

О КЛАССИФИКАЦИИ ДАТЧИКОВ

ABOUT THE SENSORS CLASSIFICATION

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный технический университет
Saint-Petersburg, State Technical University St.-Petersburg

Обсуждается проблема классификации датчиков физических величин. Предлагаются два подхода к классификации, один из которых ориентирован на потребителей, а другой – на разработчиков датчиков.

The problem of the classification of physical quantities transducers is discussed. Two approaches to the classification are proposed, one of that is orientated towards consumers, and other – towards designers.

Разнообразие датчиков колоссально. Ориентироваться в нем должна помогать надлежащая классификация. Ее необходимость для потребителей не требует объяснений. С другой стороны, она нужна физикам, специализирующимся на изучении свойств различных физических сред и ищущих их практические приложения. В настоящем докладе делается попытка указать возможные классификационные схемы, каждая из которых ориентирована на свой круг специалистов, причем датчики с пневматическим и гидравлическим выходными сигналами здесь не рассматриваются.

Согласно одному из справедливых определений [1] датчик представляет собою конструктивно обособленную совокупность преобразователей, воспринимающую одну или несколько измеряемых величин и преобразующую их в измерительные сигналы. Потребитель воспринимает эту совокупность как единое целое, «черный ящик», у которого его интересуют лишь входные и выходные данные, т.е. измеряемая величина, выходная величина и метрологические характеристики (МХ). С точки зрения потребителя именно эти данные представляют коренные свойства классифицируемых объектов, и подлинно научная классификация должна использовать признаки, от которых эти свойства зависят.

Однако указать признаки, от которых достаточно непосредственно зависели бы МХ, вряд ли возможно, хотя бы потому, что те или иные ценные качества достигаются различными путями (так, высокая чувствительность может получаться как следствие использования полупроводникового чувствительного элемента и в результате встраивания в датчик усилителя). Поэтому классификацию имеет смысл производить непосредственно по значениям МХ.

Первым, не подлежащим обсуждению классификационным признаком является несомненно **измеряемая величина**. Если измеряемых величин не одна, датчик должен быть причислен к каждой из них с указанием остальных. МХ и выходная величина в этом случае должны характеризовать часть датчика, относящуюся к данной измеряемой величине. **Выходные величины** датчиков делятся прежде всего по **виду модуляции выходного сигнала**, которая может быть *амплитудной, частотной, либо кодовой*. Датчики с амплитудной модуляцией традиционно подразделяются на *генераторные* (выходная величина напряжение или ток) и *параметрические* (выходная величина сопротивление, емкость или индуктивность). Под генераторными в отклонение от традиционного принципа, но в соответствии со здравым смыслом здесь понимаются не только те, которые *преобразуют энергию объекта* измерения, но и те, которые *требуют постороннего питания*. Классификация датчиков по выходной величине представлена на рис. 1.

