

УДК 537.311

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. А. ВЕЛЬМИН, Ю. А. МЕДВЕДЕВ, Б. С. ПУНКЕВИЧ, Б. М. СТЕПАНОВ
**ЗОНДИРОВАНИЕ ОБЛАСТИ ВЗРЫВА ЗАРЯДА ВЗРЫВЧАТЫХ
ВЕЩЕСТВ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

(Представлено академиком А. Ю. Ишлинским 12 VI 1970)

1. В работах ^(1, 2) изучался взрыв во внешнем постоянном электрическом поле. В ^(1, 3) делались попытки выделить возмущение постоянного внешнего магнитного поля (порядка единиц эрстед) взрывом заряда взрывчатых веществ (в. в.). На основании простых оценок можно убедиться, что в условиях этих опытов время проникновения внешнего магнитного поля H_0 в однородный шар с радиусом R равным радиусу захваченной взрывом области и с проводимостью σ порядка средней (по объему) проводимости области $\tau = 4\pi\sigma R^2 C^{-2}$ оказывается много меньше характерного времени развития области взрыва ($T \sim 10^{-3}$ сек.), в силу чего искажение постоянного внешнего поля $\Delta H \sim H_0 \tau / T$ оказывается ниже чувствительности применяемых датчиков магнитного поля (порядка 10^{-4} э ⁽¹⁾).

Для того чтобы увеличить возмущение поля, вызванное взрывом, до легко наблюдаемых значений, необходимо увеличить либо начальное поле H_0 , либо масштаб взрыва (величину R), либо осуществить взрыв в переменном поле, меняющемся с частотой, для которой толщина скин-слоя (определенная по некоторому среднему значению проводимости) порядка размера области взрыва. Наиболее простым оказалось осуществить взрыв в переменном магнитном поле. Соответствующие эксперименты и полученные результаты описываются ниже. Целью проведенных экспериментов являлось получение дополнительной независимой информации о распределении проводимости по объему взрыва и, в частности, о характеристиках прогретого слоя между фронтом ударной волны и передней границей продуктов взрыва, которые, как выяснено в ^(1, 2, 4), влияют на формирование импульсов поля, генерируемых взрывом в различных участках радиочастотного спектра.

2. В проведенных экспериментах взрыв тротилового заряда типа ТГ 50/50 ⁽¹⁾ массой 16 г производился в центре катушки из шести витков провода с внутренним диаметром 26 см, создающей переменное магнитное поле с частотой $f = 5$ Мгц. Эта же катушка служила для измерения возмущения поля, она включалась в одно из плеч высокочастотного моста, который сбалансирован до взрыва путем включения в другое плечо такой же катушки. Разбаланс моста возникает из-за индукционных потерь при образовании проводимости в объеме взрыва. Катушки и измерительные тракты экранировались от внешних электрических полей. Сигнал разбаланса усиливался резонансным усилителем с полосой пропускания $\Delta f = 250$ кГц и затем регистрировался осциллографом ОК-17М. Полоса пропускания всего тракта составляла 250 кГц. Запуск развертки осциллографа осуществлялся от фотоэлектрического датчика в момент выхода детонационной волны на поверхность заряда.

Калибровка измерительной системы осуществлялась с помощью стеклянных сфер разных радиусов r , а также сферических слоев разных r и толщин Δ , наполненных растворами кислот и солей с различными концентрациями, для которых проводимость σ известна. В результате калибровки выяснено, что для проводимостей, при которых толщина скин-слоя

$\delta \geq r$, разбаланс моста $u = A\sigma r^4$, $A = \text{const}$. При больших проводимостях соответствующие зависимости стремятся к насыщению. Для тонких проводящих слоев

$$\Delta \ll r, \quad u = 4A\sigma\Delta r^3.$$

Для согласования с калибровочными кривыми перед каждым экспериментом в измерительную катушку вносилась стеклянная сфера диаметром 12 см с 1,0 N раствором NaCl, и амплитуда разбаланса фиксировалась.

3. На рис. 1 приведена типичная осциллограмма процесса (частота меток времени на нижнем луче $f = 100$ кГц). До момента $t_1 = \sim 16$ мсек. разбаланса нет (в самом начале осциллограммы регистрируется сигнал — помеха, причина которого окончательно не выяснена). В эти моменты времени возмущенная область мала. В момент времени $t = t_1$ диаметр ударной волны достигает ~ 16 см⁽⁵⁾, и с этого момента начинается плавное нарастание амплитуды разбаланса, которое продолжается до момента t_2 прихода фронта ударной волны на катушку.

