

И.А. Радкевич, И.А. Духовской

ВРЕМЯ ПАМЯТИ И СНОС ИСКР У УЗКОЗАБОРНЫХ  
ИСКРОВЫХ КАМЕР В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Москва 1977 г.

## А Н Н О Т А Ц И Я

Измерена зависимость времени памяти от индукции магнитного поля у узкозазорных камер, заполненных чистой неон-гелиевой смесью и с добавкой паров этилового спирта. Исследована зависимость сноса искр от индукции магнитного поля и от напряженности электрического очищающего поля. Обнаружено заметное отклонение от линейной зависимости сноса искр от напряженности электрического очищающего поля.

При использовании искровых камер в магнитном поле для выбора нужных режимов работы полезно знать изменение характеристик работы камер при варьировании тех или иных рабочих параметров.

Нами измерены при различных индукциях магнитного поля зависимость времени памяти камер и сноса искр от величины электрического очищающего поля в чистой неон-гелиевой смеси и при добавлении в газ паров этилового спирта.

Измерения проведены на магнитном трековом спектрометре (1,2). В целевом магните спектрометра установлены четыре десятизазорные камеры и одна 18-зазорная. Электроды камер изготовлены из натянутой на рамки 14 мк алюминиевой фольги [3]. Зазор между электродами у всех камер — 0,8 см. Камеры заполнялись при атмосферном давлении неон-гелиевой смесью стандартного состава. В процессе работы газ непрерывно очищался с помощью системы очистки с угольным адсорбером [4]. Высоковольтные импульсы питания подавались на камеры от искровых газовых разрядников через высокочастотные кабели длиной около 10 м. Описываемые ниже результаты получены по фотографиям треков в 18-зазорной и 10-зазорной искровых камерах.

Для контролируемого добавления в газовую смесь паров этилового спирта использовалось приспособление, схема которого изображена на рис. 1. Часть газа, идущего от системы очистки, пробулькивалась через спирт, уровень которого поддерживался постоянным с помощью резервного бака с большим сечением. Полный поток газа определялся ротаметром 1, а ротаметр 2 измерял поток газа, идущего через спирт. Предварительно ротаметр 2 градуировался по ротаметру 1 при последовательном продуве.

Спирт поддерживался при постоянной температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . В дальнейшем под концентрацией спирта подразумевается выражаемое в процентах отношение парциального давления паров спирта к насыщенным при температуре рабочего газа в искровых камерах.

На рис.2 приведена зависимость сноса искр от концентрации спирта при разных значениях очищающего электрического поля. (Точки при концентрациях 5 и 10% измерены при индукции магнитного поля 1,5 тл., а точки при концентрации 2% соответствуют индукции 0,75 тл, но как видно из рис.8, снос искр слабо изменяется при увеличении индукции от 0,4 до 1,5 тл.).

Из приведенных данных видно, что сносы искр заметно изменяются при увеличении концентрации от 0 до 2%. Дальнейшее увеличение концентрации не приводит к заметному изменению сноса.

Зависимость времени памяти искровых камер от напряженности электрического очищающего поля для чистой неон-гелиевой смеси стандартного состава представлена на рис.3, а на рис.4 даны результаты измерений при добавлении в рабочую смесь паров этилового спирта. Под временем памяти камер подразумевается величина задержки высоковольтного импульса относительно момента прохождения регистрируемой частицы через камеру, при которой эффективность уменьшается до 50%. (Такой выбор обусловлен удобствами при наборе статистики и при обработке).

Сравнение графиков рис.3 и 4 показывает, что время памяти для чистой неон-гелиевой смеси уменьшается с ростом очищающего поля значительно медленнее, чем для смеси с парами этилового спирта. При очищающем поле  $\sim 20$  в/см времена

памяти сравниваются и при меньших напряжениях добавление спирта увеличивает время памяти, в то время как при больших очищающих полях пары спирта уменьшают время памяти довольно сильно / в 8-10 раз при 55 в/см). Полученные кривые для чистой неон-гелиевой смеси удовлетворительно согласуются с опубликованными ранее [ 5 ] .

На рис. 5 приведена зависимость времени памяти от индукции магнитного поля "В". Во всех случаях, как уже ранее отмечалось для чистой неон-гелиевой смеси [ 5,6 ], время памяти увеличивается с ростом "В", но, если для чистой неон-гелиевой смеси при малых очищающих полях рост времени памяти, начиная с индукции 0,8-1,0 тл замедляется, то для смеси с парами спирта время памяти непрерывно растет. При больших очищающих полях время памяти изменяется с ростом индукции практически линейно. Следует сделать одно замечание. Как известно, время памяти камер зависит даже от весьма малых добавок некоторых веществ (напр. фреона или воды). Поэтому абсолютные значения величины времени памяти, полученные в различных экспериментах, трудно сравнивать, поскольку прецизионный анализ газа, как правило, не проводится. Приведенные результаты получены при неизменном составе газа и потому дают правильную относительную зависимость времени памяти от индукции и очищающего поля.

При исследовании зависимости сноса искр от индукции магнитного поля для исключения влияния на снос искр различных медленно меняющихся факторов (примеси в рабочем газе, изменения очищающего поля, задержки и т.д.) измерения проведены в течение очень короткого времени (примерно около 30 мин. для каждого режима). Измерения выполнены вначале при увеличении магнитного поля от нуля до макс-

мального, а затем при уменьшении до нуля.

