



УДК 535.17

А.П. Толстопят, В.И. Елисеев, В.В. Давидсон, Л.А. Флеер, Е.Н. Волкова

Днепропетровский национальный университет, Украина,
49010, Украина, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72, E-mail: ruzov1973@bk.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ

Рассмотрено применение цифровой видеокамеры SANYO VPC-HD 1000 для определения скоростей частиц движущихся в потоке газа. Показано, что положение видеокамеры в пространстве следует согласовать с исследуемым объектом.

ПОЛОЖЕНИЕ ВИДЕОКАМЕРЫ, СТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА, СКОРОСТЬ ЧАСТИЦ, ДЛИНА ТРЕКА, НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Одна из задач химической технологии – определение скоростей компонентов технологической среды в различных схемах аппаратного обеспечения процесса.

Наиболее прост и отработан метод измерения скорости дисперсных частиц по длине их треков в кадре фото - или киносъемки полученном, с известной выдержкой (временем экспозиции).

Однако классическая фотокамера не имеет ничего общего с современными цифровыми аппаратами. В последних нет прямой оптической передачи изображения на фоточувствительный материал (плёнку).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Используемая нами в работе видеокамера (ВК) позволяет устанавливать выдержки при видеосъемке до 1/1000 с и частоту кадров – до 1/60 кадр/с, при этом погрешность указанных динамических параметров, заявленная в технических характеристиках, не превышает 0,1 %.

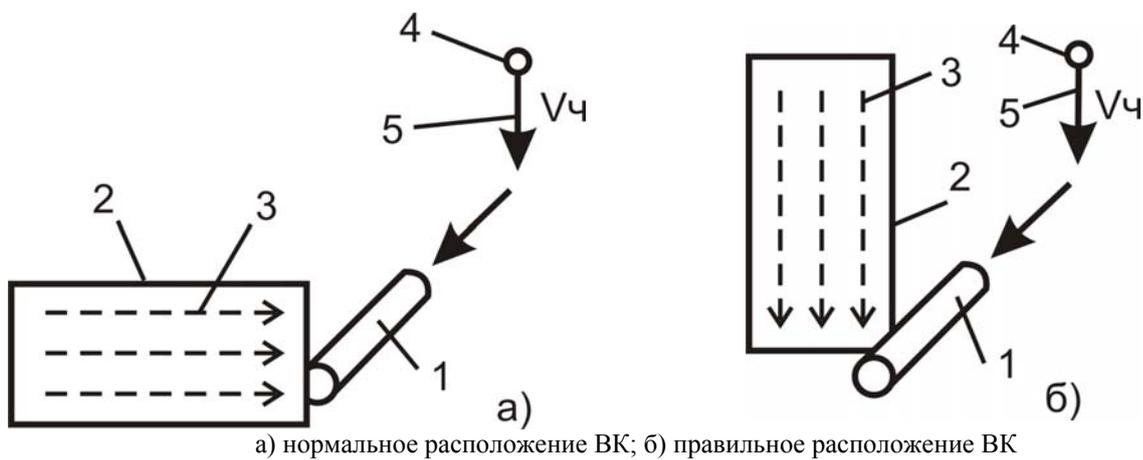
При использовании ВК для измерения скорости частиц по длине рассматриваемого трека установлено, что получаемый результат зависит от того, как по отношению к направлению движения частиц ориентирована ВК (рис. 1). Выяснилось, что ключевым фактором в этой комбинации является положение монитора по отношению направлению движения частицы.

Во-первых, плоскость монитора должна располагаться параллельно направлению движения частицы.

Во-вторых, монитор, при этом, должен быть ориентирован так, чтобы большая сторона прямоугольника монитора была ориентирована параллельно направлению движения частицы.

