

$l_{12}$  — длина бесполевого пространства.

Такой закон изменения электрического поля выталкивающего импульса во времени обеспечивает изохронность пролёта заданной массы в заданную точку на временной оси. Введение выталкивающего импульса указанной зависимости позволяет выделить ионы только одной массы, а другие подавить. Ионы, влетевшие в бесполовое пространство во время  $t$  меньше  $t_0$ , будут отклонены поперечным полем и не учитываются счётчиком масс.

Меняя амплитуду или время  $T$  выталкивающего импульса, становится, практически возможным, на небольшой времяпролётной базе (10 – 30 см) исследовать высокомолекулярные соединения в диапазоне масс (500 – 5000).

Практически анализатор представляет собой трубку диаметром 40 мм и длиной 100 – 300 мм, в которой расположена электронная пушка, две сетки и приёмник ионов.

Достоинствами этого устройства являются:

- высокая чувствительность в связи с малыми потерями ионов на небольшой времяпролётной базе;
- возможность исследовать газы в широком диапазоне масс;
- высокая достоверность обнаружения выбранной компоненты газа или воздуха;
- широкий динамический диапазон регистрируемых давлений газа или воздуха.

#### *Список использованных источников*

1. А.С. RU 2063091 C1 6 Н 01 J 49/40//G 01 N 30/72. Способ анализа остаточных газов и паров веществ в вакууме/ Маркелов В.В. (РФ). - №4953001/07; Заявлено 16.04.91; опубл. 27.06.96, Бюл. №18.
2. А.С. RU 2122257 C1 6 Н 01 J 49/40. Пылеударный масс-спектрометр/ Семкин Н.Д., Воронов К.Е. (РФ). - №96103268/09; Заявлено 20.02.96; опубл. 20.11.98, Бюл. №21.

## **БЛОК УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕМ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ**

Пияков А.В., Иванов В.В.

Интерес к разработке и изучению методов высокоскоростного (единицы — десятки километров в секунду) метания твердых тел имеет как чисто научную, так и практическую основу. Соударение тел с высокими скоростями позволяет исследовать поведение веществ в достигаемых при этом экстремальных условиях — при высоких давлениях, плот-

ностях, температурах. Появление и развитие космической техники обусловило необходимость проведения оценок повреждений элементов конструкций при ударах метеоритов, что потребовало лабораторного моделирования метеоритного удара. Кроме перечисленных, развитие данного направления стимулирует еще ряд научных и технических проблем, среди которых следует отметить задачу подпитки термоядерного реактора топливом.

Существует несколько способов построения ускорителей, но большинство из них для придания частице требуемой скорости используют большие напряжения, что в свою очередь создаёт трудности в коммутации высоких напряжений. Проектируемый ускоритель пылевых частиц не требует для работы особо высоковольтных источников, так как ускорение производится поэтапно с одним ускоряющим напряжением. Блок схема ускорителя приведена ниже на рисунке 1.

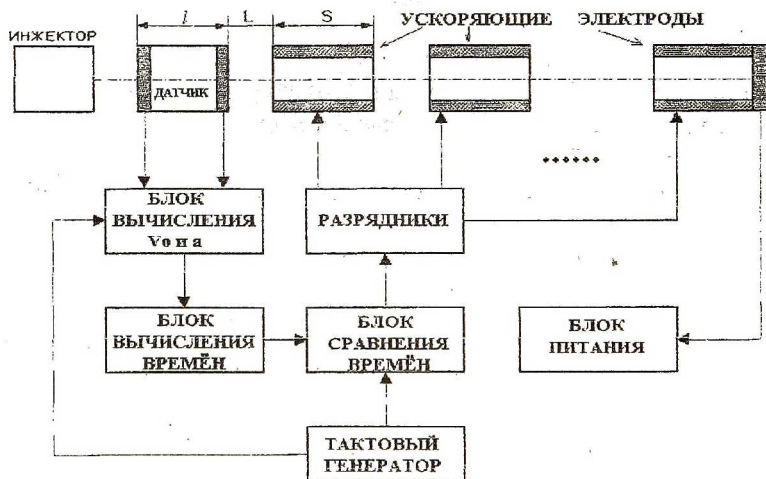


Рисунок 1 – Блок схема ускорителя пылевых частиц.