На рис. 6 приведена зависимость сноса искр от индукции магнитного поля "В" при небольших значениях электрического очищающего поля. Ход зависимости сноса от индукции "В" при  $E_{\text{н}} = 62$  в/см. (см. рис. 6в) удовлетворительно согласуется с данными, полученными ранее для чистого неона [7] при близком значении очищающего поля (80 в/см).

При увеличении очищающего поля максимальное значение сноса смещается в сторону больших индукций в (см. рис. 6б) и при значениях очищающего поля, превышающих 250 в/см наблюдается плавное увеличение сноса искр с ростом индукции (рис. 7).

Полученные результаты можно объяснить, если предположить, что средняя частота соударений электронов с атомами газа заметно растет с увеличением напряженности электрического очищающего поля. Действительно, если записать выражение для сноса искр в виде:

$$d = \frac{E \cdot \tau}{B} \cdot (1 + v^2/\omega^2)^{-1} \quad (1)$$

[8], где В - индукция магнитного поля, Е - напряженность электрического (очищающего) поля,  $\tau$  - время между прохождением ионизирующей частицы, и моментом подачи запускающего импульса,  $\omega$  - ларморовская частота, а  $v$  определено выше, то при  $v \gg \omega$  выражение в скобках можно разложить в ряд по степеням  $\omega^2/v^2$ . Подставив значение  $\omega = \frac{eB}{2mc}$  и опустив в разложении все члены кроме первого, получим:

$$d = \frac{e}{4m^2c^2v^2} \cdot E \tau B$$

т.е. снос линейно растет с увеличением индукции, что наблюдается на опыте при больших значениях очищающего поля (см. рис. 7) вплоть до индукций  $B = 1,2$  тл. При больших индукциях  $B$   $\omega$  сравнивается с  $v$  и увеличение сноса искр

с ростом индукции замедляется.

При небольших значениях очищающего поля  $\nu$  сравнивается с  $\omega$  при меньших значениях индукции магнитного поля "В". Если  $\nu^2/\omega^2$  при увеличении индукции становится больше 1, то членом  $(1+\nu^2/\omega^2)^{-1}$  в скобках можно пренебречь и записать, что  $d = \frac{E \cdot \tau}{B}$ , т.е. при дальнейшем увеличении индукции снос начинает уменьшаться. Подобная картина наблюдается при  $E_{04} = 62$  в/см для чистой неон-гелиевой смеси (рис.6 а,б), для смеси газа с парами спирта - (рис.8).

Если  $\nu$  зависит от напряженности электрического поля, то при увеличении  $E_{04}$  должна наблюдаться немонотонность в зависимости сноса искр от  $E$  оч. Результаты измерения зависимости сноса искр от  $E$  оч. в большом интервале значений очищающего поля приведены на рис.9. При небольших значениях  $E$  оч. снос искр растет с увеличением очищающего поля, что вполне согласуется с опубликованными ранее данными [5,67]. Однако, при больших значениях очищающего поля кривая выходит на плато, и даже наблюдается некоторый спад при дальнейшем увеличении  $E$  оч.

Полученные результаты могут быть описаны приведенной выше формулой (I). Действительно, если в выражении (I) частота соударений  $\nu$  зависит от  $E$ , картина будет описываться по-разному для случая  $\nu > \omega$  и при  $\nu < \omega$ . Если частота соударений  $\nu$  при данной индукции "В" меньше  $\omega$  то членом в скобках можно пренебречь и записать  $d = \frac{E \tau}{B}$ . В этом случае снос растет с увеличением  $E$ , что и наблюдается на опыте при малых  $E$  (см. левую часть кривых на рис.9).

Из результатов измерения зависимости сноса искр от индукции (см.рис.6) можно оценить, что  $\nu$  сравнивается с  $\omega$  при  $E_{04}$ , равном примерно 100 в/см. Следовательно, пере-

риб у кривых зависимости сноса от  $E$  оч. должен быть примерно при том же значении  $E$  оч. Поскольку  $\nu$  зависит также и от "В", то при увеличении индукции перегиб должен смещаться в сторону больших очищающих полей. Подобная картина действительно наблюдается на опыте (см. рис. 9).

При  $\nu \gg \omega$  выражение (I) можно записать, как мы уже делали выше, в виде:  $d = \frac{e}{4\pi^2 c^2} \frac{E^2 \tau \theta}{\nu^2}$ . Из хода кривой зависимости сноса от электрического поля (рис. 9), видно, что частота соударений  $\nu$  должна расти с  $E$  быстрее чем  $\sqrt{E}$ . Действительно, если  $\nu \sim \sqrt{E}$ , то снос искр не должен зависеть от  $E$ . На опыте наблюдается, по-видимому, слабое уменьшение сноса при увеличении  $E$ .

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность Ю.А.Бородину за большую помощь в проведении измерений и обработке результатов.

