

Продовжені дослідження газодинамічних процесів у внутрішніх каналах, з використанням оптичної візуалізації. Отримані картини візуалізації перебігу в каналах плоскої прозорої моделі приладів з багатократним розширенням потоку в імпульсному режимі і проведена їх покадрова цифрова обробка. Провізуалізовані траєкторії розльоту частин діафрагми. Результати випробувань можуть бути використані при експериментальних дослідженнях обтікання виробів газами в різних умовах

Ключові слова: візуалізація, імпульсні процеси, плоска прозора модель, поляризаційний інтерферометр, розривна діафрагма

Продолжены исследования газодинамических процессов во внутренних каналах, с использованием оптической визуализации. Получены визуализационные картины течения в каналах плоской прозрачной модели приборов с многократным расширением потока в импульсном режиме и проведена их покадровая цифровая обработка. Провизуализированы траектории разлета частей диафрагмы. Результаты испытаний могут быть использованы при экспериментальных исследованиях обтекания изделий газами в различных условиях

Ключевые слова: визуализация, импульсные процессы, плоская прозрачная модель, поляризационный интерферометр, разрывная диафрагма

ВИЗУАЛИЗАЦІЯ РАЗРЫВА ДИАФРАГМЫ В ПОЛОСТИ ПРОЗРАЧНОЙ МОДЕЛИ

А.Д. Чаплиц

Кандидат технических наук
Отдел термогазодинамики
Институт технической механики
НАН и НКА Украины
ул. Лешко-Попеля, 15,
г. Днепропетровск, Украина, 49600
Контактный тел.: (0562) 68-62-04,
E-mail: a-chaplits@mail.ru

1. Введение

Трехмерное течение газа внутри каналов, ограниченных твердыми стенками с поверхностями сложных форм имеет чрезвычайно сложный характер. При их математическом описании приходится сталкиваться с все более сложными способами задания граничных условий, адекватно описывающих условия течения [1].

Именно поэтому актуальными являются исследование модельных течений, в которых влияние одного или нескольких параметров отделено от влияния остальных. Изучение таких течений на основе экспериментальных (в том числе визуализационных, интерферометрических) методов, позволяет выделить характерные стороны явления и способствовать пониманию закономерностей реальных многопараметрических процессов. При этом отдельной проблемой является визуализация газовых потоков в труднодоступных замкнутых полостях [2-4].

Импульсные ударные установки — один из возможных вариантов моделирования аэрогидродинамических явлений в каналах в широком диапазоне чисел Маха и чисел Рейнольдса. В ИТМ НАНУ и НКАУ создана импульсная ударная экспериментальная установка для изучения процессов в расширительных камерах и определения эффективности приборов снижения уровня звука выстрела (ПСУЗВ) и их моделей [5].

В литературе практически нет информации о визуализации высокого качества газовых потоков в каналах приборов снижения звука выстрела стрелкового оружия (ПСУЗВ) при их функционировании. Не

описаны ударные эксперименты на «холодном воздухе». Экспериментаторы ограничиваются наблюдением процессов непосредственно за срезом оружейного ствола или ПСУЗВ [6]. Настоящая работа является продолжением исследований, описанных в [3].

Конструкция плоской прозрачной модели ПСУЗВ подробно описана в [5, 7]. Модель была дооснащена форкамерой с разрывными диафрагмами из полимеров.

2. Основная часть

Испытания проводились на рабочем месте испытательного стенда ИК ГДУ, оснащенного теневым прибором ИАБ-451 и поляризационным интерферометром [3]. Схема испытательного стенда показана на рис. 1, где: 1 — модель ПСУЗВ; 2 — узел стыковки; 3 — форкамера; 4 — подводящий трубопровод; 5 — баллоны высокого давления; 6 — разрывная диафрагма и узел ее крепления; 7 — отсечной клапан; 8 — редуктор давления; 9 — запорный вентиль; 10 — манометры; 11 датчики давления; 12- микрофоны; 13- поляризационный интерферометр на базе ИАБ-451.

