

УДК 538.521

СПОСОБ ЗАПУСКА РЕГИСТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ И ИЗМЕРИТЕЛЬ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ МЕТАЕМОГО ОБЪЕКТА

© Сергей Иванович Герасимов^{1,2,3,4}, Римма Валериановна Герасимова²,
Владимир Иванович Ерофеев⁴, Алексей Викторович Зубанков^{1,2},
Иван Игоревич Каньгин^{1,2}, Василий Андреевич Кикеев^{3,4},
Ирина Александровна Одзериho^{1,2}, Борис Александрович Яненко¹

¹ Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, Саров, Россия

² Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия

³ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева, Россия

⁴ Институт проблем машиностроения РАН, Нижний Новгород, Россия
s.i.gerasimov@mail.ru

Аннотация. Большинство аэродинамических и газодинамических исследований движения тел в атмосфере осуществляется с помощью аэродинамических и ударных труб, исходя из принципа относительного движения, когда решается обратная задача динамики – испытываемая модель фиксирована (или ограничена по степени свободы движения), а разгоняется газ в трубе до необходимой скорости. Моделирование движения тела на большой скорости в аэродинамической трубе затруднительно по соответствию динамическим требованиям по числу Рейнольдса, из-за быстрого расширения и охлаждения рабочего газа внутри сборки сопла. Поэтому в работе используется легкогазовая пушка, обеспечивающая гиперзвуковую скорость ударнику с фиксацией его параметров движения до соударения с мишенью. Оборудование для визуализации объекта на траектории, как правило, состоит из теневой или шлирен устройств, позволяющих зарегистрировать положение ударника, используя параллельные или расходящиеся лучи. Эти устройства обычно устанавливают вдоль испытательной трассы парами (для получения рабочих проекций) и равномерно распределены по длине измерительного участка. Лучи (расходящиеся пучки) для каждой из пар устройств направлены под прямым углом друг к другу и к траектории ударника (оси испытательной трассы). Разработанная методика запуска системы записи и измерения средней скорости метана объекта, предназначенного для бесконтактной регистрации времени полета объекта метания замок разделов (манометра), измерения времени полета и сигнала начала записи оптического и рентгеновского оборудования с задержкой времени (повторение), в зависимости от времени пролета базы измерения (фактической скорости полета объекта метания). Разработан способ запуска регистрирующих систем и измеритель средней скорости метаемого объекта, предназначенные для бесконтактной регистрации момента пролета метаемого объекта фиксирующих сечений (измерительной базы), с измерением времени пролета и формирования сигнала запуска регистрирующей оптико-рентгеновской аппаратуры с задержкой по времени (повторением) в зависимости от времени пролета мерной базы (фактической скорости полета метаемого объекта).

В основе способа заложен принцип формирования запускающих сигналов (прямоугольных импульсов положительной полярности) для запуска регистрирующей аппаратуры с синхронизацией запуска по пути в заданной координате и измерение скорости метаемого объекта, в момент пролета его через измерительное сечение. Приведены способ запуска регистрирующих систем и результаты, полученные в результате проведения экспериментов.

Ключевые слова: испытания, легкогазовая пушка, регистрирующая оптико-рентгеновская аппаратура, синхронизация запуска, бесконтактный время-пролетный измеритель скорости, формирователь сигнала.

METHOD FOR RUNNING THE RECORDING SYSTEMS AND MEASURING THE AVERAGE VELOCITY OF THE THROWING OBJECT

© S.I. Gerasimov^{1,2,3,4}, R.V. Gerasimova², V.I. Erofeev⁴, A.V. Zubankov^{1,2}, I.I. Kanygin^{1,2}, V.A. Kikeev^{3,4}, I.A. Odzerikho^{1,2}, B.A. Janenko¹

¹ Sarov Physical-Technical Institute—branch NRSU “MIPHY”, Sarov, Russia

² Russian Federal Nuclear Center – Russian Scientific-Research Institute, Sarov, Russia