работа поступила  
в печать 8.7.71 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И.А.Радкевич, В.В. Владимирский, В.В.Соколовский, А.М.Благородов ПТЭ, № 4, 54 (1964).
2. О.Н.Болошин и др. Доклад на Международной конференции в Дубне, сентябрь 1970 г.
3. И.А.Духовской, И.А.Радкевич, ПТЭ № 4, 49, (1969).
4. И.А.Духовской, И.А.Радкевич, С.Д.Седойкин, В.В.Соколовский, Ю.Ф.Томашук, ПТЭ, № 1, 226 (1969).
5. А.В.Арефьев, Ю.Д.Бажков, В.И.Ефременко, Ю.М.Зайцев, Л.Н.Кулешова, Г.А. Лексин, Д.А.Сучков, Препринт, ИТЭФ, 794 (1970).
6. G.R. Burleson, et al. *Nuclear Electronics I*, 247, 1962  
Vienna
7. С.М.Коренченко, А.Г.Морозов, К.Г.Некрасов, ПТЭ, № 5, 72 (1966).
8. J. Townsend. *Electrons in gases*. N.Y. 1947.

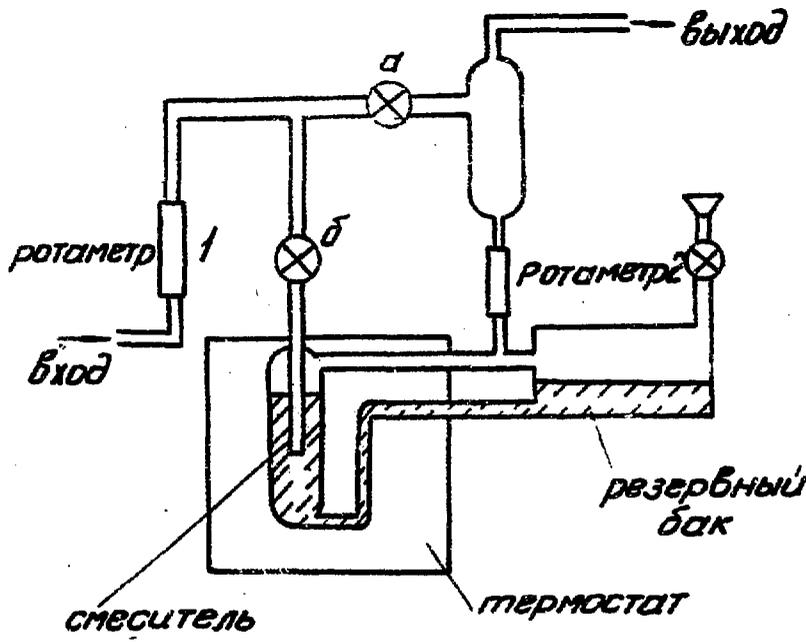


рис.1. Схема приспособления для контролируемых добавок этилового спирта в газовую смесь