На установке (рис. 1) (в составе стенда ИК ГДУ) были проведены продувки «холодным воздухом» в ударном режиме плоской модели ПСУЗВ с целью визуализации течений в элементах ее внутренних каналов и определения характеристик шумоглушения.

Установка работает следующим образом. Предварительно воздух при рабочем давлении P подавался из баллонов высокого давления 5 в подводящий трубо-

провод 4, снабженный манометром 10 с датчиками 11. Давление регулировалось редуктором 8, находящимся за вентилем 9.

Для исследования и оценки эффективности модели ПСУЗВ на ее вход 2 подают импульсные порции воздуха. Для этого открывают вентиль 9 и клапан 7, редуктором давления 8 задают требуемое значение давления в трубопроводе 4. Далее с помощью редуктора 8, повышая давление в патрубке, добиваются разрушения диафрагмы, напряжения, в материале которой превысят предел его прочности.

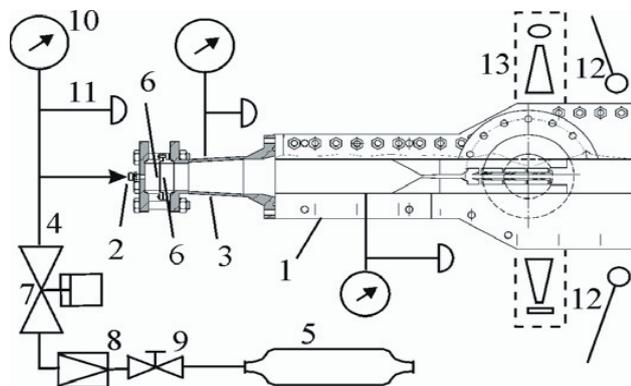


Рис. 1. Схема испытания плоской модели ПСУЗВ на ударной установке

При наличии соответствующего перепада давления на диафрагме 6, после ее разрушения поток газа будет распространяться по патрубку 3. Импульс давления будет служить источником звука, регистрируемым микрофонами 12 (рис. 1).

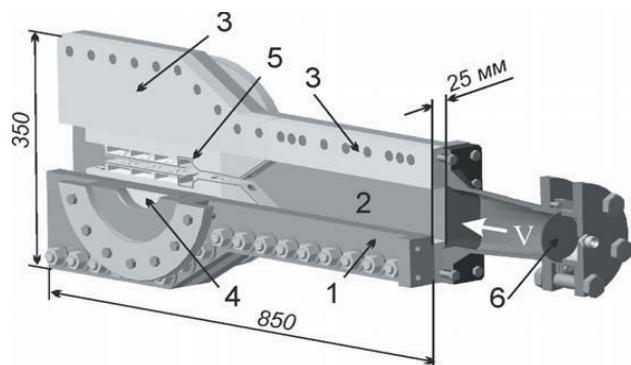


Рис. 2. Схема экспериментальной установки "Плоская модель ПСУЗВ"

Плоская модель в плане показана на рис. 2. Конструктивные особенности, сборка и регулировка плоской модели перед испытаниями подробно описаны в [3, 5, 7], где: 1 - боковые крышки; 2 - входную полость, 3 - проставки; 4 - визуализационные стекла в эластичной оправе; 5 - плоские элементы исследуемой модели; 6 - входной патрубок с разрывной диафрагмой. Участок модели 5, повторял в проекции продольное сечение своего прототипа - ПСУЗВ и устанавливался между щечками 1 и проставками 3. Теневая визуализация производилась через визуализационные стекла 4 [10].

Генератор ударной волны представлял разрывной мембранный элемент 6 (рис. 2), разрушающийся при

критических значениях входного давления. Конструкции используемых диафрагм подробно описаны в работе [5, 7].

В конструкции импульсных ударных установок конструкция форкамеры имеет важное значение.