Ускоритель работает следующим образом. В начале все ускоряющие электроды заряжаются до ускоряющего напряжения. Затем напряжение подаётся на инжектор, из которого вылетает частица с первоначальной скоростью  $V_0$  и попадает в датчик, который фиксирует вход и выход частицы из трубки определённой (заранее известной) длины. В “блоке вычисления  $V_0$  и  $a$ ” по импульсам, поступающим с датчиков, определяется время прохождения частицей расстояния между датчиками. Таким образом, можно вычислить первоначальную

частичную скорость частицы по формуле:

$$V_0 = l/t,$$

где  $l$  – расстояние между датчиками;

$t$  – время прохождения частицей расстояния между двумя датчиками.

Далее вычисляется ускорение частицы. Следует отметить, что частица ускоряется только при движении между ускоряющими трубками, а в объёме трубки движется равномерно. Так как “Блок вычисления  $V_0$  и  $a$ ” заранее настраивается на ускорение частиц с определённым отношением заряда к массе ( $Q/m$ ), то ускорение вычисляется по формуле:

$$a = \frac{U}{L} \cdot \frac{Q}{m},$$

где  $U$  – ускоряющее напряжение (разность потенциалов между двумя трубками);

$L$  – расстояние между двумя трубками;

$Q$  – заряд ускоряемой частицы;

$m$  – масса ускоряемой частицы.

Как видно из данной формулы ускорение, а следовательно, и конечная скорость (скорость с которой частица выходит и ускоряющего тракта) зависит как от ускоряющего напряжения, так и от массы и заряда частицы. Ниже на рисунке 2 приведена зависимость конечной скорости частицы от ускоряющего напряжения для различных значений  $Q/m$ .

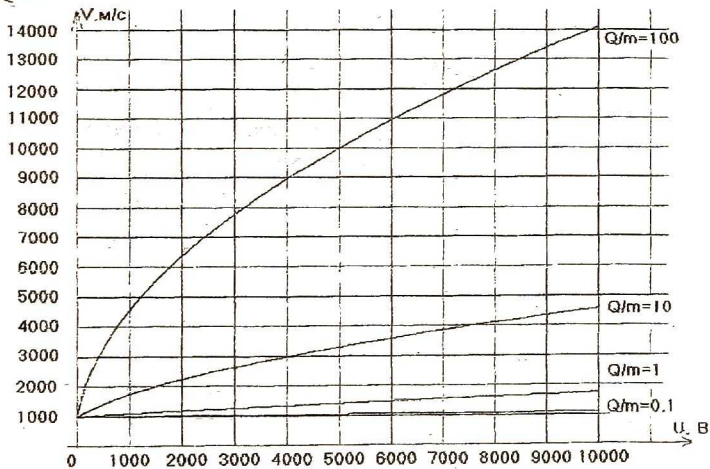


Рисунок 2 – Зависимость конечной скорости частицы от ускоряющего напряжения.



Как видно из рисунка 2, хорошо заряженную частицу можно разогнать до скоростей порядка 10-20 км/с, используя ускоряющее напряжение всего в 10 кВ.

В блоке вычисления времён вычисляются времена, в которые частица находится в начале и конце каждого ускоряющего электрода. Эти времена вычисляются следующим образом (для пояснения расчётов ниже приведён рисунок 3, на котором изображены два рядом стоящих электрода).

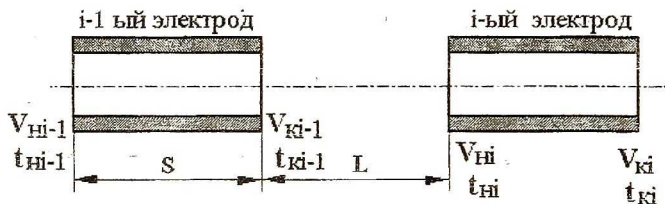


Рисунок 3 – Движение частицы в ускоряющем тракте.

