 2, 244 (1936). <sup>2</sup> H. W. Anderson, The Rev. of Scient. Inst., 6, 309 (1935).