

УДК 621. К-95

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А. Д. Кучеркова, К. А. Тимолянов, О. А. Донсков

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Актуальность темы обусловлена широким применением тензорезистивных первичных преобразователей на многих предприятиях и в быту, когда требуется произвести измерения различных параметров, изменения состояния деталей, различных конструкций. Однако ассортимент тензодатчиков на рынке очень широк, что требует долгих поисков и сравнений при выборе нужных приборов.

Авторами рассмотрены виды и конструкции тензодатчиков, их главные характеристики. Составлен рейтинг наиболее популярных тензодатчиков, описаны их различия, определены достоинства и недостатки. Приведен перечень современных бюджетных тензорезистивных датчиков для бытового применения.

Ключевые слова: тензорезистивный первичный преобразователь, тензорезистивный датчик, тензометрический датчик, тензодатчик, тензорезистор, датчик деформации.

REVIEW OF MODERN TENSORESISTIVE PRIMARY TRANSDUCERS

A. D. Kucherkova, K. A. Timolianov, O. A. Donskov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The relevance of the topic is due to the widespread use of tensoresistive primary transducers in many enterprises and in everyday life, when it is required to measure various parameters, changes in the state of parts, and various designs. However, the range of strain gauges on the market is very wide, which requires long searches and comparisons when choosing devices.

The authors have considered the types and designs of strain gauges, their main characteristics. A rating of the most popular strain gauges is compiled, their differences are described, the advantages and disadvantages are taken into account. An overview of modern low-cost tensoresistive sensors for domestic use is given.

Keywords: tensoresistive primary transducers, tensoresistive sensors, strain gauge, strain-resistive sensor, load cell.

Введение. В настоящее время современные тензорезистивные первичные преобразователи (далее — датчики) — это основа систем измерения. Датчик является преобразователем измеряемой физической величины в величину, удобную для дальнейшего преобразования или измерения. Также датчик — это обязательный элемент измерительных приборов, систем контроля и т. п.

Одной из разновидностей датчиков является тензорезистивный датчик, или тензодатчик, который применяется в измерениях давления и веса. Тензодатчики способны измерять статические и динамические деформации. Тензодатчики — это те устройства весоизмерительной техники, которые могут преобразовывать механическое деформирование объектов и тел в электрический сигнал, который позволяет вычислить показатель сжатия или растяжения конкретного тела. Они широко используются благодаря малому весу и небольшим размерам.

Как правило, тензорезистивные датчики состоят из металлического корпуса и резисторов. Внешняя поверхность соединена с внутренними элементами. Когда на платформу помещается

объект, то наружная сторона подвергается деформации и изменяется электрическое сопротивление [1]. Результат измерения сопротивления поступает в главный модуль, где происходит анализ и преобразование полученного сигнала. Конструкции современных тензорезистивных датчиков приведены на рис. 1. Цель данной статьи — провести сравнительный анализ современных тензодатчиков, определить аппараты, оптимальные по своим характеристикам для бытового применения.

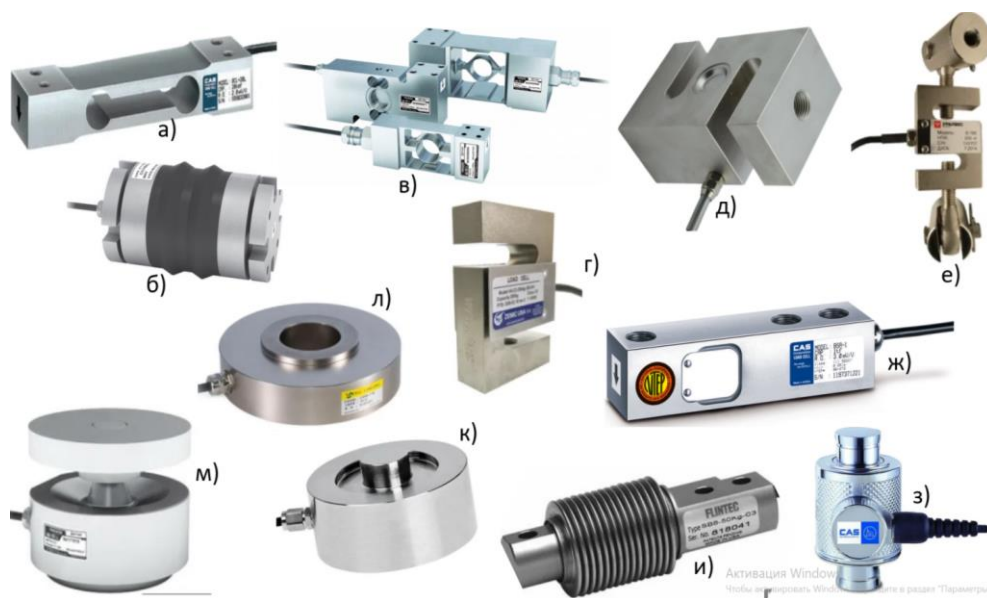


Рис. 1. Одноточечные (а, б, в), s-образные (г, д, е), консольного типа (ж, з, е) тензодатчики