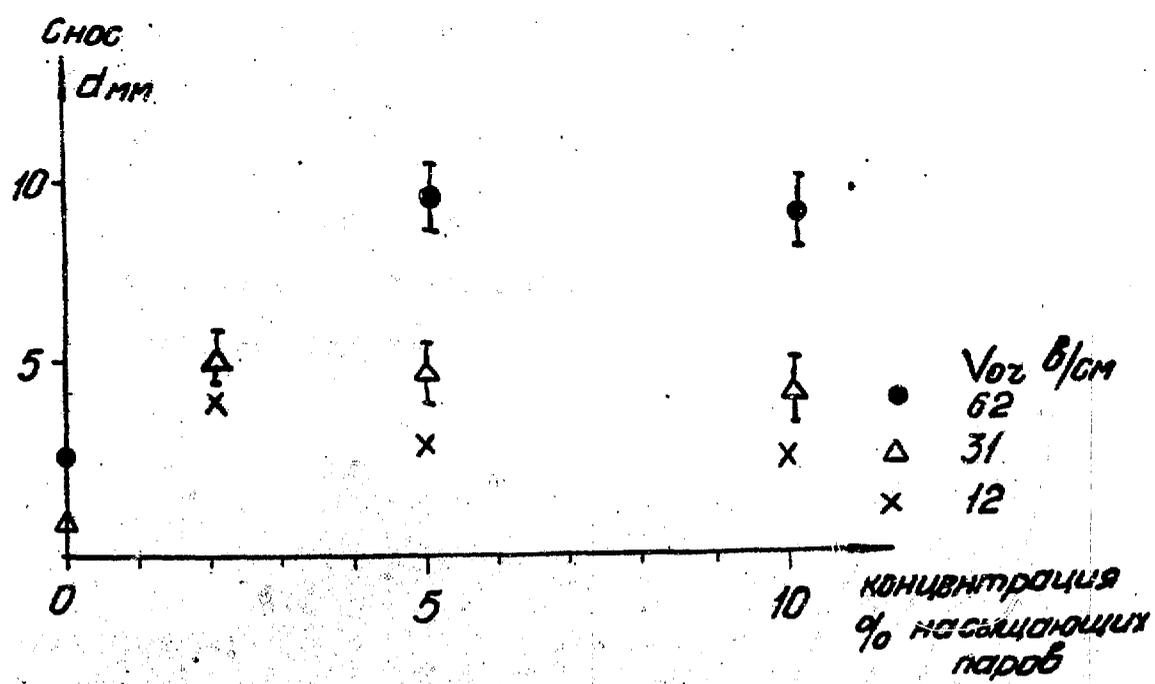
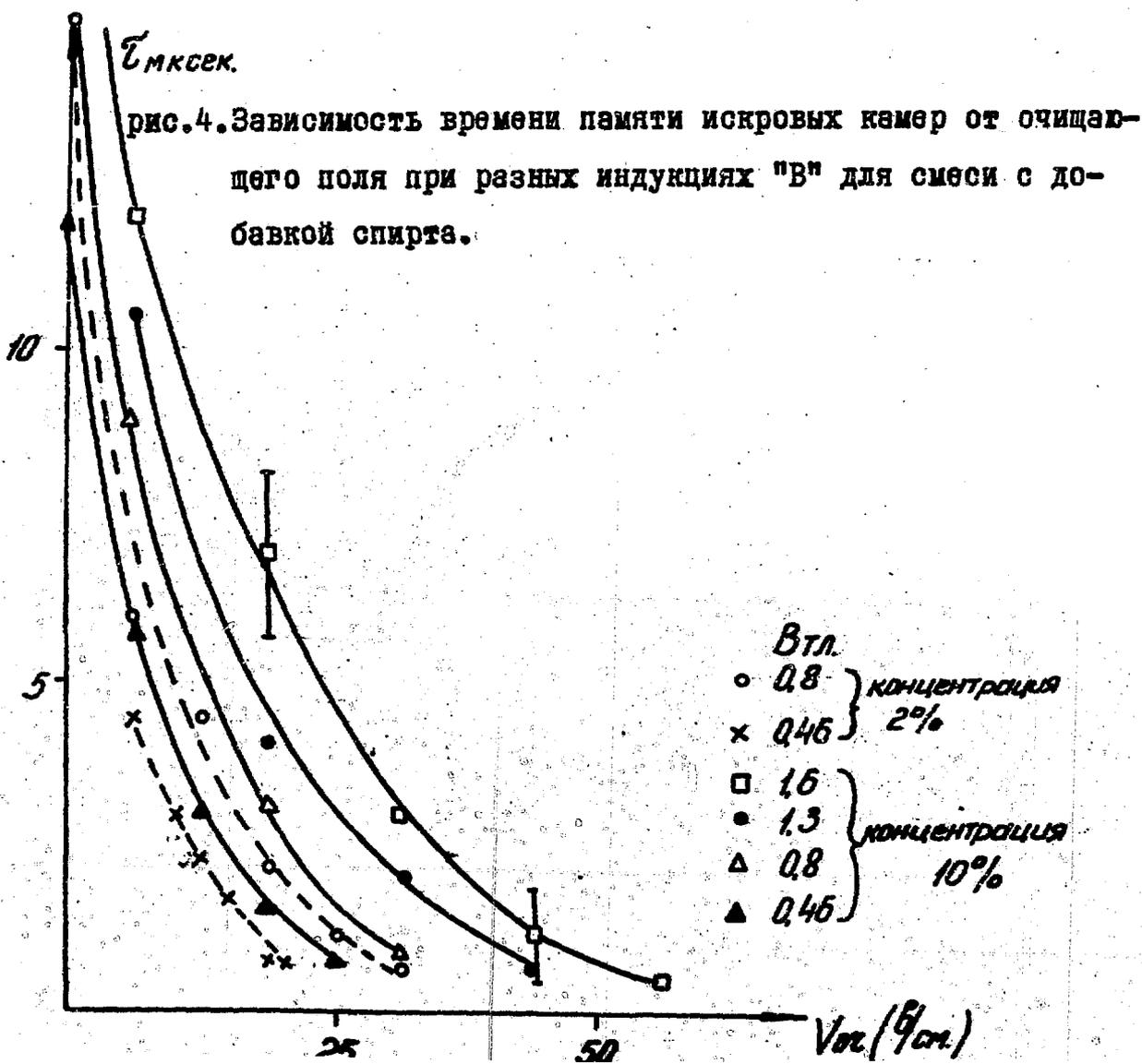