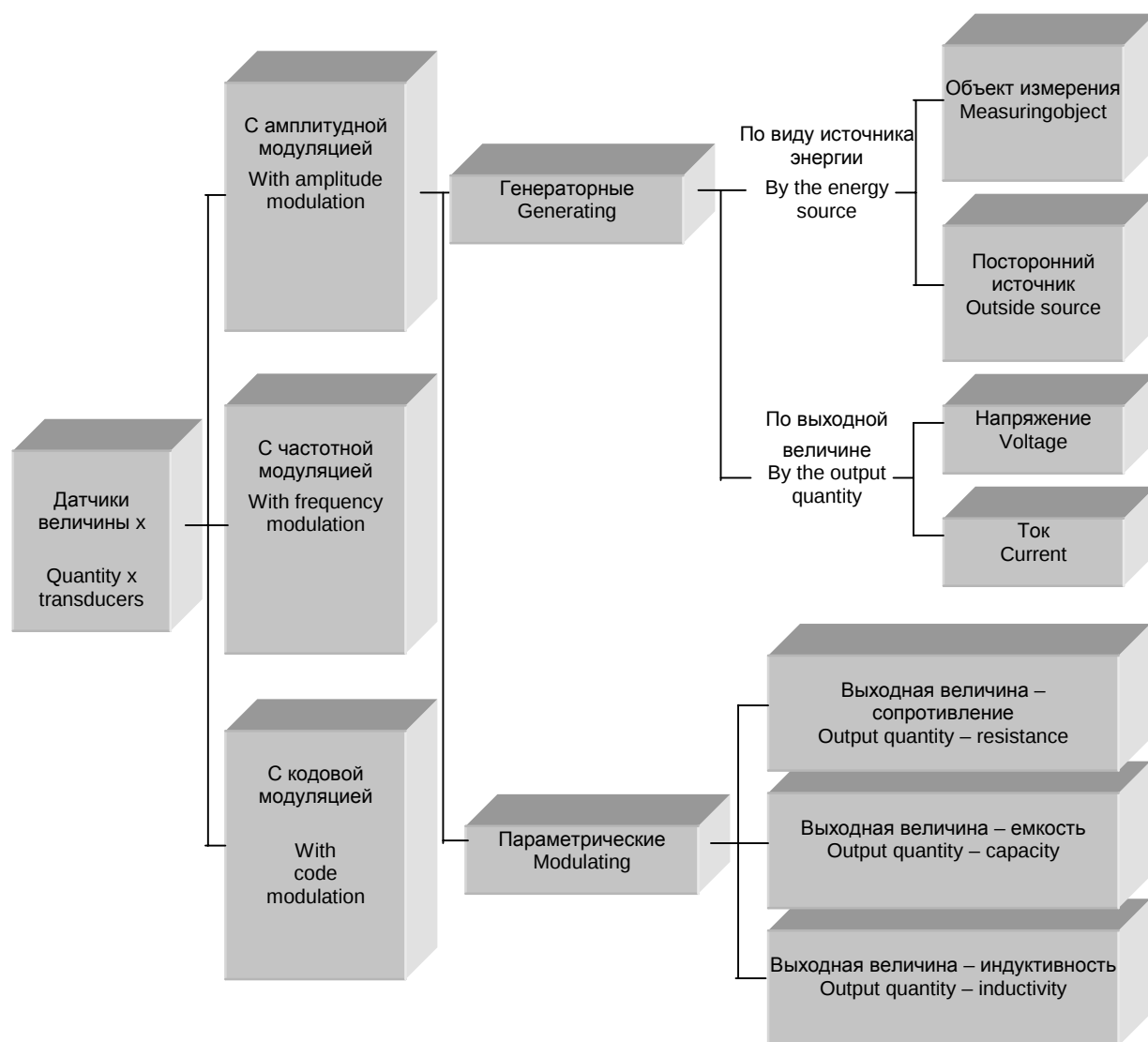


Рис. 1. Классификация датчиков по выходной величине
Fig. 1. The sensors classification by the output quantity

Согласно [2] у датчиков, как и у других средств измерений, различаются следующие группы МХ:

- характеристики преобразования измеряемых величин (диапазон и коэффициент преобразования),
- характеристики взаимодействия с объектом и прочими средствами измерения (входной и выходной импедансы, либо характеристики, с ними непосредственно связанные),
- характеристики погрешности (погрешность в лабораторных условиях, влияние факторов окружающей среды, динамические характеристики),
- прочие характеристики, которые могут устанавливаться при необходимости.

«Шкалы» МХ непрерывны, и для классификации их необходимо делить на части. Ниже предпринята попытка такого деления.

Диапазоны преобразования разумно делить на три части: малых, средних и больших значений. Такое деление, разумеется, условно, однако, оно уже предпринято в целом ряде случаев. Так, низкими считаются температуры ниже 273 К, средними 273 – 1300 К, высокими – выше 1300 К. Поддиапазоны изменения объемного расхода жидкостей суть 0 – 15· 10⁻⁴ м³/с (малые), 15· 10⁻⁴ – 0,5 м³/с (средние) и от 0,5 м³/с и выше (большие). Было бы совсем неплохо, если бы физики взяли на себя труд деления диапазонов практического изменения всех физических величин на вышеуказанные части, а органы стандартизации закрепили это деление в нормативных документах. Установление поддиапазонов изменения измеряемых величин одновременно решило бы подобную задачу и для коэффициентов преобразования датчиков, очевидным образом связанных с

диапазонами преобразования. Если диапазон преобразования датчика расположен в двух из указанных областей, его целесообразно отнести к той из них, которая занимает большую часть диапазона датчика.

