

«ПЬЕЗО» ИЛИ «ТЕНЗО» – ЧУЖИЕ ИЛИ СВОИ?

В последнее время среди специалистов, которые занимаются автоматическим весовым контролем и определяют стратегию его развития на дорогах федерального и регионального подчинения, часто возникают дискуссии относительно типа встраиваемых в дорожное полотно весовых датчиков.

Какие из них точнее и надежнее – линейные пьезоэлектрические или тензометрические? Оказывается, мнения коллег из мирового сообщества на этот счет также разделились. В США отдают предпочтение проверенной «старушке» тензометрии, а в Европе – «молодой» пьезотехнике [1].

Автор данной статьи **М.В. Сенянский**, генеральный директор компании «Тензо-М», раскрывает данный вопрос без эмоций, кратко, причем как с научно-популярной, так и с практической точек зрения:

– Прежде всего, хочу подчеркнуть, что речь идет о системах для весового и габаритного контроля на автомобильных дорогах в полосе движения без торможения транспортного потока, неудачно прорвавшихся в профессиональный словарь российских дорожников чуждой нам аббревиатурой WIM. История вопроса была описана в предыдущей

статье «Импортозамещение в весовом контроле» [2].

Прежде чем мы рассмотрим принципы действия датчиков упомянутых двух типов, давайте оглядимся вокруг и узнаем, на каких принципах работают датчики «серьезных» промышленных весов, через которые проходит весь ВВП нашей страны. Оказывается, многие сотни миллионов тонн зерна, цемента, металлопроката, полезных ископаемых и нефтепродуктов проходят через автомобильные, вагонные, конвейерные, бункерные, крановые и другие весы, сердцем которых являются тензометрические датчики. От их точности напрямую зависят показатели ежегодного роста валового продукта страны в целом.

Теперь поговорим о том, что касается пьезодатчиков... Есть несколько категорий весов, где они тоже используются в

качестве чувствительных элементов. Например, почтовые или бытовые. Очень широк спектр использования пьезочувствительных элементов в измерительной технике – датчиках силы, вибраций, пульсаций давления, звукозаписывающих микрофонах и гидроакустике.

1. Принцип действия телеграфным текстом

1.1. Дорожные тензодатчики

Тензорезисторный датчик представляет собой металлический упругий элемент, на который наклеены фольговые тензорезисторы. Измеряемая сила деформирует упругий элемент, приводя к растяжению одних и сжатию других тензорезисторов. Изменение их электрического сопротивления, пропорциональное приложенной силе, измеряется вторичным преобразователем и поступает для расчета осевой нагрузки в промышленный компьютер.

Упругий элемент изготавливается из авиационной нержавеющей стали и герметизируется лазерной сваркой до степени защиты, позволяющей ему работать в условиях использования дорожных антигололедных смесей более 10 лет. Сигнальный кабель выходит из датчиков через специальные стеклянные гермовводы.

1.2. Дорожные пьезодатчики

Для получения полезного сигнала используется прямой пьезоэффект, суть которого состоит в том, что при деформации кристалла, например, кварца,



Рис. 1. Автоматический пост весогабаритного контроля



Рис. 2. Линейные дорожные тензометрические датчики

Надежность	Свойства	Дорожные датчики	
		Пьезо	Тензо
	Материал	Алюминиевый сплав	Нержавеющая сталь
	Прочность	0,35	1
	Коррозионная стойкость	0,3	1
Характеристики	Герметичность	Не нормируется	$1 \times 10E^{-9}$
	Минимальная скорость, км/ч	10	0,1
	Поверка и калибровка	Э2ТС *	Э2ТС + Гири класса М1
Цена	Валюта платежа	Иностранная валюта	Рубли

Табл.1.

* Э2ТС – эталонное двухосное транспортное средство

вдоль одной из его осей, вырабатывается некоторый электрический заряд [3]. Для обработки его более полувека назад был изобретен специальный усилитель заряда. В связи с тем, что генерируемые ионы и электроны стремятся молниеносно «разбежаться» в разные стороны, величина полезного сигнала зависит не только от величины сжимающей кристалл силы, но и от скорости ее приложения.

Иными словами, стандартная эталонная гиря массой 20 кг может дать разный сигнал на выходе аппаратуры, в зависимости от того, насколько плавно мы кладем ее на линейный дорожный датчик. Он представляет собой фасонную трубу из алюминиевого сплава длиной 1,5–2 м, в сердцевине которой зажаты «таблетки» кварца, расположенные «цугом» на равном расстоянии друг от друга. Таблетки имеют диаметр около 10 мм и толщину около 1 мм. Сигнальный кабель выходит из торца трубы через герметизирующий кляп из полимерного герметика.

