

# TUNING-FORK - ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

Уже более 50 лет компания ShinkoDenshi создает и развивает самые передовые и оригинальные технологии.

## Почему мы используем датчик Tuning-fork?

В настоящее время в электронных весах главным образом используются три основные типа датчиков: тензодатчик, электромагнитный датчик и датчик Tuning-Fork. Сравнивая Tuning-Fork с двумя другими системами, становятся очевидными неоспоримые преимущества датчика бренда ViBRA, который имеет также и научную новизну, основываясь на кардинально другом принципе работы.

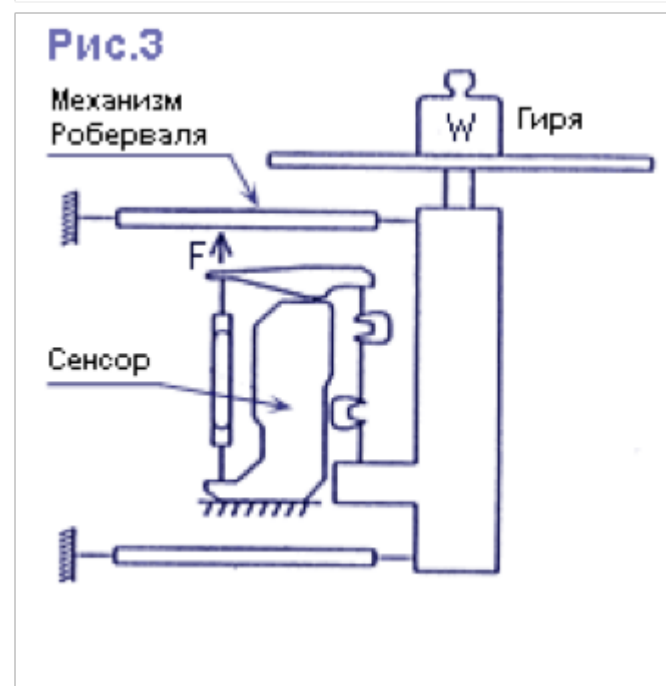
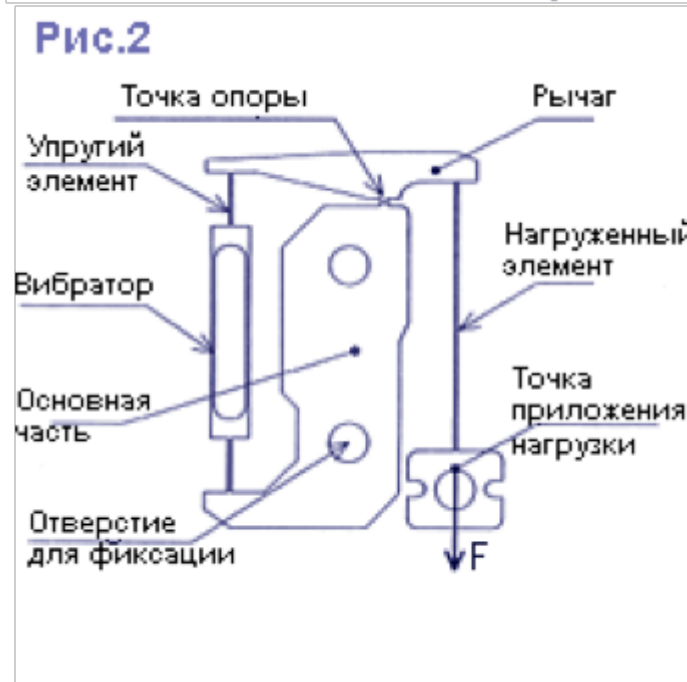
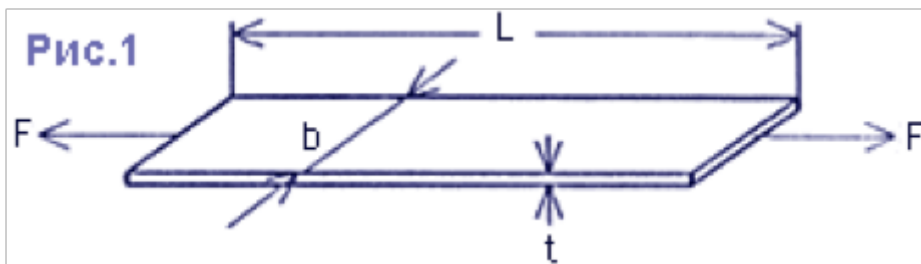
Датчик Tuning-fork	Электромагнитный датчик	Тензодатчик
Датчик Tuning-Fork представляет из себя монолитную систему, состоящую из двух камертонов, соединенных зубцами в единое целое. При растяжении или сжатии металлического вибратора происходит изменение (повышение или уменьшение) его частоты. Камертон применяется в качестве эталона звука определенной высоты для настройки музыкальных инструментов, так как частота является чрезвычайно стабильной физической характеристикой. Кроме того частота является цифровой характеристикой, и поэтому не требуется дополнительного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Деформация датчика Tuning-Fork составляет всего 1/10 от деформации тензодатчика, но при этом чувствительность выше чувствительности тензодатчика более чем в 50 раз.	Данный принцип использует компенсацию нагрузки электромагнитной силой путем изменения силы тока, протекающего через катушку магнита. Данный тип датчика позволяет достичь очень высокой точности взвешивания, однако требует установки аналого-цифрового преобразователя, как и тензодатчик. На показания весов, использующих данный тип датчика, сильное влияние оказывают электромагнитные поля и изменения температуры. До начала измерений система на базе электромагнитного датчика требует длительного прогрева.	Датчик состоит из металлической (как правило, алюминиевой или стальной) балки и наклеенного на нее тензорезистора, сопротивление которого изменяется пропорционально деформации балки. Весы на базе тензодатчика также требуют АЦП для преобразования сигнала. Достоинством тензодатчика являются простота и низкая стоимость. Однако, точность таких весов намного ниже, чем точность весов на электромагнитном датчике или на датчике Tuning-Fork. Тензодатчик также требует примерно получасового прогрева для получения стабильных результатов измерений.