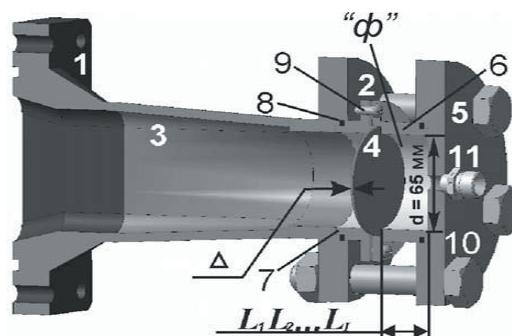


Рис. 3. Форкамера и разрывная диафрагма

Специально для настоящих испытаний были спроектированы и изготовлены: форкамера и разрывная диафрагма, показанные на рис. 3. Форкамера «ф» обеспечивала регулировку объема сжатого газа за счет сменных вставок.

Устройство состоит из фланцев 1 и 2 и расширяющегося патрубка 3. Диафрагма 4 из полимерного органического материала и крышка 5 определяют габариты форкамеры «ф», а между ними расположено несколько оправок 6 для обеспечения требуемого объема форкамеры. Сама диафрагма 4 обжимается оправками 7 и 6, которые через прокладки 8 базируются на фланец патрубка 3 и крышку 5. Предварительный обжим диафрагмы осуществляется винтами 9, окончательный болтами 10. Воздух в форкамеру подается через штуцер 11.

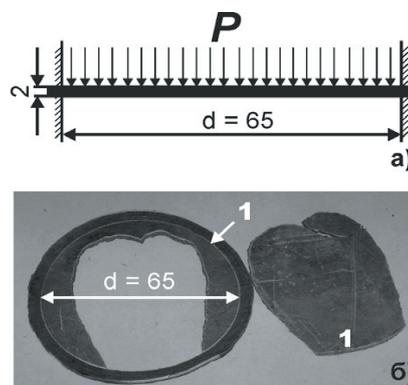


Рис. 4. «Мягкая» диафрагма из полимеров: а) - расчетная схема, б) - разрушенная диафрагма, 1 — след обжима

Объем форкамеры регулируют с помощью оправок 7. Такая регулировка необходима для задания интенсивности и времени продолжительности испытаний.

Особенностью настоящих испытаний был разлет разрушаемых участков диафрагмы 6 между визуализационными стеклами 4 в направлении стрелки V (рис. 2). Это условие исключало использование любых металлических материалов при изготовлении диафрагмы. Схема нагружения диафрагмы и ее фотография приведены на рис. 4.

В процессе срезания диафрагма разрушалась (что подтвердили эксперименты), создавая импульс давления. При этом не разрушались визуализационные стекла, и не повреждался обтекаемый профиль модели.

При указанной схеме нагружения лист полимера (поливинилхлорид) толщиной 2 мм должен разрушиться при давлении в форкамере 0,8 – 1,2 МПа, что допустимо для стекол модели.

Анализируя свойства полимеров, пригодных для изготовления диафрагм можно сделать вывод, что материал ПВХ имеет минимальные значение относительного удлинения при разрыве и коэффициента эластичности.

Испытания проводились в следующем порядке.

1. Продувочный газ под рабочим давлением подавался из баллонов высокого давления 5 через вентиль 9 на вход в редуктор 8 стенда (рис. 1).
2. Значение входного давления регистрировалось на манометре 10.
3. Дистанционно включалась цифровая камера.
4. Повышалось давление в патрубке 4, до разрушения диафрагмы 6.
5. Регистрировались параметры испытаний (p_0 – давление на входе в ПСУЗВ, p_1 – давление в канале ПСУЗВ).
5. Регистрировалась визуализационная картина течения.
6. Регистрировался уровень звука.
6. Отключалась подача продувочного газа редуктором 8 (рис. 1).
7. Отключалось электропитание элементов автоматики и регулирования.
8. Отключалось электропитание теневого прибора.
9. Выключалась видеокамера.
10. Закрывался вентиль 9 (рис. 1).

Схема визуализационных испытаний приведена на рис. 1 и в [3].

Настоящие испытания имели свои особенности. Это, прежде всего, наличие в просмотровом пространстве теневого прибора ИАБ 451 движущихся элементов разрушенной «мягкой» разрывной диафрагмы. При этом, указанные элементы играли роль «отмеченных частиц» [9], т.е. – «отмечали» свое положение в каждом последующем кадре видеосъемки и являлись дополнительным инструментом визуализации.

Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и на рис. 5 – 6.

Результаты цифровой обработки [8] картин визуализации (рис. 5, столбцы II – IV) показывают изменение градиентов интерференции поляризованного и неполяризованного лучей, выраженного в изменении цвета визуализационной картины. Это изменение видно в правой части снимков в продолжении всего импульсного и звукового воздействия (рис. 5, строки 2 – 6).

Визуализация методом «отмеченных частиц» (рис. 5) подтверждает соответствие характера течения в модели аналогичным исследованиям.

На фотографиях (рис. 4, столбец 1) показана визуализационная картина течения в модели ПСУЗВ, полученная с помощью поляризационного интерферометра при давлении разрыва диафрагмы $P_0 = 0,85$

МПа в процессе поступления газа в каналы модели. Варианты последовательной цифровой обработки кадров показаны на рис. 4 (столбцы II – IV).

На рис. 5 показана «линия отмеченных частиц» для одного из фрагментов (7) разрушения диафрагмы, видимого на выделении сцены 9 (строки 3 – 5, рис. 4).

Полученная информация о течении в каналах ПСУЗВ согласуется и дополняет результаты испытаний, полученные на первых этапах настоящего исследования и данными теоретических исследований [1-4, 10].

Анализ необработанной цифровыми методами визуализационной картины (рис. 4, столбец I) позволяет определить время активной фазы возмущений в модели, захватить и обработать соответствующие кадры видеосъемки. Время определяется: по длине звукового импульса, движению фрагментов (осколков) диафрагмы, движению газа в канале и косвенно подтверждается результатами цифровой обработки.

Движение в кадре фрагмента 7 (рис. 4, выделение 9), показанное на рис. 5 аналогично методу «отмеченных частиц» [9] визуализирует течение во входной полости модели. Сравнение расчетных результатов, приведенных в [10] с экспериментальными результатами их показало идентичность.

При этом исследовано обтекание элементов внутренних каналов ПСУЗВ в импульсном режиме, получены визуализационные картины в первой и второй камерах модели глушителя. Течение в канале имеет характерные систематические особенности, свидетельствующие о характере развития течения и его структуре.

При анализе и интерпретации картин визуализации рис. 4 следует учитывать следующее.

На первом этапе испытаний из-за ограниченного объема форкамеры (рис. 4) импульсное обтекание элементов модели происходит в дозвуковом режиме.

3. Выводы

Визуализация методом «отмеченных частиц» (рис. 6) подтверждает соответствие характера течения в модели аналогичным исследованиям.

Полученная газодинамическая картина течения и результаты измерений согласуются с результатами определения особенностей течения газа во внутреннем тракте [10].

Приведенные результаты визуализации имеют свои особенности, приводящие к повышению информативности экспериментальных результатов.

Результаты цифровой обработки картин визуализации (рис. 4, столбцы II – IV) показывают изменение некоторые новые детали картины визуализации, выраженные в изменении цвета визуализационной картины. Это изменение видно в правой части снимков в продолжении всего импульсного и звукового воздействия (рис. 4, строки 2 – 5).

Анализируя рис. 4, можно предположить, что новые градации в картине визуализации - это результат поступления в камеру модели глушителя более холодного воздуха из форкамеры после разрыва диафрагмы.

