

# Перспективы создания ВОИИС для определения параметров движения крупногабаритных стендов

**Татьяна Мурашкина, Елена Бадеева, Кирилл Серебряков, Александр Удалов, Анна Федотова (г. Пенза)**

При финансовой поддержке в форме гранта Президента РФ ведущей научной школы РФ «Волоконно-оптическое приборостроение» 14.Z57.14.681-НШ.

При финансовой поддержке РФФИ в форме гранта № 15-08-02675.

**В статье рассматривается возможность применения волоконно-оптических измерительных систем, построенных на базе унифицированных волоконно-оптических преобразователей линейных и угловых микроперемещений, для определения параметров движения крупногабаритных стендов, используемых на объектах ракетно-космической и авиационной техники.**

Одной из основных проблем при испытаниях и эксплуатации аппаратуры ракетно-космической и авиационной техники (РК и АТ), которая устанавливается на крупногабаритных наземных испытательных стендах, является точное определение положения стендов для того, чтобы обеспечить прецизионные метрологические характеристики этой аппаратуры. Для решения этой задачи стенды оснащаются информационно-измерительными системами (ИИС), в состав которых входят датчики параметров движения: для измерения линейного и углового перемещения, скорости, ускорений (акселерометры).

Так как стенды, имеющие огромную массу, устанавливаются на амортизаторах различной конструкции (см. рис. 1), при воздействии на них низкочастотных механических колебаний изменение скоростей и ускорений мало. Поэтому для широко используемых типов датчиков скорости и уско-

рений эти колебания находятся в так называемой «мёртвой» зоне.

Вторая проблема заключается в том, что испытательные стенды, предназначенные для отработки аппаратуры РК и АТ, представляют собой крупногабаритные комплексы со сложной системой электротехнического оборудования. В состав этих стендовых комплексов входят подземные галереи с сотнями метров кабельных каналов, усилительное и преобразующее оборудование, бункер управления и центральная измерительная лаборатория, содержащая различную аппаратуру аналого-цифровой регистрации и обработки сигналов. Поэтому одним из основных требований, предъявляемым к оборудованию стендов, является применение датчиков в искробезопасном исполнении, стойких к воздействию электромагнитных помех любой интенсивности.

Третья проблема заключается в том, что применение «электрических» датчиков и ИИС не исключает возможность несанкционированного доступа к измерительной информации, а также не обеспечивает искро-, взрыво- и пожаробезопасность.

Одновременное решение этих проблем на основе применения широко распространённых типов «электрических» датчиков практически невозможно.

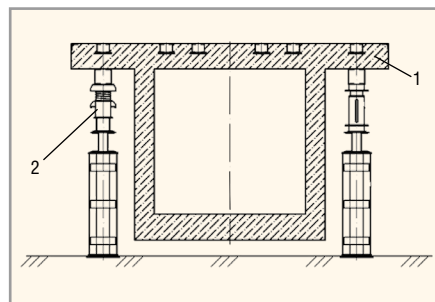
В настоящее время система регистрации и обработки информации динамических стендов оснащается следующим оборудованием: датчика-

ми (тензометрическими, пьезоэлектрическими, термоэлектрическими, потенциометрическими, индукционными и другими), усилительно-согласующей аппаратурой (типа «Девиз», АДИ, ИС-1241 и другими), регистрирующей аппаратурой (типа ЭРА-М, АРБП) и обрабатывающей аппаратурой (типа ЭРА, АВБП, ПК) [1]. Такой аппаратно-программный комплекс успешно эксплуатировался в составе газодинамических стендов и обеспечивал проведение крупномасштабных модельных испытаний элементов РКН и ПУ «Энергия-Буран», «Союз», «Зенит» и прочих. Очевидно, что в настоящее время существующие аппаратно-программные средства автоматизации измерений выработали свой ресурс, морально и физически устарели. Совершенствование существующих электрических ИИС не позволяет решить проблему дальнейшего повышения точности и надёжности измерений при наземных испытаниях ракетно-космической техники, так как их резервы практически исчерпаны.

Одним из путей решения этой проблемы является разработка волоконно-оптической ИИС (ВОИИС), построенной на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД), которые могут быть реализованы с использованием дифференциальных волоконно-оптических преобразователей линейных и угловых микроперемещений (ВОПЛИП и ВОПУМП) [2, 3].