³ R.E. Alekseev Nizhny Novgorod Technical University, Nizhny Novgorod, Russia

⁴ Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Science, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Most of aerodynamic and gasdynamic investigations of motion of bodies through the atmosphere are carried out with the help of wind tunnels and shock tubes, basing on the motion relatively principle, they solve the inverse problem of dynamics – fix a model under study (or restrict the freedom degree of its motion) and accelerate gas in a tunnel or in a tube up to a velocity needed. The simulation of body motion at a high velocity in a wind tunnel is coupled with a difficulty to meet the similarity requirements according to Reynolds number since strong expansion and cooling of the working gas inside nozzle assemblies. Thus, in the work a light-gas gun is used for proving hypersonic velocity for projectile with registration its positions in time before collision with a target. Visualization equipment of a ballistic range for the trajectory registration usually consists of shadow or schlieren devices allowing registering the projectile positions using parallel or divergent beams. Those devices are usually installed along test chamber by pairs (to take the working field projections) and evenly distributed over the chamber length. The beams (or their central rays if one use divergent beams) in each of the device pairs are directed at right angles to each other and to the projectile trajectory (the test chamber axis). The developed method run recording systems and measuring the average velocity of the methane facility intended for contactless registration of time of flight of the throwing object locking sections (gauge), measuring the time of flight and signal start the recording optical-x-ray equipment with a time delay (repetition), depending on time-of-flight measuring base (the actual velocity of flight of the throwing object).

The basis of the method the principle of the formation of the triggering signals (rectangular pulses of positive polarity) to run the recording system, the synchronization start on the way to the end point and measure the velocity of throwing the object at the time of its passage through the measuring section. Given the way one runs registered systems and the results obtained through the experiments.

Keywords: testing, light-gas ballistic gun, registered optical-x-ray equipment, synchronization start, contactless time-of-flight velocimeter, signal generator

Введение

Одной из важнейших проблем проведения динамических испытаний является организация высокоточных систем хронографирования [1] для определения скорости метаемого объекта (МО) время - пролетным способом и регистрации МО на участке свободного полета, особенно высокоскоростного полета. Время – пролетный способ определения скорости и регистрация МО на траектории предусматривают необходимость фиксации по времени местоположения МО. Для этих целей используются, например, датчики контактного типа, а формирование синхронизирующего сигнала для регистрирующей аппаратуры производится по времени с учетом прогнозируемой скорости. При низкоскоростных испытаниях эта аппаратура работает достаточно успешно, но при больших скоростях метания возникают затруднения [2]. Использование датчиков контактного типа приводит к разрушению и отклонению МО от заданной траектории, а рассинхронизация по времени – к потере информации. Отсутствие информации о МО на траектории не позволяет сделать надежных выводов о причинах аварий.

1. Теоретическая часть

Рассмотрим бесконтактный время - пролетный измеритель скорости МО при пулеосколочных испытаниях.

На рис. 1 показан способ запуска регистрирующих систем. В основе способа заложен принцип формирования запускающих сигналов (прямоугольных импульсов положительной полярности) для запуска регистрирующей аппаратуры с синхронизацией запуска по пути в заданной координате и измерение скорости МО, в момент пролета его через измерительное сечение (ИС).

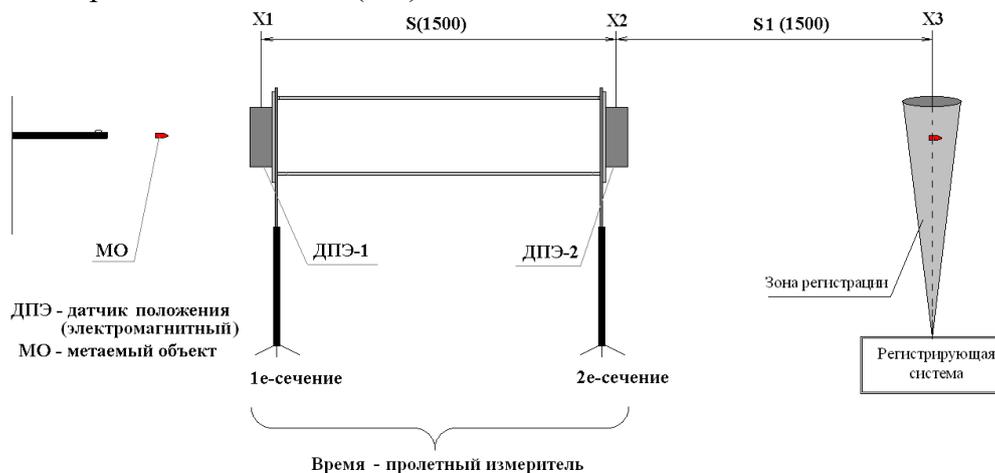


Рис. 1. Способ запуска регистрирующих систем

Датчик ДПЭ-1 (датчик положения электромагнитный) устанавливался первым (первое ИС), а датчик ДПЭ-2 вторым (второе ИС) по направлению движения МО на измерительном участке. Фрагмент ИС с установленным датчиком ДПЭ-1 приведен на рис. 2.