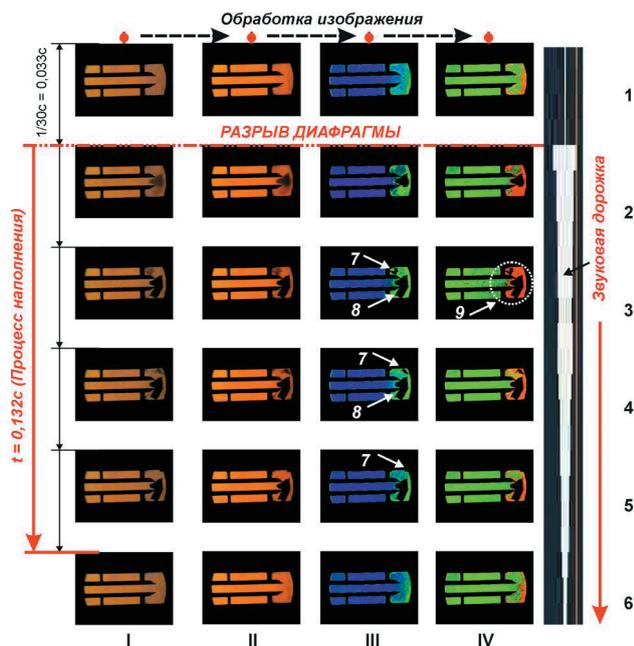


Рис. 5. Интерферограмма процесса заполнения плоской модели после разрыва диафрагмы: 1...4 – строки; I - IV - столбцы: 7 - 8 - фрагменты разрушения диафрагмы, 9 - выделение сцены

Анализируя снятый видеоматериал (табл. 1), можно сделать вывод, что дальнейшее повышение давления в форкамере при регулировке ее объема увели-

чат информативность визуализационной картины в плоской модели ПСУЗВ.

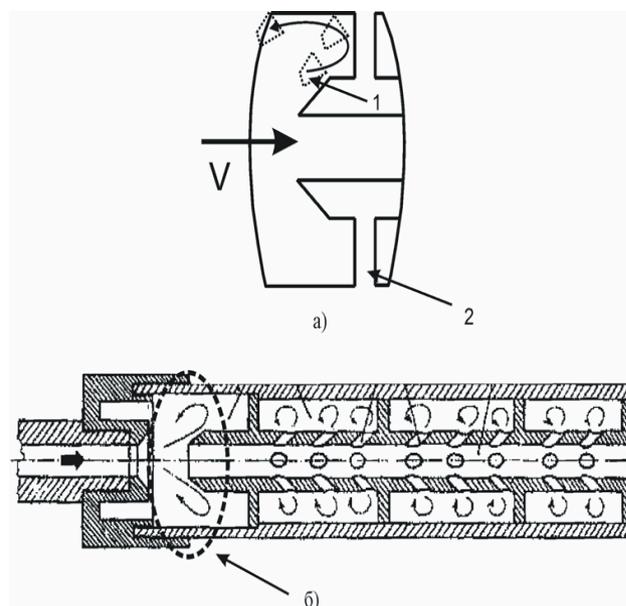


Рис. 6. Сравнение результатов настоящего эксперимента и результатов математического моделирования [10]: а) - эксперимент; б) – схема математического моделирования течения в ПСУЗВ «камерного» типа [10]: 1 - фрагмент 7 разрушения диафрагмы (выделение возмущения 9 рис. 5); 2 - модель ПСУЗВ 0257.000.00

Таблица 1

Результаты измерения параметров газа при визуализации картины течения

Номер испытания	Номер пуска видеокамеры	Длительность съемки, с	Давление разрыва диафрагмы p_0 , МПа	Температура торможения T_0 , К	Настройки теневого прибора	Кадровая частота, 1/с
1	101105016	32	0,85	283	Режим интерферометрии	30
2	101105017	44	0,87	283	Режим интерферометрии	30

Литература

1. Кочетков, Ю.М. Турбулентность сложных каналов [Текст] / Ю.М. Кочетков // Двигатель - Москва: НИИЭАП, 2008. - № 3(57) - С. 77-81.
2. Альбом сверхзвуковых течений [Текст] / Составители и редакторы П.И. Ковалев и Н.П. Менде. – И - во Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета, 2011, – 250 с.
3. Чаплиц, А.Д. Совершенствование метода визуализации газовых потоков во внутренних каналах технических устройств [Текст] / А.Д. Чаплиц // Восточно-Европейский журнал передовых технологий // научный журнал. - Харьков: Технологический центр, 2012. - №6/7 (60). – С.54-58.
4. Чаплиц, А. Д. Визуализация газовых потоков во внутренних каналах [Текст] / А. Д. Чаплиц, А. И. Астапов. – Днепропетровск : НАН Украины и НКА Украины, Институт технической механики, 2007. – 209с.
5. Ударная установка для исследования газодинамических процессов в приборах снижения уровня звука выстрела [Текст] / Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Стрельников Г. А., Чаплиц А. Д., Семенчик Д. В., Астапов А. И. // Техническая механика. – 2010. – №3. – С.88–96.
6. Менде, Н. П. Наблюдение околосудельных процессов [Текст] / Н. П. Менде // Физико-газодинамические баллистические исследования. – Л.: Наука.– 1980.– С.225-231.
7. Исследование течения в плоской модели глушителя звука выстрела стрелкового оружия с применением методов визуализации [Текст] / Коновалов Н. А., Астапов А.И., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Скорик А. Д., Тынына С. В., Чаплиц А. Д. // Техническая механика.– Днепропетровск : ИТМ. – 2007. – №2. – С.137–146.

8. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. - Москва: Техносфера, 2005. - 1072 с.
9. Чжен П. Управление отрывом потока/ П. Чжен : Пер. с англ. - М. : Мир, 1979. - 552 с.
10. Ручное огнестрельное оружие бесшумного боя. Приборы снижения уровня звука выстрела для автоматов. Проектирование и экспериментальная отработка / Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Кваша Ю. А., Коваленко В. И. - Днепропетровск : НАН Украины и НКА Украины, Институт технической механики, 2008. - 303с.

Abstract

The article continues the study of the gas-dynamic processes in internal channels, using the polarization interferometer with birefringent Wollaston prisms. For the first time, we have received the visualization patterns of the flow in the channels of the flat transparent model of the devices with multiple expansion of flow in pulsed mode and we have held the frame-by-frame digital processing. The features of the flow in an input cavity were detected and the trajectory of emission of the diaphragm parts was visualized. We have improved the structure of the attachment point of the blow-out diaphragm of impact unit to regulate the intensity of the pulse. The structure of the blow-out diaphragm, which does not damage the optical glass, was suggested. The visualization methods helped to expand the experimental opportunities of study of flows in complex internal channels. The results of the study can be used in experimental studies of items flow by gas under different conditions

Keywords: *visualization, pulsed processes, flat transparent model, polarization interferometer, blow-out diaphragm*

Представлена фізична модель з визначення швидкості зношування моторно-осьового підшипника тепловоза. Наведені результати експериментів, з яких випливає, що застосування електростатичного зовнішнього поля для обробки осьової оливи сприяє зменшенню швидкості зношування пари тертя. Цей ефект дозволяє намітити шляхи модернізації системи змащення для збільшення ресурсу моторно-осьового підшипника

Ключові слова: фізична модель, моторно-осьовий підшипник тепловозу, ресурс, швидкість зношування

Представлена физическая модель для определения скорости изнашивания моторно-осевого подшипника тепловоза. Приведены результаты экспериментов, из которых следует, что применение электростатического внешнего поля для обработки осевого масла способствует уменьшению скорости износа пары трения. Этот эффект позволяет наметить пути модернизации системы смазки для увеличения ресурса моторно-осевого подшипника

Ключевые слова: физическая модель, моторно-осевой подшипник тепловоза, ресурс, скорость изнашивания

УДК 629.4; 621.89

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ЗНОШУВАННЯ МОТОРНО- ОСЬОВОГО ПІДШИПНИКА ТЕПЛОВОЗА

П.Є. Коновалов

Асистент

Кафедра будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин
Українська державна академія залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050
Контактний тел.: (057) 730-10-72
E-mail: Kaf_SPPRM&.ukr.net

1. Вступ

Дослідження стосується екіпажної частини тягового рухомого складу залізниць, а саме, вузла осьового підвішування електродвигуна вантажного тепловозу 2ТЕ116. Незадовільний ресурс та несправності моторно-осьових підшипників (МОП) є причиною до 5% від загальної кількості заходів локомотивів на непланові ремонти, що обумовлює значні витрати підприємств. Крім того, приналежність цього вузла до числа тих,

що визначають безпеку руху на залізницях, потребує збільшення ресурсу та підвищення рівня надійності його роботи.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Незважаючи на те, що проблемі підвищення надійності та збільшення ресурсу МОП присвячена значна кількість робіт, вона все ще залишається актуаль-