Основная часть. В зависимости от типа весовой чаши существуют следующие виды тензодатчиков:

- одноточечные приборы;
- s-образные устройства;
- консольного типа;
- высокотемпературные устройства;
- приборы цилиндрические.

Главные характеристики тензодатчиков:

1. Наибольший предел измерения — это то усилие, максимум которого может зафиксировать устройство (устанавливается изготовителем).

2. Класс точности (С2, С3, С4, С5) определяется метрологическими и технологическими возможностями, уровнем разработки производителей тензодатчиков.

3. Разновидность конструкций.

4. Схема подключения тензодатчиков может быть четырех- и шестижильной (изменение температуры влияет на характеристики весовой системы: для шестижильных кабелей эффект устраняется, для четырехжильных кабелей при стандартной длине кабеля, поставляемого с тензодатчиком, не оказывает сильного влияния, если тензодатчик и кабель находятся одновременно при одинаковой температуре).

5. Материал для изготовления устройства — стандартно применяются алюминий, легированная сталь или обычная нержавеющая сталь (алюминиевые сплавы дешевле и легче поддаются обработке, чем нержавеющая сталь) [2].

Также немаловажно обращать внимание на следующие характеристики:

1. Диаметр сечения и длина электрокабеля.
2. Рабочий диапазон температур (от -35°C до $+65^{\circ}\text{C}$).

3. Сопротивления для входа/выхода.

4. Коэффициент рабочей передачи (отношение выходного напряжения датчика к измеряемому параметру).

5. Класс электрозащиты (IP-65, IP-66, IP-67, IP-68).

6. Максимально возможное напряжение питания ($2,5 \text{ В} \pm 5 \%$, не более 12 В).

В настоящее время на рынке представлены тензодатчики разных брендов по различным ценам, однако значительных отличий в приборах не наблюдается, т. к. сама по себе конструкция датчиков проста. Для высокоточных измерений следует приобретать дорогостоящие датчики, предназначенные для лабораторных испытаний. Как правило, такие тензодатчики имеют свидетельство «Об утверждении типа средств измерений», пример которого представлен на рис. 2. Впрочем, при допущении стандартных показателей погрешности в измерениях возможно приобретение и недорогих приборов [3].

Для того чтобы правильно выбрать тензодатчик, лучше опираться на цену, нежели на производителя.



Рис. 2. Свидетельство на тензодатчик Digital Load Cell

Обзор современных датчиков позволит выяснить различия между конструкциями и креплениями этих датчиков в изделиях.

Были рассмотрены и сравнены тензометрические датчики для бытового использования, представленные на рынке в 2021–2022 гг. в низком и среднем ценовом сегменте. Рейтинг лучших бюджетных тензодатчиков представлен ниже.

1. Тензометрический датчик силы Sierra SL6D-C3-10kg (рис. 3).



Рис. 3. Одноточечный тип тензодатчика

Тензодатчик обладает следующими характеристиками:

- термокомпенсация — есть;
- номинальная нагрузка — 10 кг;
- материал датчика — алюминиевый сплав;
- класс точности — С3.

Преимущества:

- оптимальная комплектация;
- расширенные функции безопасности;
- увеличенная гарантия (1 год вместо полугода).

Недостатки: ограниченный температурный режим работы — до +35° С.

2. Тензометрический датчик давления 100kg-3T (рис. 4).