Характеристиками взаимодействия датчика с объектом и внешними средствами измерения являются его входной и выходной импедансы. Однако, поскольку на входе датчика, как правило, неэлектрическая величина, входной импеданс почти никогда не указывается. Он может быть определен лишь в тех случаях, когда измеряемая величина представляет силу, перемещение, скорость или ускорение в обобщенном смысле, а это возможно лишь тогда, когда для данного физического процесса могут быть указаны эквиваленты этих величин. Эта проблема решена для представительного ряда областей, в результате чего появились электромеханические, электроакустические, электрогидравлические, электропневматические и электротепловые аналогии.

Входной импеданс датчика связан с другими его характеристиками, как, например, импеданс вибродатчика с его массой. Эти характеристики определяются проще и часто указываются в паспортных данных. По ним можно судить об импедансе, для которого в классификации целесообразно предусмотреть две градации – низкий и высокий. Это относится и к выходному импедансу, указание которого не представляет трудностей, поскольку он является электрическим.

По погрешности в лабораторных условиях датчики могут быть подразделены на высокоточные (до 0,1 %), точные (0,1 – 0,3 %), средней (0,3 – 1,5 %) и низкой (более 1,5 %) точности.

По чувствительности к влияющим факторам датчики можно разделить на таковые с малой и большой чувствительностью. (разумеется, по каждому фактору отдельно). Единой формой указания такой чувствительности может служить отношение соответствующей погрешности в диапазоне изменения влияющего фактора к погрешности в лабораторных условиях.

Поскольку полные динамические характеристики датчиков приводятся крайне редко, а для нелинейных датчиков вообще не определяются, классифицировать лучше по частной динамической характеристике – частотному диапазону или времени реакции, смотря по измеряемой величине. Здесь целесообразно установить три градации – датчики малоинерционные, средней и большой инерционности. Конкретные значения характеристик в общем должны быть различны для разных измеряемых величин, ибо последние характеризуют процессы, протекающие с разной скоростью. Так, малоинерционным может считаться датчик ускорения с частотным диапазоном в несколько килогерц, в то время как температурный датчик считается малоинерционным уже при граничной частоте порядка 0,01 Гц.

На рис. 2 представлена классификационная схема, использующая вышеприведенные соображения.

Второму кругу специалистов – физикам нужна, прежде всего, классификация по принципу действия, выражением которого является конструкция. Такая классификация при бесконечном разнообразии датчиков кажется сегодня непреодолимой задачей. Как и во многих других случаях, проще и естественнее классифицировать элементы датчиков. Во-первых, их меньше, нежели создаваемых из них комбинаций. Во-вторых, для их классификации легче найти классификационные признаки. Попытки деления элементов датчиков и физических эффектов на группы предпринимались неоднократно (см., например, [3,4]), в результате чего собран полезный материал. Общей чертой этих попыток является апелляция к существующему делению физики на разделы, что не всегда дает конструктивный результат вследствие их взаимопересечения и порождает излишнюю детализацию.

Главную роль почти в любом датчике играют два преобразователя – тот, к которому подведена измеряемая величина, и тот, на выходе которого получается первая для данного датчика («естественная») электрическая величина. Весьма часто они объединены в одном элементе, либо не могут быть разделены конструктивно. Под преобразователем здесь имеется в виду элемент, реализующий один физический эффект, т.е. физическую закономерность, которую на сегодняшнем уровне знаний невозможно или нецелесообразно расчленить на частные, следующие друг за другом.