В ВОИИС в качестве физической среды используются волоконно-оптические кабели (ВОК), что обеспечивает [4]:

- отсутствие влияния на результат измерения электромагнитных полей;
- отсутствие побочных электромагнитных излучений;
- отсутствие перекрёстных помех соседних каналов;
- отсутствие проблем, связанных с контурами заземления и напряжениями



**Рис. 1. Пример крепления стенда на виброизоляторах:** 1 – стол крупногабаритного стенда (вид поперечный); 2 – виброизолятор

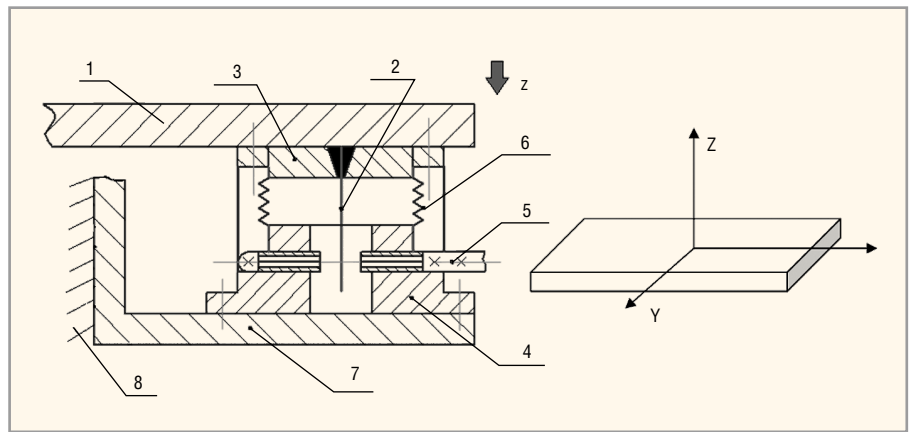
- смещения в узлах соединения разнородных проводников;
- существенно меньшую электрическую опасность и отсутствие проблемы дугообразования и искрения;
- высокую стойкость к вредным факторам внешней среды;
- более тонкий, лёгкий (в два раза) и прочный, по сравнению с электрическим, многожильный кабель;
- простоту мультиплексирования сигналов;
- высокую скорость передачи данных.

ВОИИС характеризуются чрезвычайно высоким уровнем безопасности эксплуатации. Отсутствие источника электрической мощности в зоне измерений и замена её световой энергией с уровнем не выше 1 мВт гарантирует совершенно безопасную работу в потенциально искро-, пожаро- и взрывоопасных условиях.

Кроме того, ВОД в составе ВОИИС обладают высокой механической прочностью, малыми габаритами, простой конструкцией и, следовательно, высокой надёжностью. Они химически инертны, изготавливаются из диэлектрических материалов, что обеспечивает отсутствие путей прохождения через них электрического тока. Кроме того, они имеют высокую стойкость к повышенным температурам, механическим ударам, вибрациям и другим воздействиям окружающей среды. Они позволяют производить бесконтактные и дистанционные измерения в труднодоступных местах.

ВОД отличаются от «электрических» датчиков тем, что измерительный блок является оптико-механическим устройством, не содержащим радиоэлектронные компоненты, а преобразование измеряемой величины осуществляется на основе оптических явлений. Разделение ВОД на оптико-механический измерительный блок (ОМИБ) и оптоэлектронный блок (ОЭБ), которые могут быть разнесены с помощью ВОК на расстояние от нескольких метров до километра, позволяет достичь ряда преимуществ.

Измерения можно проводить в предельно жёстких условиях окружающей среды: при воздействии высоких температур, радиации и высоком уровне электромагнитных помех, а также в обстановке пожаро- и взрывоопасности. При этом обеспечивается гальваническая развязка. Возможность расположения ОЭБ в непосредственной близости от регистрирующего устройства



**Рис. 2. Конструктивная схема крепления датчика с дифференциальным ВОПУП отражательного типа на стене:** 1 – элемент крупногабаритного стенда; 2 – металлическая пластина (отражательный элемент); 3 – державка; 4 – основание; 5 – оптические волокна; 6 – угловой сильфон, обеспечивающий герметичность оптической системы; 7 – крепёжная пластина; 8 – неподвижный элемент, на котором закреплён датчик

системы телемеханики или управления позволяет создавать электрические каналы передачи аналоговых и цифровых сигналов, что обеспечивает наиболее полное использование всех функций и возможностей информационно-измерительной системы.