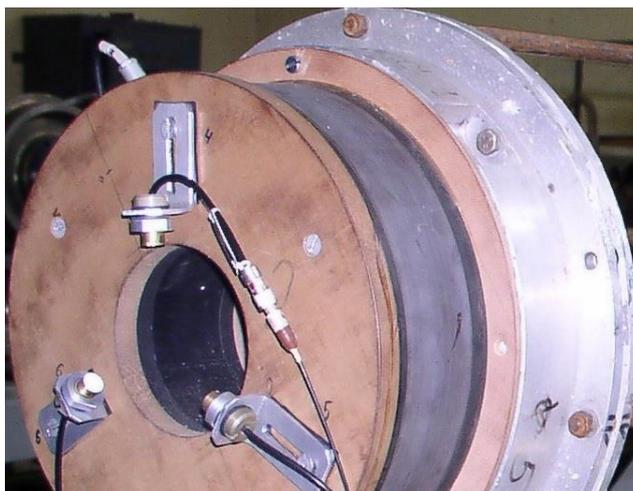


Рис. 2. Фрагмент ИС с датчиком ДПЭ-1

Время заполнения и считывание информации из счетчика адреса, входящего в состав время - пролетного измерителя скорости (ВПИС), производится с одинаковой частотой, с фиксацией временного интервала, равного сумме Δt_1 (время заполнения счетчика адреса) и Δt_2 (время считывания из счетчика адреса) и выдачи в этот момент исполнительного сигнала на запуск регистрирующей аппаратуры.

Учитывая ответственность факта запуска регистрирующей аппаратуры, синхронизацию исполнения команды на запуск регистрирующей аппаратуры и повышенные требования к измерению скорости полета МО, в ВПИС предусмотрена схема блокировки выходных каскадов.

Структурная схема ВПИС с синхронизацией регистрирующей аппаратуры [2] при пулеосколочных испытаниях представлена на рис. 3.