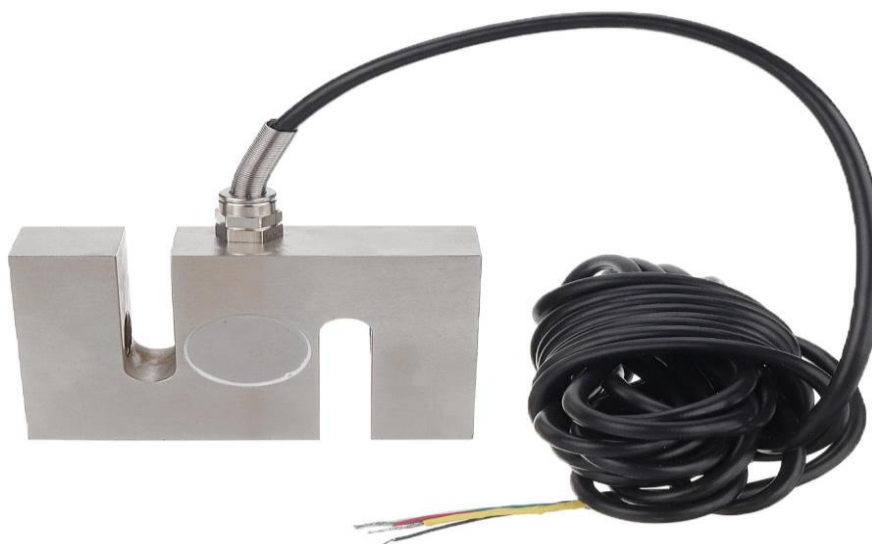


Рис. 4. S-образный тип тензодатчика

Тензодатчик обладает следующими характеристиками:

- номинальная нагрузка — 100 кг;
- материал датчика — никелированная сталь;

— класс точности — С3.

Преимущества:

— многофункциональность;

— приемлемая цена;

— применение в расчете на средние нагрузки (от 1 до 3 тонн).

Недостатки: вероятно недолговечность резистора.

3. Тензометрический датчик консольного типа CAS BSA-1 (рис. 5).



Рис. 5. Консольный тип тензодатчика

Тензодатчик обладает следующими характеристиками:

— номинальная нагрузка — 1 000 кг;

— материал датчика — легированная сталь;

— класс точности — С3.

Преимущества:

— малые габариты;

— повышенная точность;

— соединение с АЦП одним кабелем.

Недостатки: узкая направленность применения.

Заключение. Тензодатчики являются основным элементом в приборах по измерению деформации твердых тел. Они точны, имеют расширенный диапазон применения, герметичны, работают в неблагоприятных условиях и достаточно компактны. На рынке представлены различные модификации тензодатчиков, цены на которые сильно отличаются и зависят по большей части от бренда. Проведя сравнительный анализ современных тензодатчиков, изучив основные характеристики, на которые необходимо опираться при их выборе, авторы выявили, что в связи с простотой конструкции нет необходимости для бытового применения использовать дорогостоящие аппараты. Наилучшее соотношение цены и качества имеют тензометрический датчик силы Sierra SL6D-C3-10kg, тензодатчик давления 100kg-3T и тензодатчик консольного типа CAS BSA-1.

Библиографический список

1. Тензодатчик — тензорезисторный датчик / Vesovoy.info : [сайт]. — URL: <http://vesovoy.info/vesovoe-oborudovanie/tenzodatchik-tenzorezistorniy-datchik> (дата обращения: 01.03.2022).

2. Хакимьянов, М. И. Тензометрические измерительные преобразователи веса и силы с активным выходом / М. И. Хакимьянов, В. Д. Ковшов // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий : межвузовский сборник, посвященный 50-летию кафедры

ЭЭП УГНТУ. — Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2005. — С. 142–145.

3. Иванович, Н. Лучшие тензодатчики на 2022 год и их отличия между собой / Н. Иванович / ЯНашла : [сайт]. — URL: <https://yanashla.com/luchshie-tenzodatchikii-ih-otlichiya-mezhdu-soboj> (дата обращения: 01.03.2022).

Об авторах:

Кучеркова Анастасия Дмитриевна, студентка кафедры «Управление качеством» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,), ku4erkova@mail.ru

Тимолянов Константин Андреевич, доцент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, руководитель ЦИТР «Промышленный коворкинг «Гараж» Донского государственного технического университета», ktimolyanov@donstu.ru

Донсков Олег Аркадиевич, студент кафедры «Автоматизированные системы получения и обработки измерительной информации» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), администратор ЦИТР «Промышленный коворкинг «Гараж» Донского государственного технического университета», olegdonskov2524@gmail.com

About the Authors:

Kucherkova, Anastasiya D., Student, Department of Quality Management, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ku4erkova@mail.ru.

Timolianov, Konstantin A., Associate Professor, Department of Physics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Ph.D. ktimolyanov@donstu.ru.

Donskov, Oleg A., Student, Department of Automated Systems for Obtaining and Processing Measurement Information, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Administrator of the Center for Industrial Coworking «Garage» of the Don State Technical University olegdonskov2524@gmail.com.