Авторами в рамках НТЦ «Нанотехнологии волоконно-оптических систем» разработан ряд ВОД, в которых в качестве измерительных преобразователей используются унифицированные по схемно-конструктивному исполнению ВОПЛИМП и ВОПУМП с различными типами дифференциальных модулирующих устройств. Дифференциальные ВОПУМП отражательного типа

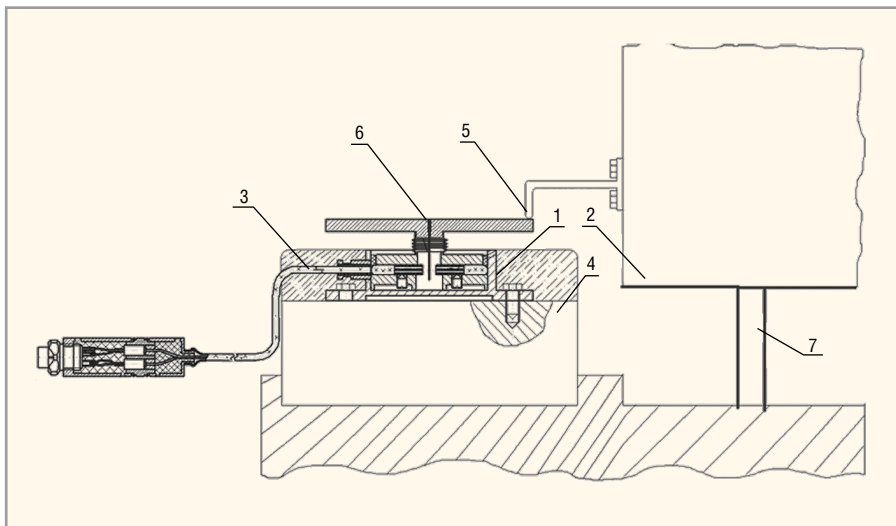
для решения рассматриваемой задачи могут быть достаточно просто адаптированы [5]. На рисунке 2 приведён один из возможных вариантов крепления на стенде ВОД перемещения с дифференциальным ВОПУМП отражательного типа. Датчики подобного типа могут быть установлены в нужном количестве. При этом все они изготовлены по одной технологии и унифицированы по своему схемно-техническому решению.

Если стенд подвергается внешнему воздействию, например, при смещении земной поверхности, то стол стенда смещается относительно своего первоначального положения. В этом

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»**

предлагает к внедрению научные разработки волоконно-оптических датчиков давления, вибрации, ускорения, перемещения, волоконно-оптической системы измерений дискретных значений уровня жидкости

**ФБГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»**  
 Пенза, ул. Красная, 40, тел./факс (8412) 36-80-89  
 e-mail: timurashkina.pgu@mail.ru



**Рис. 3.** Вариант установки ВОД перемещения относительно стола стэнда: 1 – ВОПУМП; 2 – стол стэнда; 3 – ВОК; 4 – основание для крепления ВОД перемещения; 5 – шток; 6 – элемент, воспринимающий давление штока; 7 – виброизолятор

случае элемент стэнда 1, перемещающийся, например, по оси Z, сжимает угловой сильфон, что ведёт к смещению отражательного элемента (ОЭ) – пластины 2, которая жёстко закреплена в верхней части сильфона на угол  $\alpha$  относительно первоначального положения (см. рис. 2).

С двух сторон ОЭ 2 расположены оптические волокна (ОВ) 5 первого и второго измерительных каналов. При этом подводимые ОВ первого измерительного канала расположены соосно с отводящими ОВ второго измерительного канала и, наоборот, подводимые ОВ второго измерительного канала расположены соосно с отводящими ОВ 1 первого измерительного канала [5]. Элементы оптических схем дифференциальных ВОПУМП юстируются так, что в отсутствие измеряемой физической величины световое излучение, выходящее из торцов ПОВ1 и ПОВ2, после отражения

от зеркальных поверхностей ОЭ равномерно распределяется между торцами отводящих оптических волокон первого и второго измерительных каналов.