2. Сравнение характеристик надежности

Начав заниматься проблемой автоматического дорожного взвешивания 20–25 лет назад, швейцарская фирма «Кистлер», специализировавшаяся на разработке и производстве пьезочувствительных датчиков, создала линейный дорожный датчик на основе кварцевых элементов, прочно обосновавшись на мировом рынке. Оказалось, что датчики способны обеспечивать погрешность измерения осевых нагрузок грузовиков в пределах $\pm 10\%$ и полной

массы $\pm 5\%$ соответственно в диапазоне скоростей от 10 до 150 км/час.

Между тем в России, в кризисном 2009 году, фирмой «Тензо-М» был разработан свой линейный датчик для автоматического дорожного весового контроля. В составе комплексов СВК в течение четырех лет эти датчики успешно работают более чем на 20 полосах движения скоростных постов весового контроля. Принцип работы этих дорожных весовых датчиков – тензометрический. То есть тот же самый, что и в сотнях тысяч промышленных весов во всех без исключения отраслях промышленности, сельского хозяйства и транспорта России, Европы и всего мира, включая автомобилестроение и дорожное строительство. Таким образом создалась конкретная возможность для осуществления импортозамещения.

Абстрагируясь от национальности разработчиков и производителей, а также эмоций, рассмотрим в табличной последовательности технические и эксплуатационные характеристики дорожных датчиков обоих типов (см. табл.).

2.1. Коррозионная стойкость

Не только мастеру дедукции Шерлоку Холмсу, но и простым инженерам ясно, что датчик из нержавеющей стали более стоек к коррозионному воздействию антигололедных смесей, чем датчик из алюминиевого сплава. Это подтверждается величинами электрохимического потенциала этих материалов, определяющего их стойкость к коррозии. У алюминиевых сплавов он втрое ниже.

2.2. Механическая прочность

Предел прочности у стали втрое выше, чем у алюминиевых сплавов, а значит, стальные тензометрические дорожные датчики выдержат большие осевые нагрузки большегрузных автомобильных транспортных средств (АТС) – нарушителей, процент которых и степень перегруза в России существенно выше, чем в Европе, где нарабатывался многолетний положительный опыт эксплуатации пьезодатчиков. В дальнейшем, с падением доли нарушителей в общем потоке грузовых АТС, допустимая циклическая наработка у стальных датчиков будет на несколько миллионов циклов выше. А это, при интенсивности движения, скажем, 2000 грузовых автомобилей в сутки, лишних 2–3 года эксплуатации комплекса!

2.3. Герметичность внутренних полостей

К сожалению, дорожные реагенты приводят не только к коррозии дорожных датчиков, но и агрессивно способствуют проникновению влаги в их внутренние полости – к тензорезисторам или кварцевым «таблеткам». Влага приводит к падению сопротивления изоляции, увеличению утечек тока и, как следствие, к возникновению дополнительных погрешностей измерений. Здесь-то и проявляется необходимость надежной защиты внутренних полостей и контроля их герметичности.

Герметичность дорожных тензорезисторных датчиков обеспечивается самым надежным из известных на сегодня способов – лазерной сваркой, а проверка ее качества выполняется с использованием масс-спектрометрического течеискателя. Измеряемая утечка имеет порядок нановеличины и, как правило, существенно ниже граничной величины $1 \times 10E^{-9}$ (одной десятой миллиардной доли), гарантирующей датчику 10 лет бесперебойной работы в условиях тропической влажности или прямого контакта с рассолом или соляным туманом.

Трудно представить себе, как можно добиться такой высокой степени герметичности у пьезоэлектрических дорожных датчиков, где раствор дорожной соли стремится просочиться внутрь по границе раздела «корродирующий алюминиевый сплав – стареющий полимерный

герметик». И как проверить качество герметизации каждого датчика при выпуске его из производства, учитывая отсутствие на его корпусе специальных контрольных технологических элементов?

3. Сравнение эксплуатационных характеристик

Включенные в Государственный Реестр средств измерений комплексы автоматического весогабаритного контроля, построенные на основе датчиков пьезоэлектрического или тензометрического типов, имеют одинаковые метрологические характеристики, соответствующие требованиям Росавтодора [4]. В то же время разные принципы измерений открывают различные новые возможности при выполнении измерений.

Представляется, что важным параметром систем в скором будущем будет являться минимальная скорость взвешивания. У подавляющего большинства включенных в Реестр автоматических комплексов она равна 10 км/час. Результаты измерения осевых нагрузок при меньшей скорости, даже если они могут быть получены, будут считаться нелегитимными.

Принцип измерения и обработки информации о величине осевой нагрузки пьезоэлектрических датчиков при мед-

ленном приложении нагрузки (проезде колеса по датчику с малой скоростью) не работает. Для тензорезисторного датчика скорость приложения осевой нагрузки в диапазоне скоростей от 0,1 до 150 км/час роли не играет. Более того, электроника обрабатывает сигнал, даже если колесо просто остановится над датчиком на некоторое время.