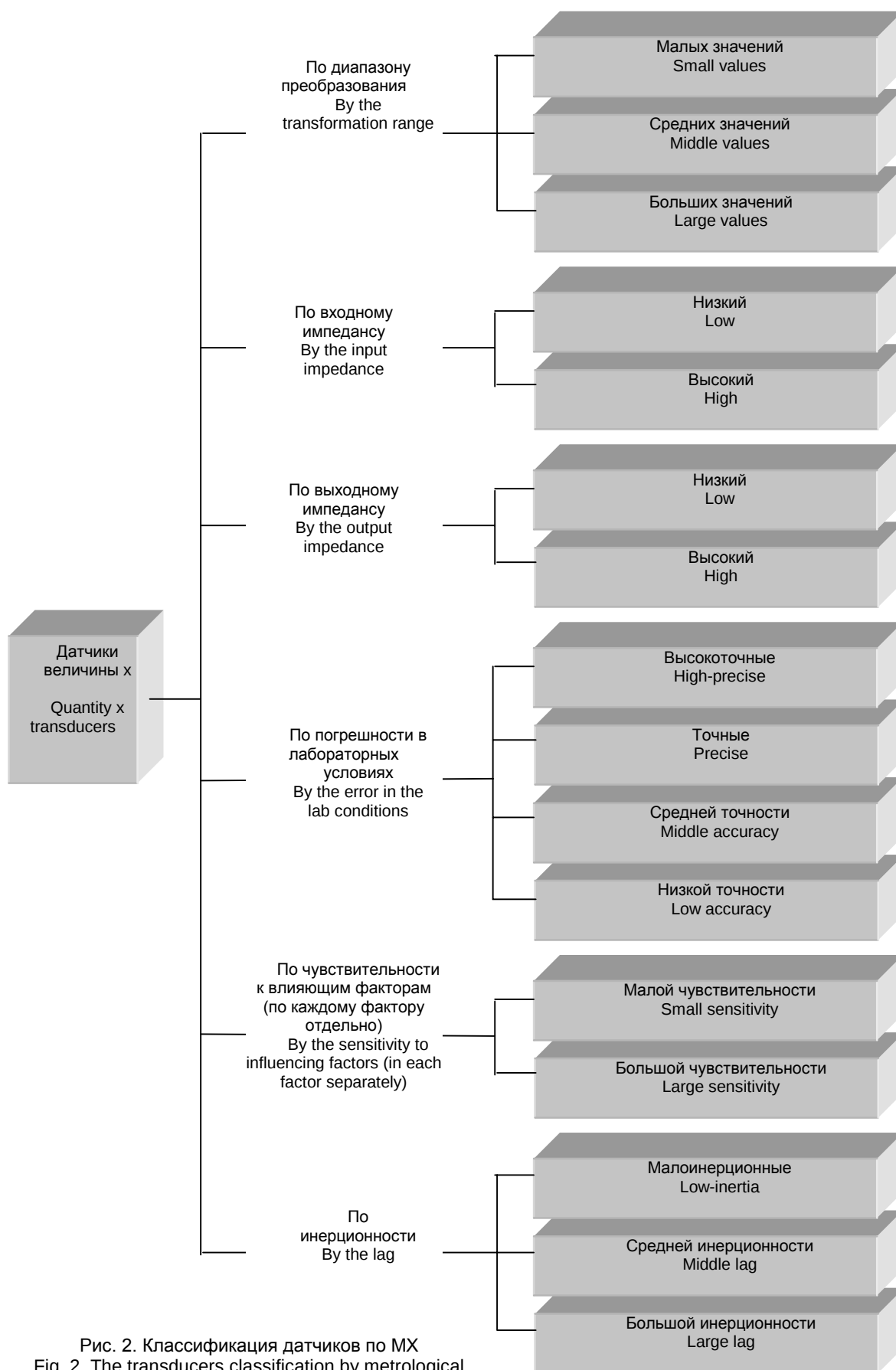


Рис. 2. Классификация датчиков по МХ
Fig. 2. The transducers classification by metrological characteristics

В датчиках с обратной связью по неэлектрической величине главную роль играет обратный преобразователь.