Ввиду того что скорости и ускорения изменения положения стэндов в пространстве чрезвычайно малы, однократное и двукратное дифференцирование значений сигналов с выхода ВОД перемещения с помощью вычислительных устройств на базе современных микропроцессоров даёт возможность с высокой точностью определить скорость и ускорение стэнда без установки на стэнде соответствующих датчиков. Таким образом, это позволяет снизить себестоимость, габариты и вес ВОИИС в два-три раза.

На рисунке 3 в качестве примера приведён один из возможных вариантов установки ВОД перемещения относительно стола стэнда. При необходимо-

сти можно аналогичным образом установить датчик относительно поверхности виброизолятора.

Реализация предлагаемой ВОИИС позволит повысить надёжность и достоверность результатов измерений на крупногабаритных испытательных стэндах в РК и АТ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Лебига В.А., Самсонов А.В., Птушкин О.М., Боткин С.Е. Опыт модернизации информационно-измерительного комплекса испытательного стэнда с применением цифрового регистратора сигналов (НИИХСМ). [www.nppmera.ru/opyit-modernizaczii-informaczionno-izmeritel'nogo-kompleksa-ispytatelnogo-stenda-s-primeneniem-czifrovogo-registratora-signalov-niixsm](http://www.nppmera.ru/opyit-modernizaczii-informaczionno-izmeritel'nogo-kompleksa-ispytatelnogo-stenda-s-primeneniem-czifrovogo-registratora-signalov-niixsm).
2. Горши А.В., Мурашкина Т.И., Пивкин А.Г., Рубцов И.С. Внедрение волоконно-оптических средств измерений на летательных аппаратах – качественный скачок отечественной информационно-измерительной техники. Информационно-измерительная техника. Сб. трудов научно-техн. конф. Под ред. Панова Д.В. Москва. РУДН. 2014. С. 324. С. 166–174.
3. Юрова О.В., Архитов А.В., Назарова И.Т., Мурашкина Т.И. Теоретические исследования волоконно-оптического преобразователя угловых перемещений отражательного типа. Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 10.
4. Пивкин А.Г., Мурашкина Т.И. Волоконно-оптические датчики давления аттенуаторного типа для ракетной техники. Монография. Пенза. Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2005. С. 150.
5. Бадеева Е.А., Юрова О.В., Щевелев А.С., Макаров Ю.Н., Горши А.В. Дифференциальный волоконно-оптический преобразователь угловых перемещений. Современная электроника. 2010. № 8.



**Новости мира News of the World Новости мира**

**Рынок интегральных микросхем растёт**

Согласно прогнозу Digitimes Research, объём выпуска ИС в этом году достигнет \$54,8 млрд, что на 12% больше показателя прошло года, равного \$49 млрд.

Рост будет обусловлен спросом на смартфоны с поддержкой 4G, который позволит компенсировать такие неблагоприятные факторы, как уменьшение спроса на планшеты, ПК и смартфоны.

Компания TSMC выделила на 2015 год рекордно большие капиталовложения в размере \$12 млрд. Ведущий контрактный производитель полупроводниковой продукции в течение года рассчитывает расширить производственные мощности, на которых продукция будет выпускаться по 16-нм технологии FinFET, одновременно возводя линии для более передовой 10-нм технологии.

В TSMC ожидают, что продажи 20-нм продукции, в 2014 году составившие \$2,15 млрд, в 2015 году достигнут \$6,34 млрд.

Между тем компания Samsung Electronics сосредотачивается на 14-нм технологии FinFET. По мнению аналитиков, благодаря партнёрству с Globalfoundries, Samsung сможет предложить заказчикам более выгодные условия, чем конкуренты. Считается, что Samsung сможет получить больший процент выхода годной продукции в сегменте рынка, соответствующем нормам 1X nm. Всё это поможет Samsung по итогам года занять 10% мирового рынка ИС.

[www.digitimes.com](http://www.digitimes.com)

**Лидер в области разработки  
и производства высоковольтных  
реле и контакторов**



Реклама



Вакуумные реле



Газонаполненные реле



Герконовые реле



Контакторы