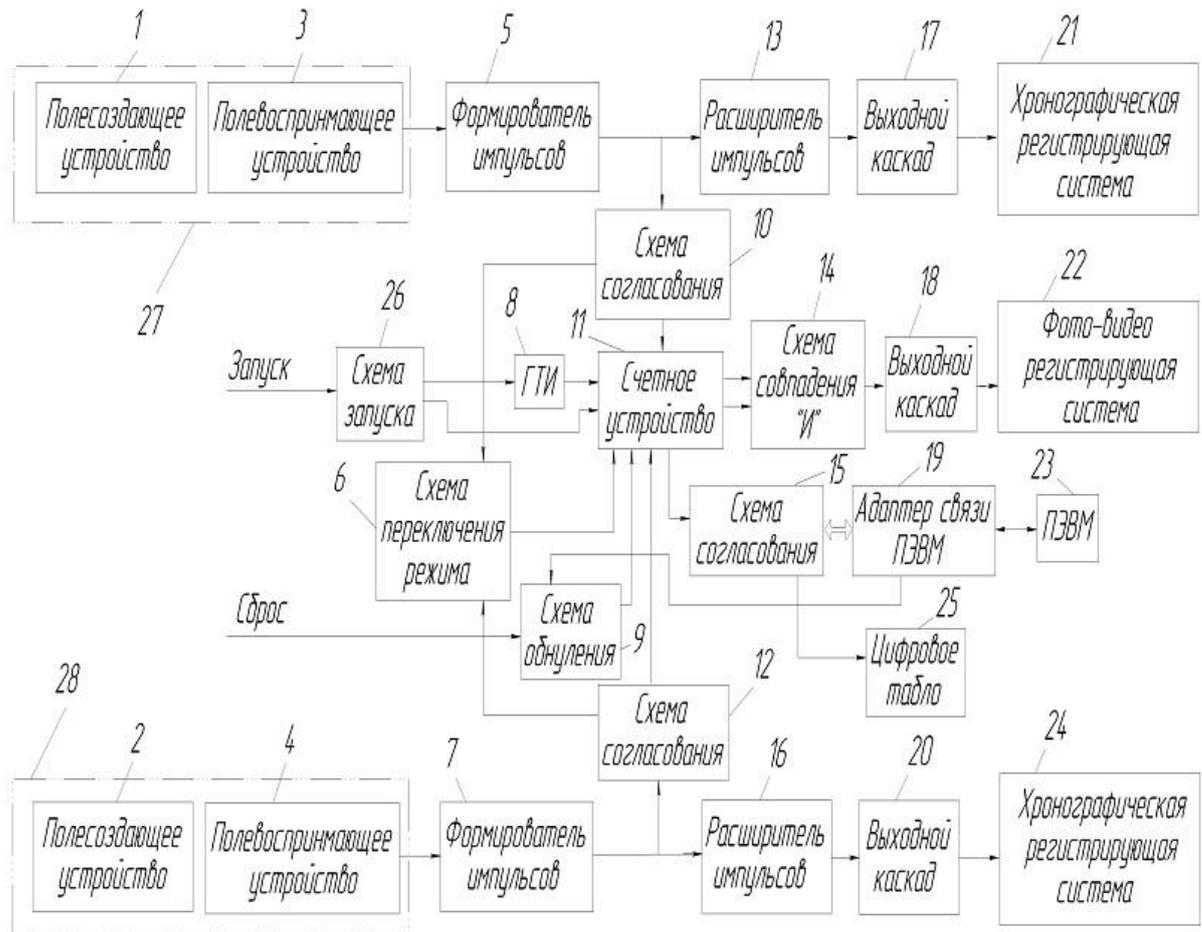


Рис. 3. Структурная схема ВПИС

Схема ВПИС состоит из счетного устройства (11), трех схем согласования (10, 12, 15), двух формирователей (5, 7), схемы переключения режима (6), генератора тактовых импульсов «ГТИ» (8), схемы обнуления (9), схемы совпадения «И» (14), двух идентичных расширителей импульсов (13, 16), трех выходных каскадов (17, 18, 20), адаптера связи с ПЭВМ (19), дисплея (25), ПЭВМ (23). Также в состав входят два полевоспринимающих устройства (3, 4), схемы запуска (26) и регистрирующие системы (21, 22, 24).

При пролете МО мимо первого ИС вырабатывается сигнал с полевоспринимающего устройства (3) и поступает на формирователь (5). Формирователь преобразовывает полученный сигнал в импульс прямоугольной формы ТТЛ уровня. Далее этот сигнал поступает в схему расширения импульсов (13) и в схему согласования (10). Схема расширения импульсов (13) увеличивает длительность импульса до значения необходимого для запуска регистрирующих систем. Далее этот импульс поступает на выходной каскад (17), функцией которого является увеличение мощности запускающего сигнала, требуемого для надежного запуска регистрирующих систем. Одновременно с этим, сигнал через схему согласования поступает в счетное устройство (11). Второе ИС работает аналогично первому.

При пролете МО мимо второго ИС вырабатывается сигнал с полевоспринимающего устройства (4) и поступает на формирователь (7). Формирователь преобразовывает полученный сигнал в импульс прямоугольной формы ТТЛ уровня. Далее этот сигнал поступает в схему расширения импульсов (16) и в схему согласования (12). Со схемы расширения импульсов сигнал поступает на выходной каскад (20). Одновременно с этим, сигнал через схему согласования (12) поступает на счетное устройство (11).

Счетное устройство (11) тактируется генератором импульсов «ГТИ» (8) с частотой 4 МГц. При поступлении сигнала с полевоспринимающего устройства (3) первого ИС через схему согласования (10), сигнал поступает на вход счетного устройства (11) и схему устройства переключения режима (6). Схема переключения режима (6) вырабатывает при этом сигнал начала записи. Поступление сигнала с полевоспринимающего устройства (3) соответствует времени (t_1). Далее «ГТИ» (8) начинает заполнять ячейки памяти счетного устройства (11) до момента прихода сигнала с полевоспринимающего устройства (4) через схему согласования (12). Поступление сигнала с полевоспринимающего устройства (4) соответствует времени (t_2). Сигнал со схемы согласования (12) поступает на схему переключения режима (6). Этот сигнал останавливает заполнение ячеек памяти, и схема переключения режима (6) переводит счетное устройство в режим считывания. При считывании информации из ячеек памяти счетного устройства (11) вырабатывается управляющий импульс, соответствующий времени прихода сигнала (t_2) с полевоспринимающего устройства (4) второго ИС, который поступает на первый вход схемы совпадения «И» (14). Далее при считывании информации из ячеек памяти счетного устройства (11) вырабатывается второй управляющий импульс, соответствующий времени прихода сигнала (t_1) с полевоспринимающего устройства (3) первого ИС и поступает на второй вход схемы совпадения «И» (14). С приходом сигнала на второй вход схемы совпадения «И» (14), схема вырабатывает управляющий импульс, по временной шкале равный $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2$, который через схему выходного каскада (18) запускает регистрирующие системы. Это необходимо для обеспечения запуска систем фото-видео регистрации, а также систем рентгенографирования. После этого счетное устройство (11) переходит в режим хранения информации. Схема согласования (15) преобразует сигналы счетного устройства (11) и адаптера связи ПЭВМ (19). Адаптер связи ПЭВМ (19) осуществляет считывание информации из ячеек памяти счетного устройства (19) в ПЭВМ, с возможностью редактирования с помощью прикладных программ.