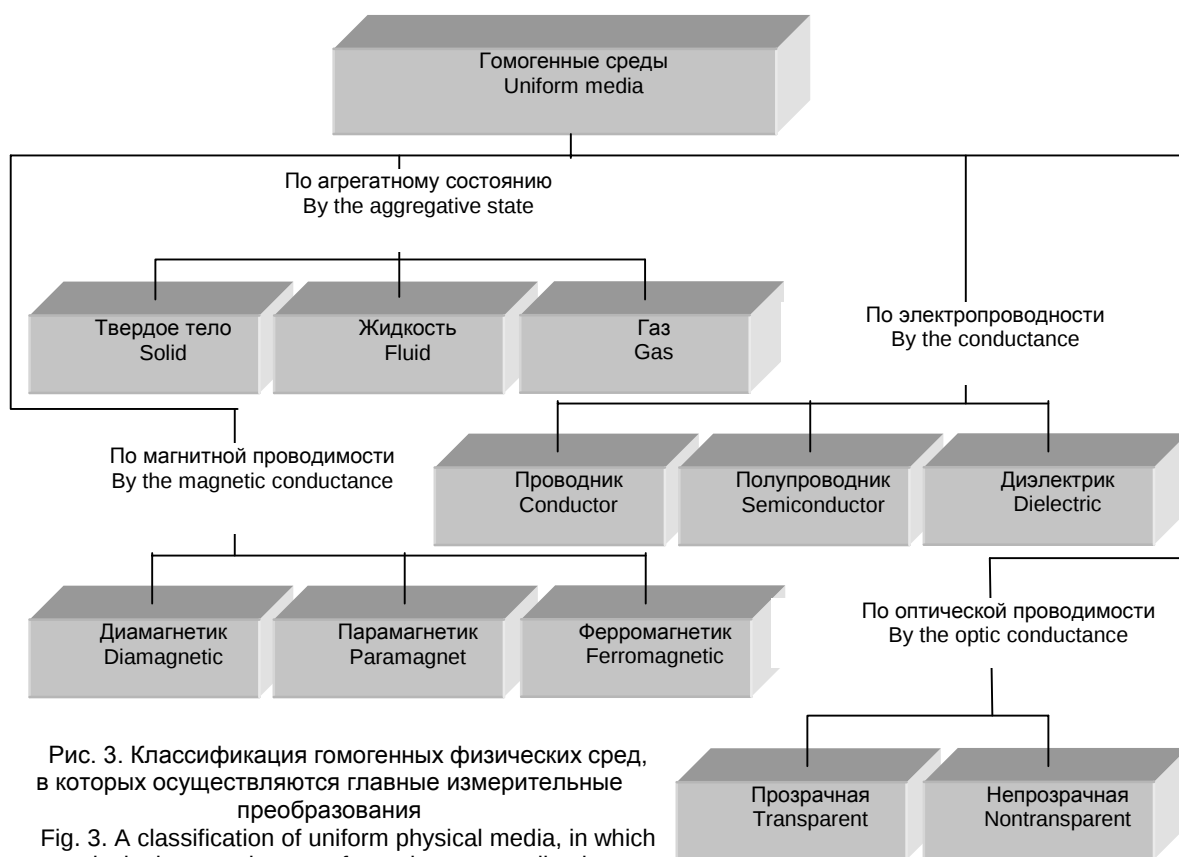
Практическую полезность следует ожидать от такой классификации главных элементов датчиков, которая использует признак единства физической теории. Несмотря на относительность этого понятия, автору представляется, что конструктивный результат может быть получен, если деление проводить по **характеру физической среды**, в которой осуществляется преобразование [5].

Под характером физической среды имеется в виду прежде всего **степень ее однородности**: является ли структура *гомогенной* или *гетерогенной*. При этом подразумевается принципиальная гетерогенность, т.е. такая, в которой только и может иметь место определенный эффект. От нее следует отличать конструктивно-технологическую гетерогенность, которая требуется для выявления эффекта.

Гомогенные среды различаются в первую очередь по **их агрегатному состоянию**: *твердое тело*, *жидкость* или *газ*. Другими признаками являются **электрическая, магнитная и оптическая проводимость**.

По электрической проводимости среды естественным образом делятся на *проводники*, *полупроводники* и *диэлектрики*. По магнитной – на *диа-*, *пара-* и *ферромагнетики*. В зависимости от оптической проводимости среды достаточно разделить на *прозрачные* и *непрозрачные*.