Это свойство тензодатчика позволяет реализовать еще одну недоступную «пьезособрату», упрощающую процедуру калибровки и поверки системы возможность – поверки эталонными гирями класса М1 по ГОСТ OIML R-111-1-2009, что сулит в перспективе возможность существенного повышения точности работы комплексов при взвешивании на малых скоростях.

В заключение логично рассмотреть вопрос стоимости линейных дорожных датчиков рассмотренных типов. Оказывается, их цена в пересчете на погонный метр длины была практически одинаковой. На момент написания статьи евро «подрос» и хрупкое равенство цен нарушилось. Следует напомнить, что компания «Тензо-М», разработавшая и производящая серийно дорожные тензодатчики, находится в Подмоскovie, а не в Западной

Европе. Степень локализации производства превышает 85%, поэтому рублевые цены на продукцию практически не зависят от «погоды» на валютном рынке.

Из результатов анализа, проведенного в статье, видно, что помимо субъективных, нет других причин для выбора импортных пьезодатчиков для автоматического весового контроля. Мы помним известную крылатую мудрость о том, что «нет пророка в своем отечестве...» Однако уже существует множество примеров государственного подхода к расходованию государственных денег – обязали ведь, например, большинство чиновников ездить на служебных автомобилях отечественной сборки!

Так давайте возрождать Россию вместе, смелее!

Весоизмерительная компания «Тензо-М»
140050, Московская обл.
Люберецкий р-н
пос. Красково, ул. Вокзальная, 38
тел.: 8-800-555-65-30, (495) 745-30-30
e-mail: tenso@tenso-m.ru
www.tenso-m.ru

ТЕНЗОМ

Литература:

1. Weigt-in-motion Handbook. ASTM WIM System Classification, USA
2. Сенянский М.В. Импортзамещение в весовом контроле // Дороги Евразии. – № 1. – 2015.
3. Годзиковский В.А., Сенянский М.В. Какие датчики перспективнее? // Автомобильные дороги. – (в печати). – 2015.
4. Технические требования к оборудованию комплексов весогабаритного контроля на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения. Приложение к письму Росавтодора от 08.08.2013.

Четверть века компания «Тензо-М» успешно работает на отраслевом отечественном рынке. В ее арсенале – высококачественное оборудование и грамотнейшие специалисты. А еще – глубокое понимание того, что одной из составляющих социально-экономического благополучия страны является наличие хороших дорог и убежденность в том, что дороги необходимо не только строить, но и беречь в дальнейшем... Беречь профессионально!

Отраслевая медиа-корпорация «ДЕРЖАВА» и редакции журналов «Дорожная держава» и «В ПУТИ...» поздравляют руководителей и сотрудников «Тензо-М» с юбилеем фирмы!

*Компания имеет вес
И... многолетнее признание!
И нет здесь никаких чудес –
Есть только опыт, вера, знания.
Желаем больше новых тем
И настоящих расстояний!
Пусть процветает «Тензо-М»,
И будет долгим процветанье!*

Уважаемый Михаил Васильевич!

Хочу пожелать Вашему предприятию дальнейшего процветания и успехов. Вам и Вашим коллегам – здоровья, сил и реализации самых смелых идей. Наше учреждение неизменно будет надежным и дружественным партнером Вашего завода, который применяет самые передовые мировые разработки в отечественном производстве. Поздравляем!

Руководитель ГКУ Служба весового контроля Республики Башкортостан
Азаров Тимофей Михайлович.

Уважаемый Михаил Васильевич!

Администрация Главного управления дорожного хозяйства Оренбургской области поздравляет Вас и Ваш коллектив с Юбилеем! Ваш профессионализм и трудолюбие обеспечивают плодотворную деятельность компании.

Кажется, совсем недавно делались первые шаги. И вот компания уже выросла, стала солидной, надежной. Вы развиваетесь, стремитесь к новым высотам, новым победам. Ваш юбилей – это старт в будущее новых планов и идей, касающихся экономического развития страны.

Весоизмерительная техника Вашей компании, используя передовые технологии мировых и отечественных разработчиков, обеспечивает выполнение актуальных задач контроля за тяжеловесным автотранспортом.

Пусть этот юбилей откроет новые безграничные возможности для развития и неустанного движения вперед.

Желаем, чтобы и далее Ваша компания была одной из лучших в России!

От всей души желаем Вам и Вашему коллективу крепкого здоровья, оптимизма, удачи в делах, мира и благополучия в Ваших семьях.

Директор ГУ «ГУДХОО» Д.А. Хусид