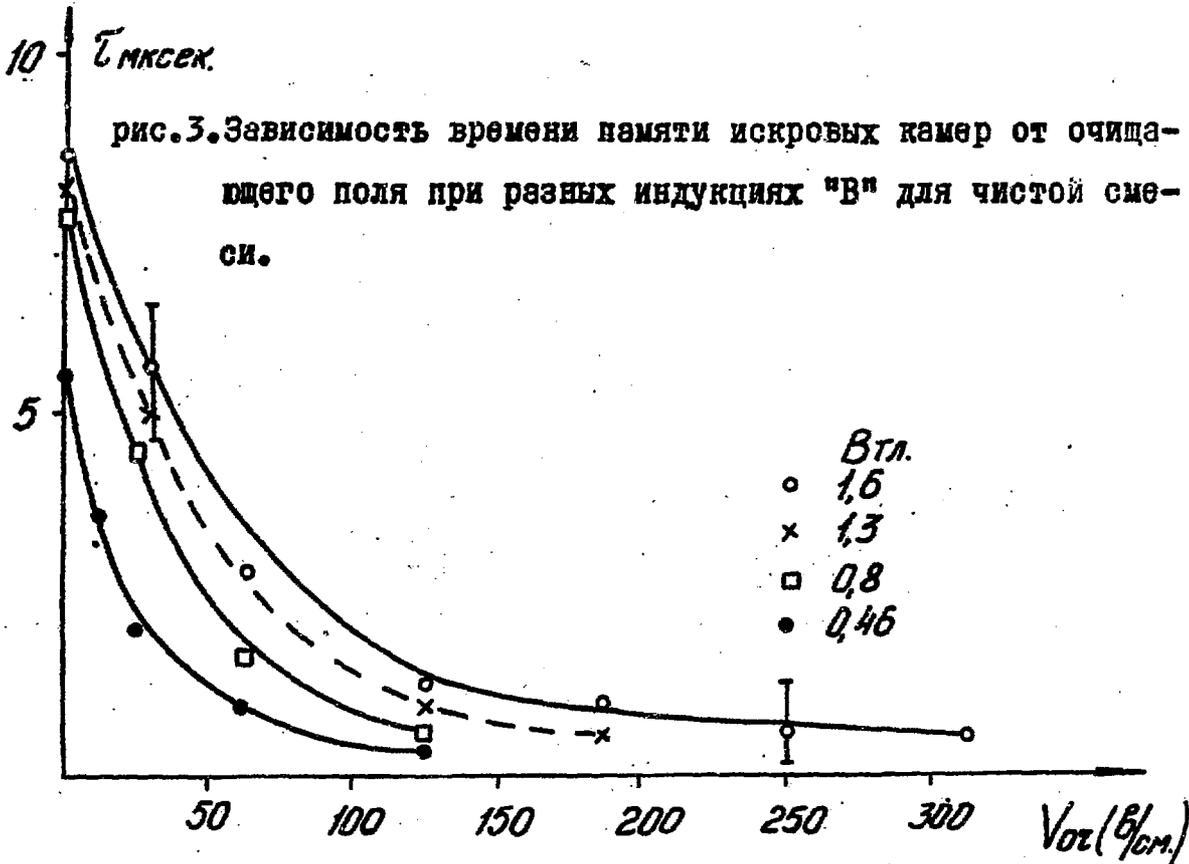