Так как скорости  $V_{Hi-1}$ ,  $V_{Ki-1}$  известны (для первого ускоряющего электрода эти скорости равны  $V_0$ ), а  $t_{Hi-1}$  можно определить как отношение расстояния от второго датчика до начала первого ускоряющего электрода к начальной скорости  $V_0$ , то остальные значения вычисляются по следующим формулам:

$$t_{Ki-1} = t_{Hi-1} + \frac{s}{V_{Hi-1}}; \quad V_{Hi} = \sqrt{2 \cdot L \cdot a + V_{Ki-1}^2};$$

$$t_{Hi} = t_{Ki-1} + \frac{V_{Hi} - V_{Ki-1}}{a}; \quad t_{Ki} = t_{Hi} + \frac{s}{V_{Hi}}$$

где  $t_{Hi}$ ,  $t_{Hi-1}$  - времена нахождения частицы в начале  $i$ -ого и  $i-1$ -ого ускоряющего электрода;

$t_{Ki}$ ,  $t_{Ki-1}$  - времена нахождения частицы в конце  $i$ -ого и  $i-1$ -ого ускоряющего электрода;

$V_{Hi}$ ,  $V_{Hi-1}$  - скорости частицы при прохождении начала  $i$ -ого и  $i-1$ -ого ускоряющего электрода;

$V_{Ki}$ ,  $V_{Ki-1}$  - скорости частицы при прохождении конца  $i$ -ого и  $i-1$ -ого ускоряющего электрода.

Также в блоке вычисления времён производится перевод рассчитанных времён в число тактовых импульсов. Для высоких скоростей, когда быстродействие вычислителя становится недостаточным, возможно хранение в ПЗУ блока вычисления заранее рассчитанных времён для частиц с известными начальной скоростью и отношением заряда к массе, а также ускоряющего напряжения. Тогда по полу-

ченным из блока вычисления  $V_0$  и а происходит выбор нужного ряда времён. Конечно это требует немалых затрат памяти, но возможно применить и ОЗУ, в которое заранее из ЭВМ будут загружаться требуемые ряды времён для требуемых частиц.

В блоке сравнения времён происходит сравнение номера тактового импульса с номером импульса, пришедшего с блока вычисления времён и соответствующего нахождению частицы в конце  $i$ -ого ускоряющего электрода. Когда эти номера совпадают, то блок сравнения времён формирует поступающий на разрядники строб, по которому  $i$ -ый разрядник разряжает  $i$ -ый электрод, что создаёт ускоряющее электрическое поля между парой рядом стоящих ускоряющих электродов.

После того как частица покидает ускоряющий тракт (о чём будет свидетельствовать сигнал с последнего датчика), блок питания заряжает все ускоряющие электроды до ускоряющего напряжения и весь процесс повторяется снова.

#### *Список использованных источников*

1. Мерзлевский Л.А., Титов В.Н., Фадеенко Ю.И., Швецов Г.А. Высокоскоростное металле твёрдых тел. Физика горения и взрыва., 1987, т.23, №5, с.77-91.
2. Кмар Е.Г. Основы ускорительной техники. М.: Атомиздат, 1975.
3. Гольдин Л.Л. Физика ускорителей. М.: Наука, 1983.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ГТД**

В.В. Щёголев, В.А. Медников

Уровень техники измерения амплитуды колебаний лопаток на вращающемся роторе (тем более в эксплуатационном режиме турбин) оставляет желать лучшего: до настоящего времени используются методы получения информации, поступающей от датчиков, закрепляемых на лопатках, что требует коллекторных или беспроболочных ("по радио") способов передачи данных. Это существенно ограничивает возможности контроля режимов колебаний турбинных лопаток в эксплуатационных условиях.

Соответственно, целью проводимых исследований и разработок стало создание системы, способной контролировать амплитуду колебаний каждой турбинной лопатки бесконтактным способом (не прибегая к уста-