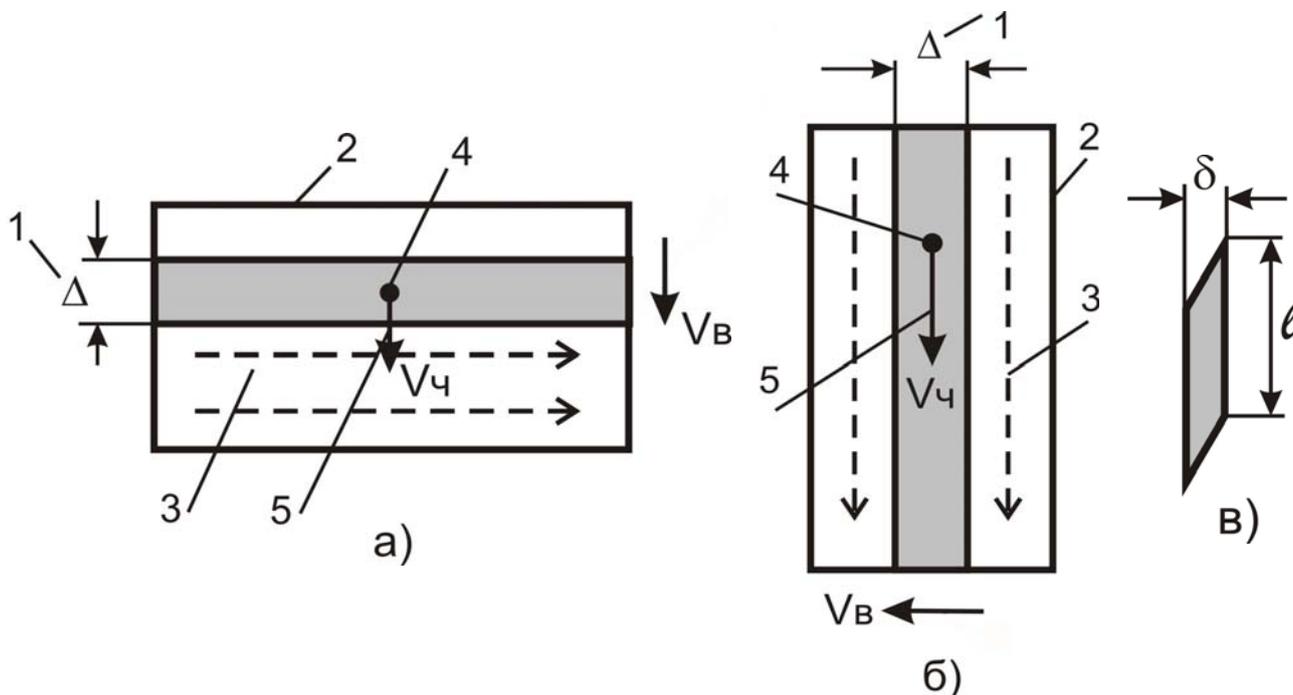
На рис. 2 дана схема регистрации частицы монитором. Здесь же показана величина выдержки Δ – целевой зазор, перемещающийся по монитору в направлении 5 со скоростью V_5 . Из рисунка 2а видно, что, например, при совпадении величин V_4 и V_5 величина трека будет сколь угодно велика. Если частичка попадет в область регистрации при верхнем положении зазора Δ , на мониторе, длина трека частицы займет все поперечное сечение монитора.

В случае схемы положения монитора согласно рис. 2б частица экспонируется на экране монитора и в электронной памяти только в соответствии с величиной выдержки Δ .



а) нормальное расположение ВК; б) правильное расположение ВК

Рис. 1. Взаимное расположение движущегося регистрируемого объекта и ВК: 1 – объектив; 2 – монитор; 3 – строчная развертка изображения; 4 – движущейся регистрируемый объект; 5 – направление движения объекта



а) нормальное расположение ВК; б) правильное расположение ВК; в) трек частицы

Рис. 2. Схема регистрации объекта монитором: 1 – Δ величина выдержки установленной на ВК; 2 – монитор; 3 – строчная развертка; 4 – частица, $V_{ч}$ – направление движения частицы; 5 – направление перемещения «зазора» выдержки

Скорость записи (скорость движения электронных лучей по экрану – скорость строчной развертки) 3 достигает при этом $3 \cdot 10^5$ м/с [1]. Если принять погрешность регистрации скорости $V_{ч} < 0,1\%$, то собственно величина $V_{ч}$ ограничится значением 300 м/с, что для исследования потоков газ – твердые частицы вполне приемлемо.

На рис. 2в показан трек регистрируемой частицы при установке ВК по схеме рис. 1б (2б).

Поскольку частица имеет некоторый физический размер (диаметр) существенно превышающий размер луча развертки, то за время находящееся в поле выдержки Δ она смещается по направлению 5 (рис. 2б) и за время выдержки несколько раз сканируются лучом строчной развертки. В результате этого концы треков заострены и тем больше чем выше скорость регистрируемой частицы.

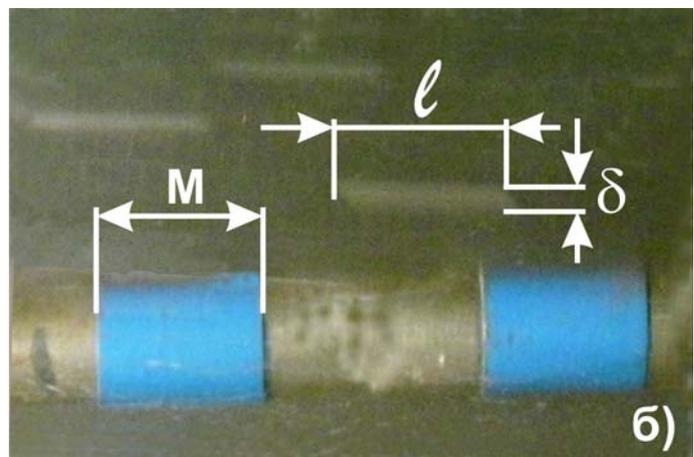
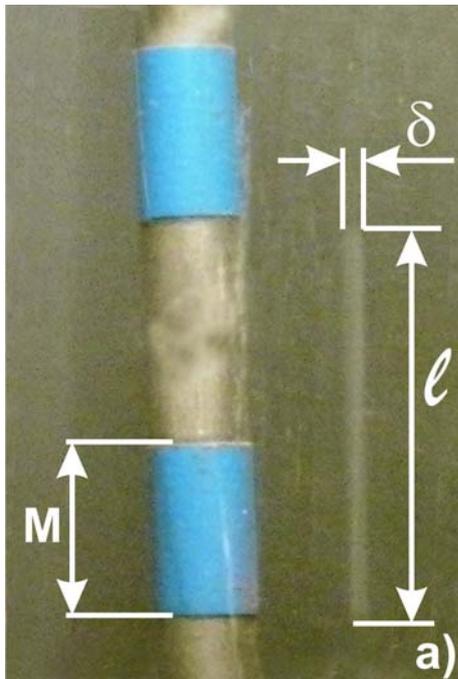
В соответствии с изложенной схемой регистрации величина скорости частиц определяется по формуле