рис.2. Зависимость сноса искр от концентрации паров этилового спирта в газовой смеси



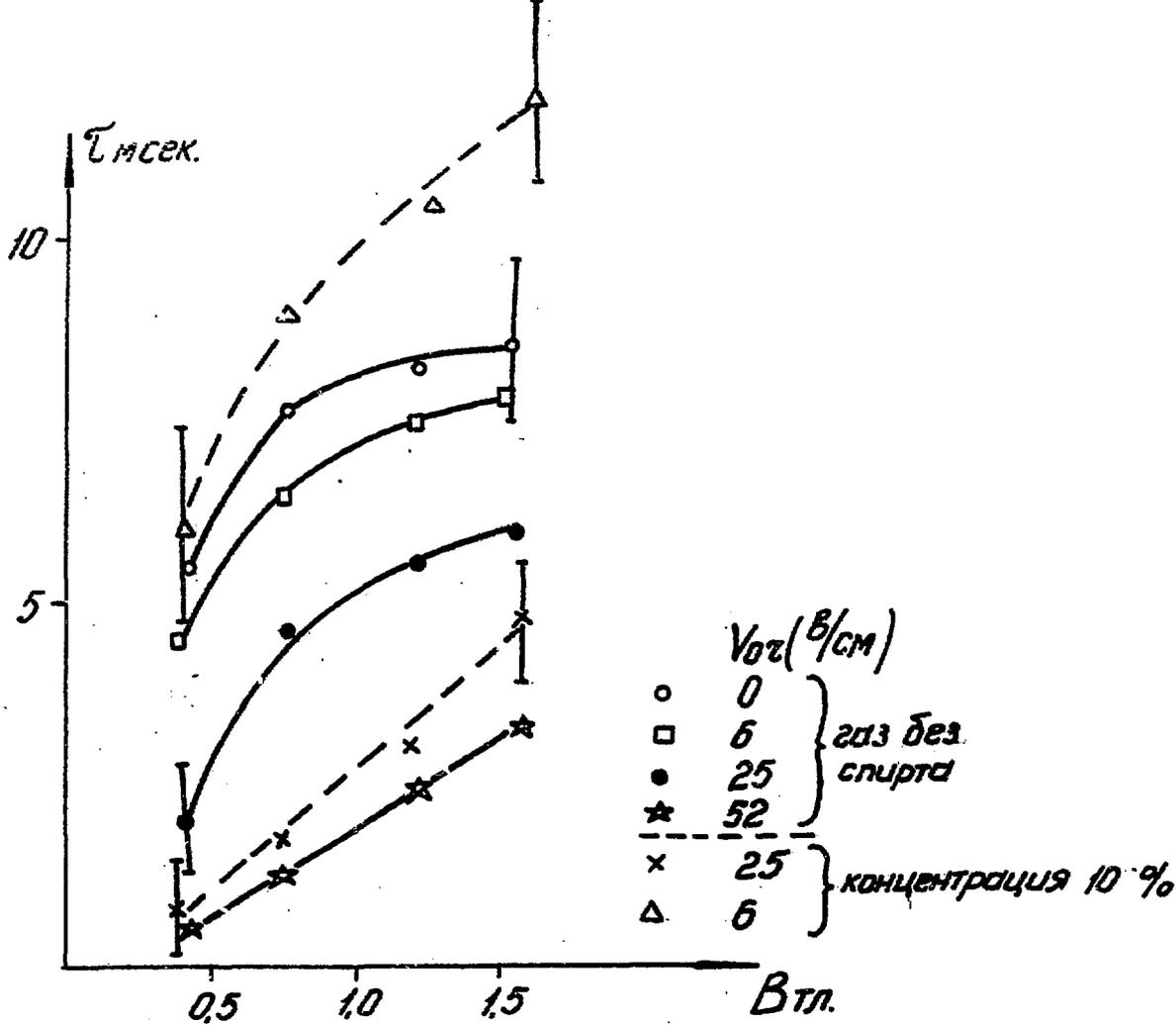


рис.5. Зависимость времени памяти искровых камер от индукции магнитного поля "В" при разных значениях очищающего поля до чистой неон-гелиевой смеси и с добавкой этилового спирта.

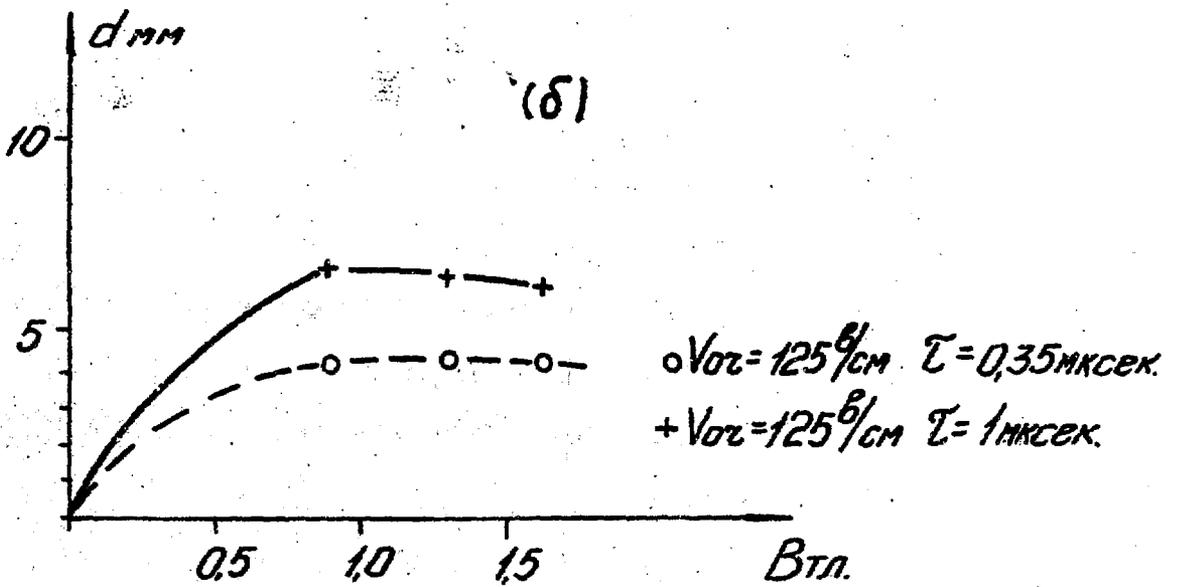
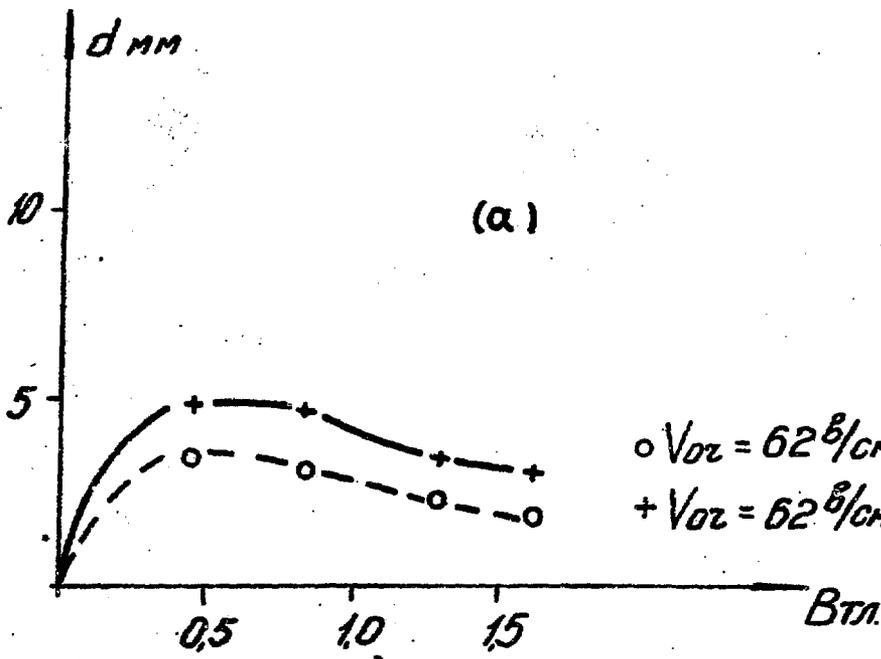


рис.6. Зависимость сноса искр от индукции магнитного поля при различных значениях очищающего поля.

