

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗВЕШИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ДВИЖЕНИИ

К. Исаев

Новый подход к метрологическому обеспечению поосного взвешивания автомобильного и железнодорожного транспорта в движении состоит в том, что погрешность измерения каждый раз определяется вместе с оценкой самой измеряемой величины (осевой или тележечной нагрузки) и зависит от скорости и равномерности движения, а также качества дороги и исправности транспорта, определяемых по осциллограмме изменения вертикальной силы, действующей на грузоприёмное устройство.

В проекте межгосударственного стандарта [1] регламентируется зависимость погрешности измерений вертикальных сил воздействия транспортного средства (ТС) на дорожное покрытие от скорости его движения. Встроенное в дорожное полотно устройство для измерения действующих на него вертикальных сил по существу является грузоподъёмным устройством (ГУ), которое может применяться для измерения массы и осевых нагрузок (распределения массы по осям) ТС в движении. Очевидно, что, кроме скорости движения, погрешность измерения этих величин должна существенно зависеть от ещё ряда факторов.

Так неравномерное движение при проезде через ГУ, т.е. движение с ускорениями (рывками и торможениями) перераспределяет силы между различными осями ТС (из-за того, в частности, что центр масс транспорта находится выше уровня дороги), что может привести к существенным погрешностям в определении массы и осевых нагрузок. Составляющую погрешности этого типа можно оценить по численному значению **неравномерности** проезда, если определить последнюю как разность между максимальной и минимальной скоростями проезда различных осей ТС через грузоприёмный модуль, отнесённую к средней по всем осям скорости. Скорости проезда осей, в свою очередь, можно оценить поделив длину грузоприёмного модуля на времена, в течение которых эти оси при проезде ТС находились на грузоприёмном модуле (двигались по нему).

Другими факторами, влияющими на погрешности определения осевых нагрузок и массы, являются качество подъездной дороги непосредственно перед въездом на ГУ и съезда с него (для автодорог – наличия рытвин и ухабин, для железной дороги – качество стыков рельсов), качество монтажа ГУ (сопряжения его с дорогой), тип подвески ТС и её возможные неисправности, качество измерительной аппаратуры. Все эти факторы в конечном итоге достаточно полно отражаются на осциллограмме проезда ТС, которая, таким образом, несёт в себе информацию (включая и информацию о скорости и неравномерности движения транспорта), позволяющую оценить не только массу и осевые нагрузки транспорта, но и содержащуюся в них погрешность.

На рис. 1, 2, 3 представлены различные осциллограммы проезда автотранспорта, на рис. 4 – начальный отрезок осциллограммы проезда железнодорожного состава через соответствующие ГУ фирмы “Тензор”.