Схема обнуления (9) в ВПИС осуществляет обнуление (сброс) всех ячеек памяти как при использовании ПЭВМ, с помощью прикладных программ, так и в ручном режиме, при подготовке ВПИС к регистрации. Ручной режим применяется при проведении подготовительных операциях непосредственно перед началом регистрации.

Схема запуска (26) обеспечивает одновременно блокировку счетного устройства (11) и генератора тактовых импульсов «ГТИ» (8) от несанкционированного начала записи информации, а также синхронизирует работу этих устройств. Тем самым обеспечивается синхронизация запуска по пути в единой временной шкале ВПИС и регистрирующей аппаратуры.

2. Результаты экспериментов

В серии испытаний на баллистических установках подтверждена работоспособность разработанных ИС и устройств, преобразующих сигналы с электромагнитных датчиков в нормированные импульсы, предназначенные для управления системами внешнетраекторного хронографирования параметров МО на участках свободного полета при скоростях метания МО до 7000 м/с для изучения ударно-волновых процессов, возникающих при соударениях [3,4].

В качестве метаемой установки использовалась легкогазовая пушка. При проведении испытаний использовались алюминиевые МО в виде полнотелых сфер диаметром 6,3 мм.

Регистрация сигналов напряжения с датчиков ДПЭ-1 и ДПЭ-2 (зависимости $U(t)$) осуществлялась с помощью устройства преобразования информации СУПИ73, выполняющего преобразование аналоговых сигналов напряжения в одиннадцати-

разрядный двоичный код с запоминанием информации во внутренней запоминающей энергонезависимой памяти).

Информация была подвергнута первичной обработке, в результате которой были получены зависимости $U(t)$ сигналов с датчиков ДПЭ.

Определение моментов времени $t_{ЭД-1}$, $t_{ЭД-2}$ проиллюстрировано на осциллограмме зависимости электрических сигналов $U(t)$ с датчиков ДПЭ-1, ДПЭ-2 (рис. 4). За моменты времени $t_{ЭД-1}$, $t_{ЭД-2}$ приняты характерные точки А1, А2 - моменты пересечения положительной полуволны электрического сигнала датчиков ДПЭ-1, ДПЭ-2 нулевого значения напряжения (нулевой линии).

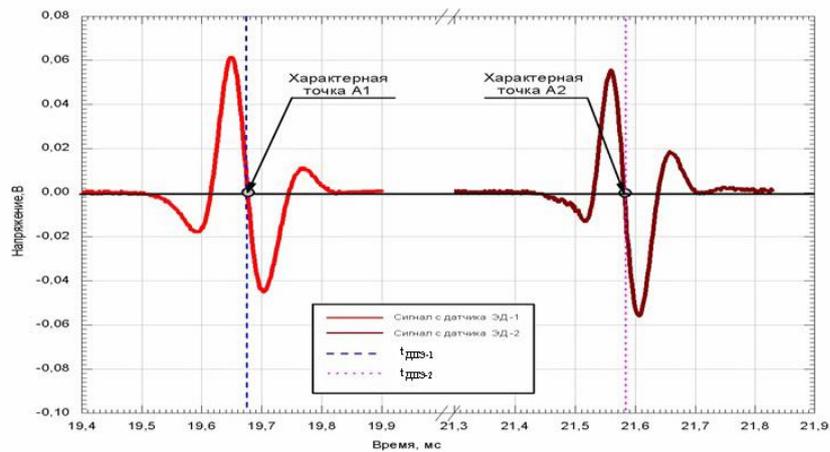


Рис. 4. Зависимости электрических сигналов $U(t)$ с датчиков ДПЭ-1, ДПЭ-2

На рис. 5 представлена типовая зависимость сигналов с блока формирования сигналов (БФС) от времени, где ЭД1 – сигнал с электромагнитного датчика; ФСЭД – сигнал с формирователя сигнала электромагнитного датчика