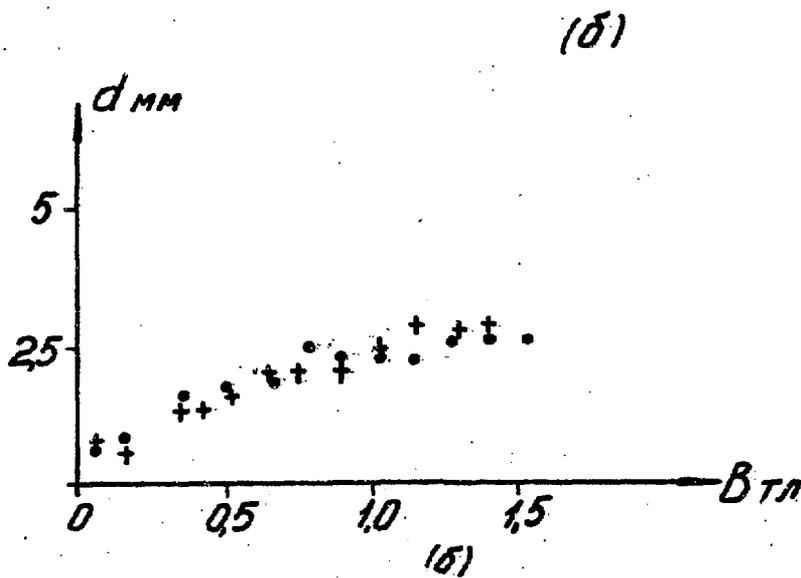
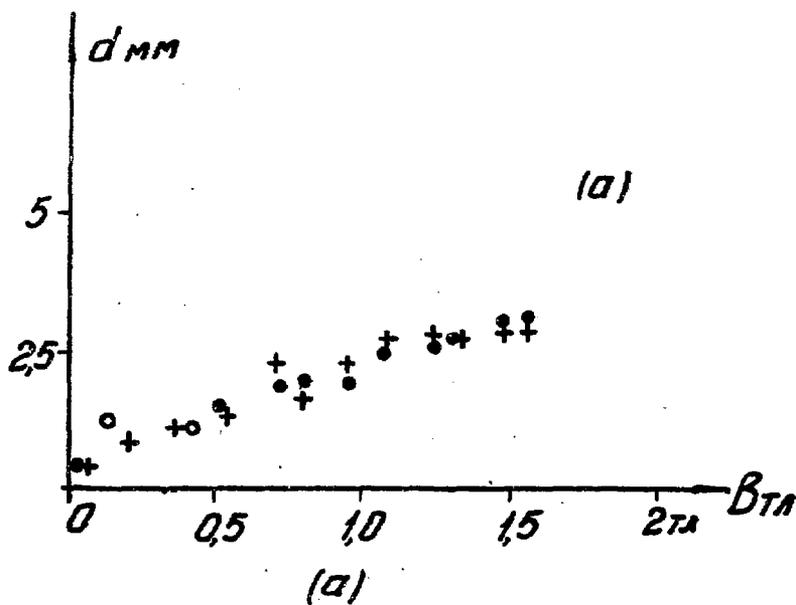


рис.7. Зависимость сноса искр от индукции магнитного поля в чистой неон-гелиевой смеси. Точками и крестиками нанесены результаты разных измерений в одной из камер "а" и другой "б". Задержка - 0,35 мксек.

$$E_{04} = 250 \frac{B}{\text{CM}}$$

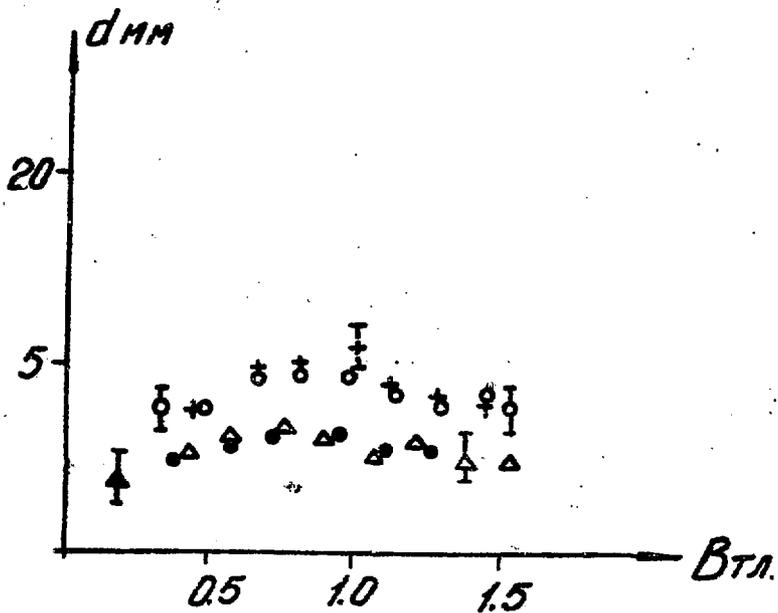


рис. 8. Зависимость сноса искр от индукции магнитного поля

в неон-гелиевой смеси с добавкой спирта

$\bullet$  } разные измерения при  $E_{0\alpha} = 75$  в/см, задержке  
 $\Delta$  } - 0,35 мксек. Концентрация спирта - 2%.