$$V_{\text{ч}} = \frac{\ell - \delta}{M \cdot \Delta},$$

где ℓ – длина трека (мм); δ – характерный размер частицы (мм); Δ – величина выдержки (с); M – величина масштаба объекта (мм/мм).

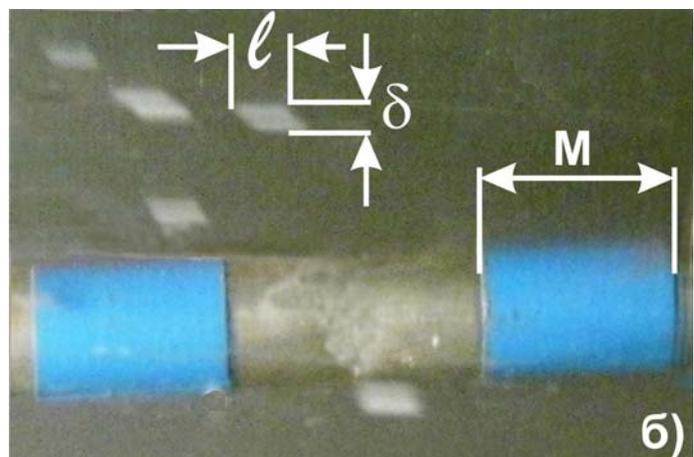
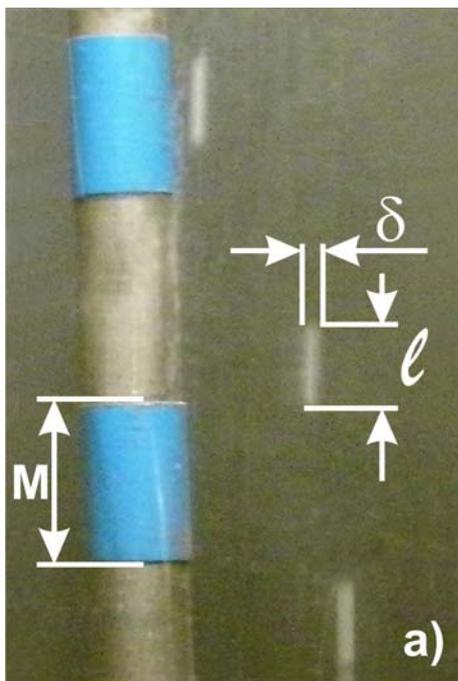
На рисунках 3, 4 показаны первичные экспериментальные материалы, полученные при определении скорости свободно падающих частиц магния.

Указанные выше регистрируемые параметры приведены на фотографиях.



а) нормальное расположение ВК; б) правильное расположение ВК

Рис. 3. Фотографии частиц магния $\Delta = 1/250$ с



а) нормальное расположение ВК; б) правильное расположение ВК

Рис. 4. – Фотографии частиц магния $\Delta = 1/1000$ с

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные цифровые видеокамеры могут быть успешно использованы для диагностики динамических параметров двухфазных потоков. Погрешность регистрации скорости твердых частиц при $V \leq 300$ м/с не превосходит 0,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовик А.С. Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов.— М.: 1964.

A.P. Tolstopyat, V.I. Yeliseyev, V.V. Davidson, L.A. Fleyer, E.N. Volkova

*Dnepropetrovsk national university, Ukraine,
49010, Ukraine, Dnepropetrovsk, Gagarin av., 72, E-mail: ruzov1973@bk.ru*

MOVING PARTICLES VELOCITY EVALUATION BY CAMCORDER

The paper deals with using digital camcorder SANYO VPC-HD 1000 for evaluation velocities of particles moving in gas stream. It was shown that camera position in the space should be adjusted to the subject of research.

CAMCORDER POSITION, HORIZONTAL SCANNING, PARTICLES VELOCITY, TRACK LENGTH, MOVING DIRECTION