

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ PDV (PHOTON DOPPLER VELOCIMETER) ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ УДАРНО-ВОЛНОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Банников Михаил Владимирович, Ляпунова Елена Аркадьевна

Институт Механики Сплошных Сред УрО РАН
E-mail: mbannikov@icmm.ru

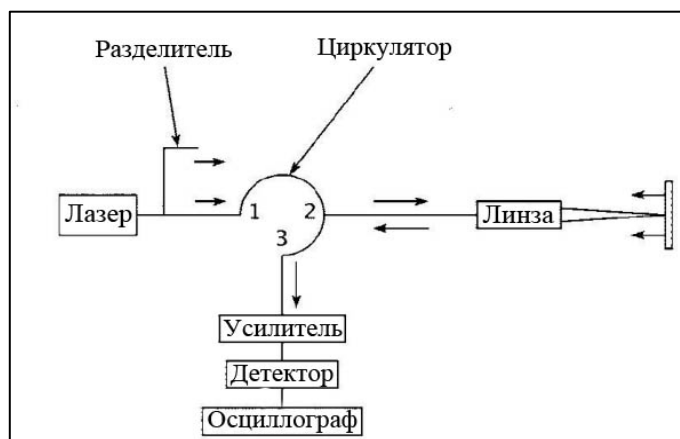
Цель проекта

Целью работы является разработка и создание лазерного доплеровского измерителя скорости PDV, позволяющего с высоким временным и пространственным разрешением определять характеристики быстропротекающих процессов и исследовать физико-механические свойства материалов на основе ударно-волнового эксперимента с использованием нового прибора.

Лазерные доплеровские измерители скорости.

Применение лазеров для измерений скорости вещества в экспериментах с ударными волнами основано на использовании эффекта Доплера [1]. Так как при скорости движения отражающей поверхности ~ 100 — 1000 м/с эффект весьма мал (сдвиг длины волны излучения составляет ~ 1 — 10λ), то для его фиксации используются двулучевые или многолучевые интерферометры. При этом измерения принимают дифференциальный характер, что существенно повышает их точность. Высокое пространственное разрешение лазерных методов обеспечивается тем, что зондирующее излучение лазера фокусируется на исследуемом образце в пятно диаметром $\sim 0,1$ мм.

Принцип действия PDV: сигнал, идущий от лазера, отражается от движущейся поверхности исследуемого образца и интерферирует с сигналом падающего света. Под действием эффекта Доплера формируются биения частоты. Эти биения пропорциональны скорости движущейся поверхности, и их обработка на высокоточном осциллографе позволяет получить временную развертку скорости свободной поверхности.



Скорость свободной поверхности $v(t)$ вычисляется из формулы:

$$f_b(t) = 2 \left[\frac{v(t)}{c} \right] f_0, \quad (1)$$

где $f_b(t)$ частота биений, c – скорость света, f_0 – частота излучения лазера.

Этот метод был разработан сотрудниками Ливерморской Национальной Лаборатории (США) в 2000 году, однако он является объектом двойного назначения и его поставки в нашу страну запрещены. Целью работы является разработка и создание лазерного доплеровского измерителя скорости PDV на основе отечественных компонентов, позволяющего с высоким временным и пространственным разрешением определять характеристики быстропротекающих процессов, и исследование физико-механических и структурных свойств материалов на основе ударно-волнового эксперимента с использованием нового прибора.

Результаты работы.

На основе разработанной принципиальной схемы выполнена рабочая система регистрации скорости свободной поверхности PDV и проведены ее испытания.

Перед исследователями стояла задача смоделировать известный сигнал и подать его на детектор испытываемой установки для его дальнейшей регистрации и расшифровки. В рамках выполнения инновационного проекта выполнены теоретические и экспериментальные испытания разрабатываемой системы.

Теоретические испытания для проверки работы программного обеспечения – т.е. обратная задача для PDV, когда известную скорость свободной поверхности преобразовали в безразмерную величину, идентичную получаемым данным с экспериментальной установки. После этого решается прямая задача по расшифровке сигнала.

Экспериментальные испытания установки – для проверки дееспособности оптической системы. Лазерный луч системы PDV наводится и калибруется на образец-модулятор колебаний, с которого считывается информация о скорости свободной поверхности.

Рассмотрен ряд сигналов в теоретических испытаниях – синусоидальный, пилообразный, импульсный и синусоидальный сигнал для экспериментальной апробации.

Прибор и программное обеспечение удовлетворили поставленным на данный момент целям работы и готовы к испытаниям при реальных условиях, а именно ударно-волновом эксперименте.

Перспективой дальнейшей работы является оптимизация вычислительного кода программного обеспечения, что ускорит работу программы, оптимизация размеров оптической установки вследствие использования менее габаритных компонентов, что позволит сделать прибор портативным, а также упростит работу по его настройке и калибровке.