$\circ$  }  $E_{0\alpha} = 25$  в/см, задержка - 1 мксек, концентрация  
 $+$  } - 6%.

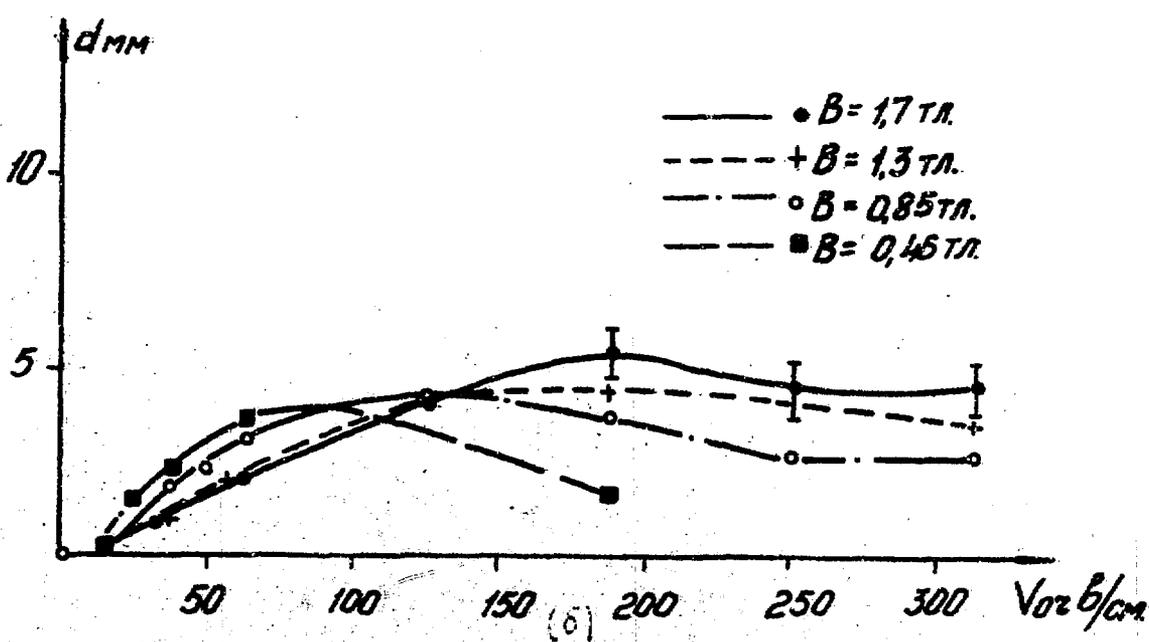
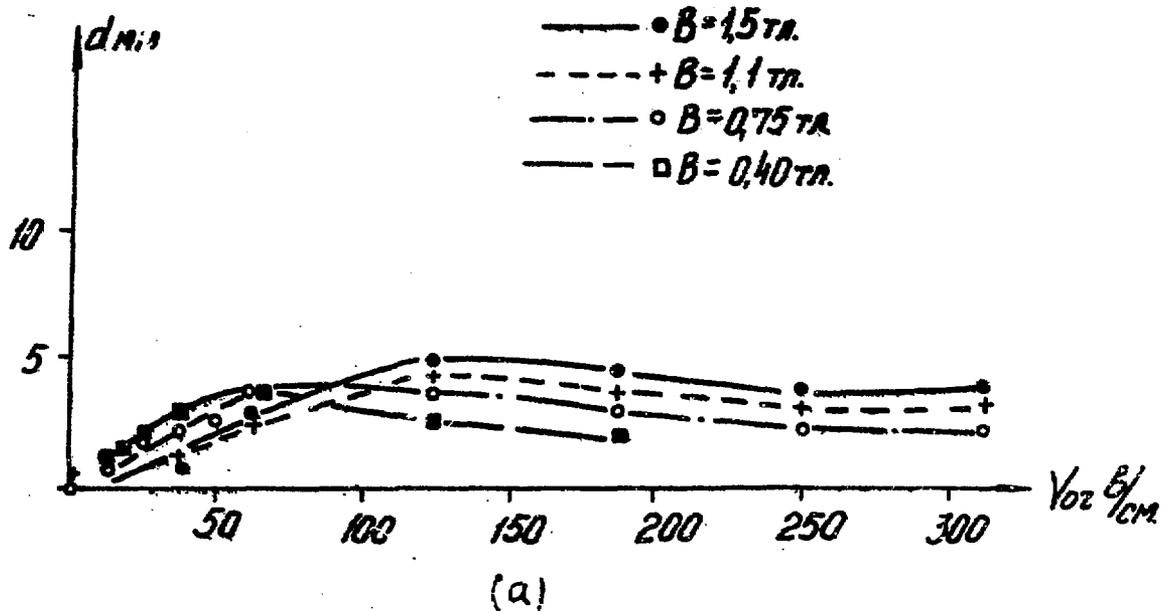


рис.9. Зависимость сноса искр от очищающего поля при различных индукциях "В". /Измерено в разных искровых камерах "а" и "б"/. Время задержки - 0,35 мксек.

Цена 6 коп.

Т-12650

ИТЭФ Заказ 8016 М-16 Тираж 280

Отв. за выпуск Радкевич И.А.