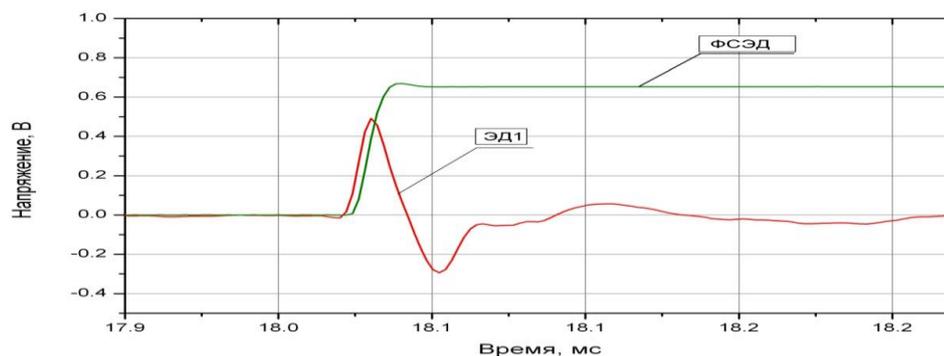


Рис. 5. Графики типовых зависимостей сигналов с БФС от времени

На рис. 6 представлены рентгеновские снимки МО, где МО – полнотелый сферический объект диаметром $d=6.35$ мм и массой $m=0.4$ г, $V_{МО} = 5600$ м/с. Запуск рентгеновского аппарата (РА) осуществлен от ФСЭД.

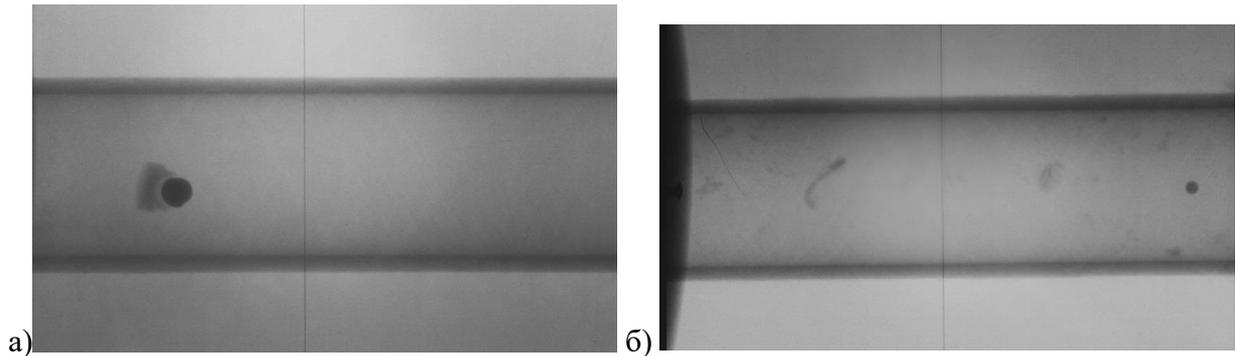


Рис. 6. Рентгеновские снимки МО:

а) МО летит с еще не отделившимся поддоном, б) МО впереди сопутствующих осколков, слева виден силуэт первого ИС.

Заключение

Создан время - пролетный измеритель средней скорости МО при испытаниях на баллистических установках. В ходе проведенных испытаний отработана конструкция ВПИС и методика обеспечения запуска регистрирующих систем и измерения средней скорости МО. Результаты, полученные в процессе экспериментальных исследований, продемонстрировали надежное функционирование ВПИС и запуск измерительных систем бесконтактным способом.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ, проект 16-38-60125 мол_а_дк "Разработка методов повышения точности определения аэродинамических характеристик и внешнетракторных данных в аэробаллистических экспериментах".

Список литературы

1. Ганичев А.Н., Герасимов С.И., Герасимова Р.В., Ерофеев В.И., Каныгин И.И., Кудрявцева Т.В., Львова Е.А., Турусов М.Р., Яшкова Т.Н. Оптико-фотоэлектронная регистрация в газодинамическом эксперименте // Вестник научно-технического развития. 2015. №11(99). С.29-37.
2. Бутова С.В., Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Камчатный В.Г. Устойчивость движения высокоскоростных объектов по направляющим ракетного трека // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2015. № 1. С.3-8
3. Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Солдатов И.Н. Волновые процессы в сплошных средах. Саратов: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2012. 260 с.
4. Герасимов С.И., Ерофеев В.И. Задачи волновой динамики элементов конструкций. Саратов: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2015. 254 с.

Дата поступления статьи: 17 февраля 2017 года.