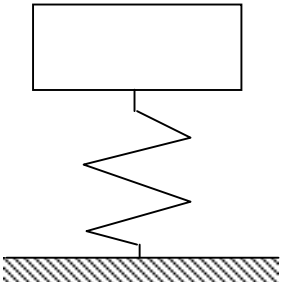
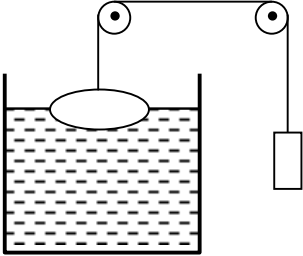
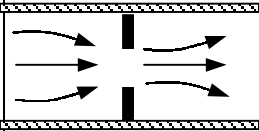
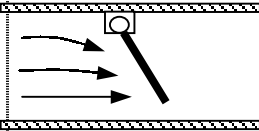
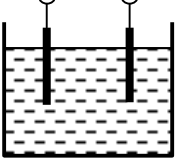
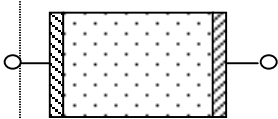
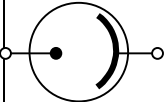
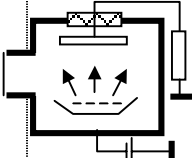
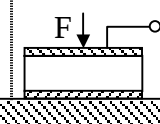
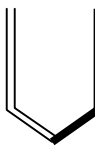
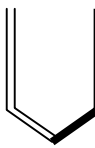
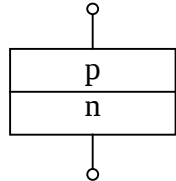
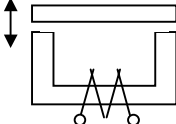
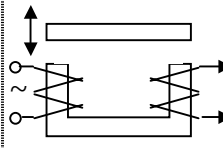
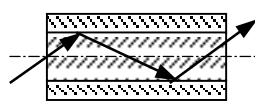
Приведенное деление гомогенных сред представлено на рис. 3.



Д. классификационные признаки, и приходится ограничиться перечислением видов, которые охватывают наиболее употребительные типы датчиков. В пределах одного вида преобразователи объединяет принципиальная общность главной конструктивной составляющей, т.е. такой, которая не повторяется в преобразователях других видов. Основные виды гетерогенных структур, используемые в датчиках, сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Гетерогенные структуры, в которых осуществляются главные измерительные преобразования

Механическая система 2-го порядка		Кинематическая передача	
			
Механическая система в потоке жидкости или газа		Пара электродов, разделенных электролитическим промежутком	
Неподвижное тело	Подвижное тело	С жидким электролитом	С твердым электролитом
			
Пара электродов, разделенных диэлектрическим промежутком		Контакт двух разнородных проводников или полупроводников	
С вакуумным промежутком	С газовым промежутком	С промежутком из твердого диэлектрика	Контакт двух проводников
			
Контакт двух полупроводников		Контакт полупроводников двух	
			
Контур или совокупность контуров с токами в магнитном поле		Тело, пронизываемое световым потоком	
Один контур или несколько индуктивно не связанных контуров	Индуктивно связанные контуры	Маска или шторка	Световод
			

В заключение еще раз отметим, что все вышеизложенное не следует рассматривать как готовую классификацию, предлагаемую автором. Это лишь попытка взглянуть на проблему с несколько иных, чем прежде, позиций. Вряд ли возможно и целесообразно пытаться установить «единственно правильный», ключевой принцип классификации датчиков физических величин. Как и в других областях, где проводится классификация рукотворных объектов, на передний план должна выступать практическая полезность, а она диктует различные подходы, порожденные различием точек зрения.

Литература

1. Алейников А.Ф. и др. Датчики.—Новосибирск, 2000.—176 с.
2. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений.
3. Обухов В.И. Принципы формирования элементов автоматики.—Минск: Наука и техника, 1970.—208 с.
4. Ложников В.Я. Измерительные преобразователи.—Новосибирск, 1976.—81 с.
5. Мазин В.Д. Физическое содержание измерительных преобразователей // Метрологическая Академия. Вестник Северо-западного Отделения.—2000.—Вып. 5.— С. 24 – 28