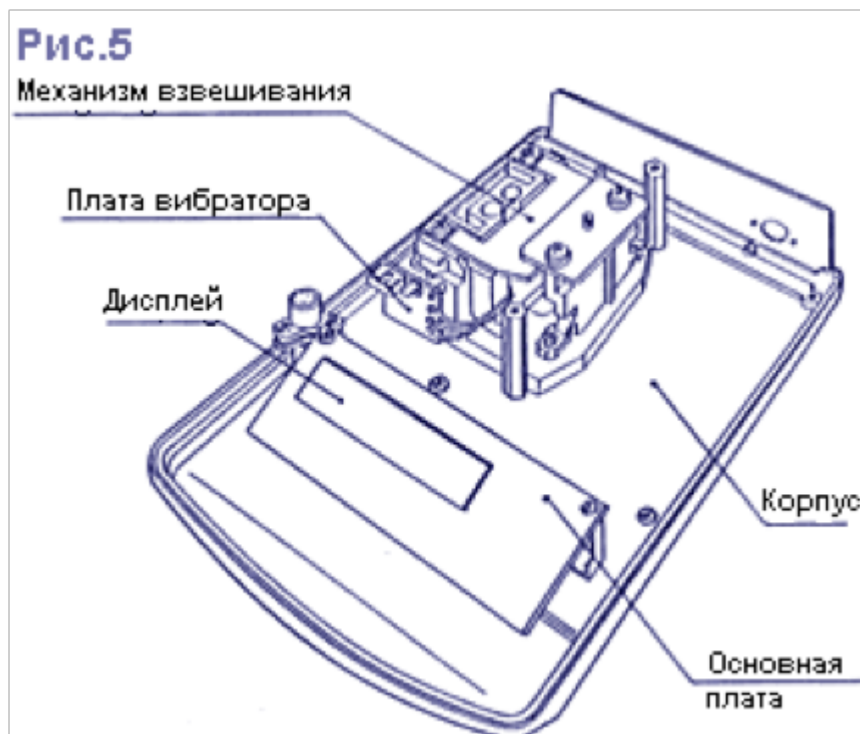
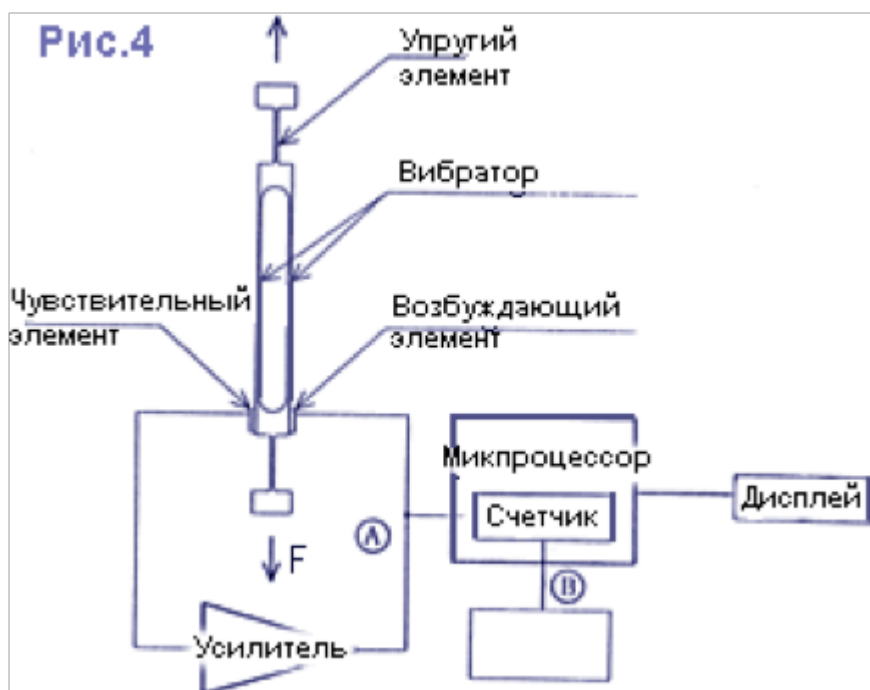
## Структура датчика Tuning-Fork

