

Интенсивность ударной волны и энергетика разряда в газах

© К.В. Корытченко, Ю.Я. Волколупов, М.А. Красноголовец, М.А. Острижной, В.И. Чумаков

Научно-исследовательский комплекс "Ускоритель",
61108 Харьков, Украина
e-mail: dovbnya@nik.kharkov.ua; Код ЗКПО14316155

(Поступило в Редакцию 2 апреля 2001 г.
В окончательной редакции 11 сентября 2001 г.)

Рассмотрим метод получения ударных волн большой интенсивности при малых энергиях электрического разряда за счет формирования направленной ударной волны и использования динамических свойств газовых потоков. Для решения указанной задачи используется устройство, схема которого показана на рисунке. Устройство работает следующим образом. Через проводник 3 по подающему каналу 5 и отверстию 7 в полость 4 изолятора 1 от внешнего источника под давлением подается охлажденный воздух. Геометрические размеры выходного канала 6 в проводнике и подающего канала 5 с отверстиями 7 подбираются таким образом, что в полости 4 изолятора 1 образуется повышенное давление по отношению к давлению внешней среды. Дальнейшее падение давления воздуха до внешнего давления происходит в канале 6 и за его срезом. Максимальная скорость течения газа по каналу 6 не может превышать критической скорости звука C_{*2} . Скорость распространения возмущений в газе будет изменяться в пределах от C_0 до C_{*2} (C_0 — скорость звука заторможенного потока) [1].

В результате электрического разряда емкостного накопителя через коммутатор K в полости 4 часть энергии разряда перейдет непосредственно в кинетическую энергию, что приведет к росту давления в полости 4, и по каналу 6 начнет распространяться волна сжатия. Движению газа в сторону канала 5 препятствует давление поступающего газа. Так как скорость перехода энергии из колебательной в кинетическую прямо пропорциональна давлению газа, то в полости в результате процессов дезактивации происходит дальнейший рост давления, а по каналу по уже частично прогретому газу с большей скоростью будут распространяться волны сжатия с нарастающей амплитудой, что приведет к формированию ударной волны. Этот процесс аналогичен процессу формирования ударной волны в детонационных трубах [2].

На основании теории колебательной дезактивации молекул газа [3], учитывая условия формирования ударных волн в детонационных трубах и свойства газов, разработана методика расчета параметров описанного устройства.

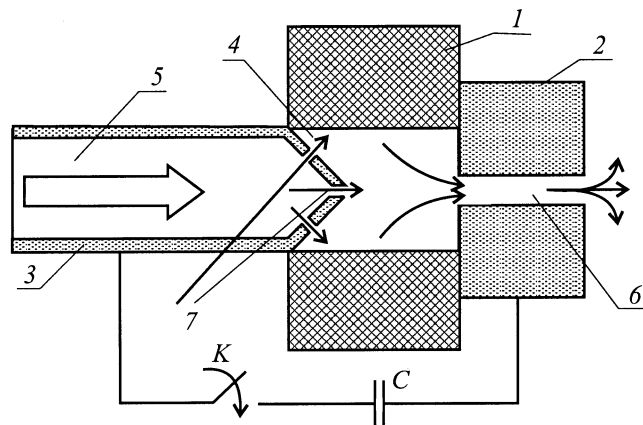
Приведенная конструктивная схема позволяет увеличить время формирования ударной волны, что позволяет более эффективно использовать энергию разряда путем увеличения продолжительности разряда с осуществле-

нием его в области повышенного давления газа. Проведя оценку параметров устройства, обеспечивающего формирование ударной волны с интенсивностью и в условиях, соответствующих вышеизложенному примеру, при $P_0 = 10^5$ Па, $T_0 = 293$ К получим: температура $T^\circ = 3840$ К, скорость $D = 2935$ м/с, давление $P_1 = 100 \cdot 10^5$ Па, плотность $\rho_1/\rho_2 = 6.76$.

Для создания ударных волн в детонационных трубах необходимо обеспечить сохранение ламинарности течения потока при всех режимах истечения. По опытным данным известно, что при устранении возмущений у входа в трубу удается поддерживать ламинарное течение вплоть до значения числа Рейнольдса $R = 10^5$, где $R = U_{\max}d/2\nu$, U_{\max} — скорость жидкости на оси трубы, d — диаметр трубы, ν — кинетическая вязкость газа. (U_{\max} в нашем случае соответствует скорости переднего фронта ударной волны D , а d — диаметру выходного канала). Максимальную температуру нагрева T в полости изолятора определим из условия равенства максимальной скорости течений разогретого потока воздуха критической скорости звука C_{*2}

$$T = \frac{C_{*2}^2 M(\gamma + 1)}{2\gamma R} = \frac{D^2 M(\gamma + 1)}{2\gamma R},$$

где M — молярная масса газа, кг/mol; R — универсальная газовая постоянная.



Устройство для создания ударных волн электрическим разрядом в газе.

Длительность разряда определится из времени формирования ударной волны t

$$t = \frac{l}{C_{01}} - \frac{l}{C_{02}},$$

где l — длина выходного канала; C_{01} , C_{02} — скорости звука заторможенного потока соответственно при начальных условиях и в разогретом электрическом разрядном газе.

Если, например, $d = 0.001$ м, $l = 0.0015$ м, то получим $R \approx 10^4$, $T = 11100$ К, $t = 4 \cdot 10^{-5}$ с. Для сравнения время формирования ударной волны в открытом пространстве в воздухе при нормальных начальных условиях составляет не менее 10^{-5} с.

Список литературы

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.
- [2] Баум Ф.А., Станюкович К.Л., Шехтер Б.И. Физика взрыва. М.: ФТЛ, 1959.
- [3] Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: ФТЛ, 1963.