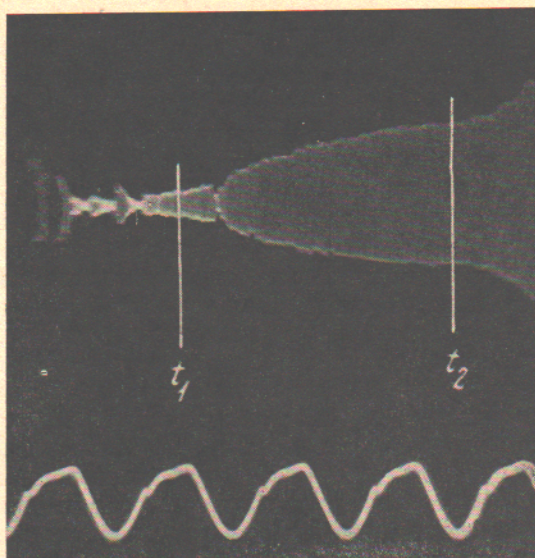


Рис. 1

4. Усредненная по разным опытам (около 100) зависимость сигнала разбаланса от времени $u/u_0 = \varphi(t)$ в относительных единицах приведена на рис. 2, 1. Из результатов калибровки следует, что функция $\varphi(t)r^{-3}(t)$ описывает изменение во времени произведения

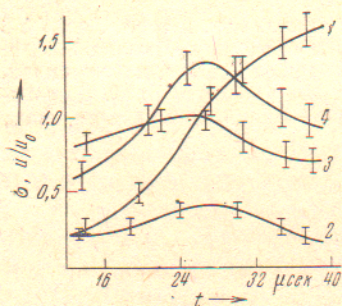


Рис. 2

$4A\sigma(t)r(t)$, $A = \text{const}$, если распределение проводимости имеет объемный характер и $4A\sigma(t)\Delta(t)$, если проводимость сосредоточена в некотором слое толщиной $\Delta(t)$ вблизи фронта ударной волны. Следовательно, в зависимости $\varphi(t)r^{-3}(t)$ содержится информация о характере распределения проводимости по объему взрыва.

Если предположить равномерное распределение проводимости по объему, а под $r(t)$ подразумевать радиус фронта ударной волны⁽⁵⁾, то для $\sigma(t)$ получается зависимость с максимумом, достигаемым в момент времени $t \sim 1/2 t_2$ (рис. 2, 2), что не согласуется с очевидными представлениями о физике явления, так что случай объемного распределения проводимости следует исключить.

Предположение же о том, что $\sigma(t)$ равномерно распределена внутри некоторого слоя $\Delta(t)$ и что величина $\Delta(t)$ во все моменты времени совпадает с толщиной слоя ударная волна — передняя граница продуктов взрыва, с использованием данных⁽⁵⁾ по величине $\Delta(t)$ приводит также к нефизическому максимуму в величине $\sigma(t)$ (рис. 2, 3). Характер временной зависимости эффективной величины $\Delta(t)$ можно определить из условия, что величина $\sigma(t)$ в проводящем слое монотонно спадает со временем. Зависимость $\varphi(t)r_{\text{пв}}^{-3}(t)$, где $r_{\text{пв}}$ — радиус передней границы продуктов взрыва, построенная по экспериментальным данным и данным⁽⁵⁾, изобра-

жена на рис. 2, 4 и в диапазоне времени от 16 до 40 мсек. может быть интерполирована в виде

$$\varphi(t) r_{\text{пв}}^{-3}(t) = Ct^\alpha e^{-0,22t}, \quad C = \text{const}, \quad \alpha = 6 \pm 0,5,$$

t — в мсек., откуда получаем, что величина $\Delta(t)$ в этом временном интервале может быть представлена в виде $\Delta(t) = Kt^\beta$, где $\beta \geq \alpha$, $K = \text{const}$. Поскольку при $t \rightarrow 0$ $\sigma(t)$ конечно, то получаем, что $\beta \approx 6 \pm 0,5$.

Таким образом приходим к выводу, что по крайней мере в начальные моменты времени проводимость сосредоточена в слое и что при малых t эффективная толщина проводящего слоя значительно меньше разности радиусов фронта ударной волны и передней границы продуктов взрыва (при $t \rightarrow 0$ $\Delta_{\text{эф}}(t) \sim t^\beta$) и возрастает с течением времени.

Эти выводы не зависят от конкретных значений постоянных A , C , K , U_0 . Что касается смысла величины $\Delta(t)$, то он в какой-то мере зависит от способа усреднения σ по проводящему слою. Если в начальные моменты времени проводимость воздуха максимальна на контактной поверхности продуктов взрыва (как и температура T' в подобных опытах по оценке, проведенной в (4)) и экспоненциально падает в направлении к фронту ударной волны, то эффективная величина $\Delta_{\text{эф}}(t)$ совпадает с длиной, на которой проводимость в момент времени t падает в e раз.

Полученный результат может быть объяснен уменьшением с течением времени градиента температуры и, следовательно, увеличением характерной длины, на которой эффективно падает степень термической ионизации воздуха вблизи контактной поверхности продуктов взрыва.

Для определения абсолютных значений усредненной проводимости по времени нужны дополнительные данные о величине $\Delta(t)$ в эти моменты.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
оптико-физических измерений
Москва

Поступило
2 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Боронин, В. А. Вельмин и др., Журн. прикл. мех. и техн. физ., № 6 (1968). ² А. П. Боронин, Ю. А. Медведев, Б. М. Степанов, Письма ЖЭТФ, 8, в. 4 (1968). ³ Л. М. Горшунов, Г. П. Кононенко, Е. И. Сиротинин, ЖЭТФ, 53, в. 3 (9) (1967). ⁴ А. П. Боронин, Ю. А. Медведев, Б. М. Степанов, ДАН, 192, № 1 (1970). ⁵ В. В. Адушкин, Журн. прикл. мех. и техн. физ., № 5 (1963).