Далее мы расскажем более детально о структуре датчика Tuning-Fork и принципах, лежащих в основе его работы.

**Рис. 1** показывает принцип работы обычного камертона. Собственная частота вибрирующей пластины вычисляется по формуле:  $F = A (1 + B \times F)$ , A и B - фиксированные параметры, определяемые геометрическими размерами камертона (L, b и T на Рис.1), плотностью материала и модулем Юнга. Камертон изготавливается из металла, поэтому его размеры и плотность постоянны. Кроме того, величина модуля Юнга также не изменяется благодаря использованию особых упругих материалов. Собственная частота камертона достаточно стабильна и не подвержена влиянию магнитных полей. Датчик Tuning-Fork в полной мере использует эти достоинства камертона. Tuning-Fork даже выглядит, как два камертона,

сросшихся друг с другом вибрирующими зубцами. Более того, рычаг и точка опоры также уже встроены в единую монолитную систему датчика.





На **Рис.2** изображен датчик Tuning-Fork. На **Рис.3** показан принцип работы весов на датчике Tuning-Fork. Если поместить на платформу груз "W", сила "F" передаст нагрузку на датчик через специальный механизм. На **Рис.4** схематично изображен принцип работы весов на датчике Tuning-Fork. Непосредственно на вибраторе датчика закреплены два пьезокерамических элемента: возбуждающий и чувствительный. Как показано на рисунке, элементы подключены соответственно ко входу и выходу усилителя. Сопротивление датчика составляет несколько сотен кОм, и система в целом имеет очень низкую потребляемую мощность, что приводит к минимальному выделению тепла. Кроме того, так как в качестве измеряемого параметра выступает частота, отсутствует необходимость в применении аналого-цифрового преобразователя. Это является большим преимуществом при использовании такой системы, например, во взрывобезопасном оборудовании. На **Рис.5** показано устройство весов на датчике Tuning-Fork. Весы состоят из

механической части с датчиком Tuning-Fork, платы вибратора и основной платы с микропроцессором.

## Характеристики датчика Tuning-Fork:

<b>Воспроизводимость</b>	Высокая, так как система не требует значительной деформации металла.
<b>Линейность</b>	Оригинальный сигнал нелинеен, но чрезвычайно стабилен. Нелинейность сводится к минимуму с помощью микропроцессора.
<b>Температурные характеристики</b>	Отличные, так как механизм изготовлен из прочного и упругого материала.
<b>Тепловыделение</b>	Минимальное благодаря низкой потребляемой мощности сенсора и основной платы, сенсор не нуждается в прогреве до начала измерений.
<b>Долгосрочная стабильность</b>	Превосходная (по причинам, изложенным выше)
<b>Структура</b>	Небольшая и компактная

## Весы на датчике Tuning-Fork превосходят все ожидания

Как отмечено выше, датчик Tuning-Fork имеет много неоспоримых преимуществ по сравнению с тензодатчиком или электромагнитной системой. С другой стороны, тензодатчик и электромагнитный датчик используются в электронных весах уже в течение длительного времени. Однако, сенсор Tuning-Fork, который принципиально отличается от других систем, разрушает существующую концепцию электронных весов благодаря описанным выше преимуществам. Например, тот факт, что весы на датчике Tuning-Fork в отличие от традиционных датчиков не требуют прогрева перед началом измерений, делает их гораздо более удобными в эксплуатации. Кроме того, датчик Tuning-Fork устойчив к перегрузкам и имеет встроенную защиту от ударов. Это подтверждается тем фактом, что механические повреждения датчика Tuning-Fork случаются намного реже по сравнению с другими системами. Также процесс обработки сигнала у датчика Tuning-Fork намного быстрее, так с датчика выходит уже цифровой сигнал, и скорость стабилизации показаний весов быстрее, чем у других систем. Наиболее значительным, но не последним достоинством датчика Tuning-Fork является высокая стабильность калибровки при изменении температуры. Это объективно доказано работой крупнейшего в мире оптического телескопа "Субару", который использует систему Tuning-Fork для контроля положения своего основного зеркала уже в течение длительного времени. Это означает, что отпадает необходимость не только в прогреве весов перед работой, но и в их периодической калибровке, если место эксплуатации весов не менялось.

## Сравнение основных типов датчиков

	<b>Tuning - Fork</b>	<b>Loadcell (тензодатчик)</b>	<b>Electro-magnetic</b>
<b>Воспроизводимость</b>	Высокая	Низкая	Средняя
<b>АЦП</b>	Не требуется	Необходим	Необходим
<b>Помехоустойчивость</b>	Высокая	Низкая	Средняя
<b>Прогрев</b>	Не требуется	Необходим	Необходим
<b>Температурные изменения</b>	Не влияют	Влияют	Влияют

Преимущества акустического датчика высоко оценены в OIML (Международная организация законодательной метрологии). Инженеры Shinko Denshin написали статью, в которой детально подтвердили характеристики датчика «Tuning fork» и соответствие классу точности D 50 по стандартам OIML R60:2000, которым довольно сложно соответствовать традиционным весам с тензодатчиком.

Статья была опубликована в официальном журнале OIML " OIML бюллетене" в январе 2015 года. Вы можете увидеть статью на веб-сайте МОЗМ.