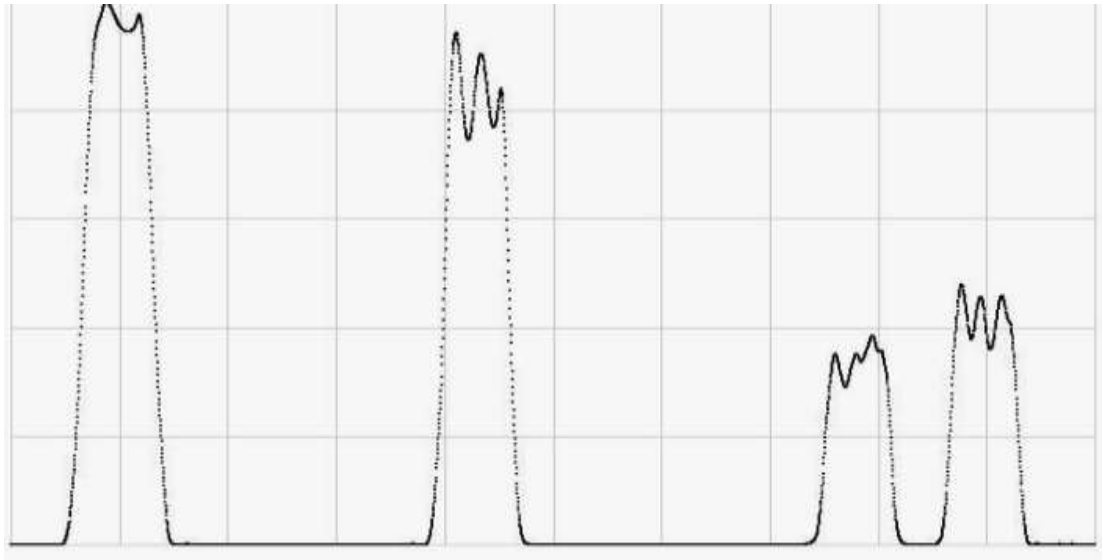


Рис. 1. Осциллограмма проезда четырёхосного автомобиля на скорости 7 км/ч

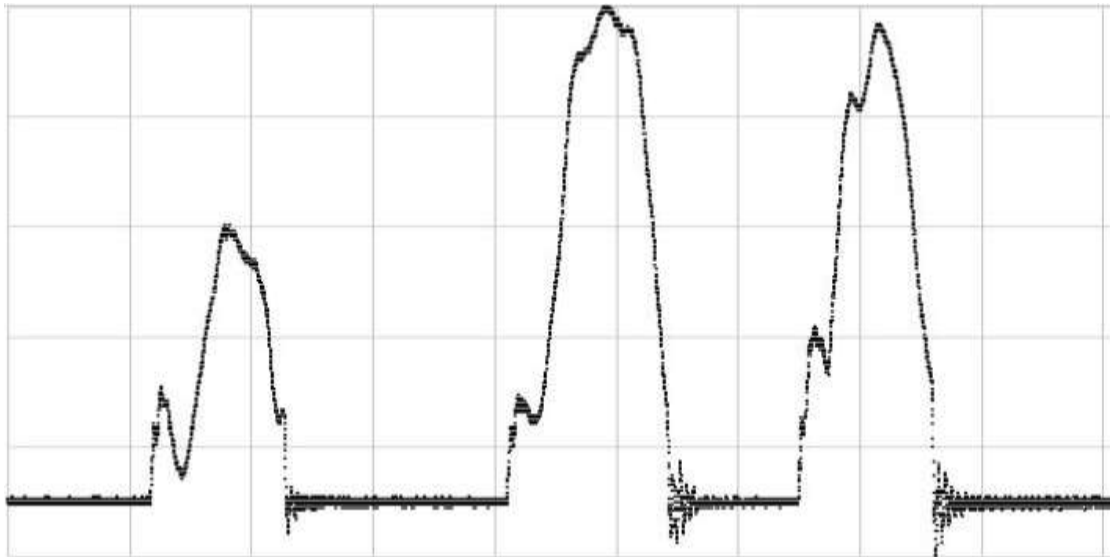


Рис. 2. Осциллограмма проезда трёхосного автомобиля на скорости 18 км/ч

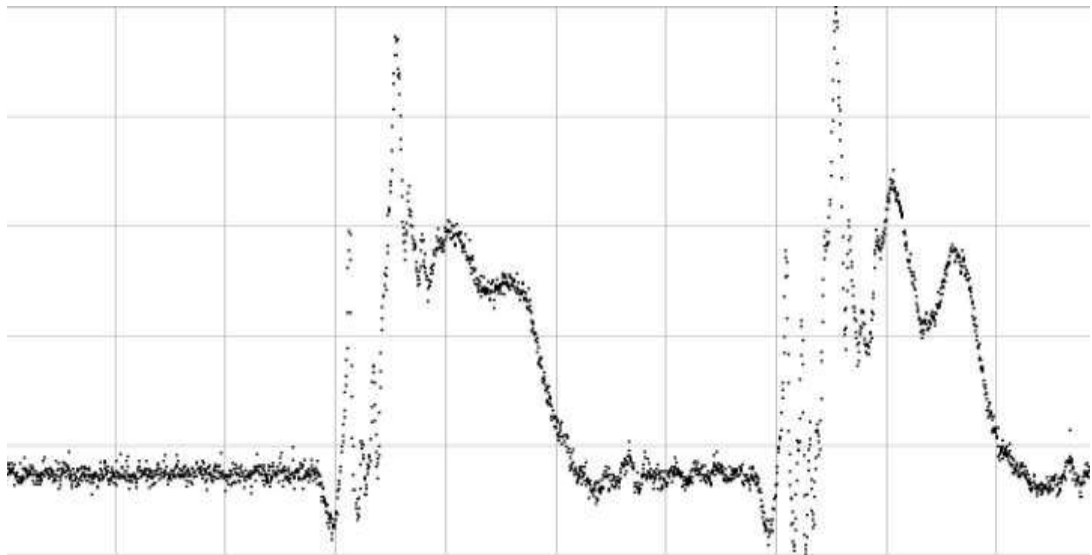


Рис. 3. Осциллограмма проезда двухосного автомобиля на скорости 40 км/ч

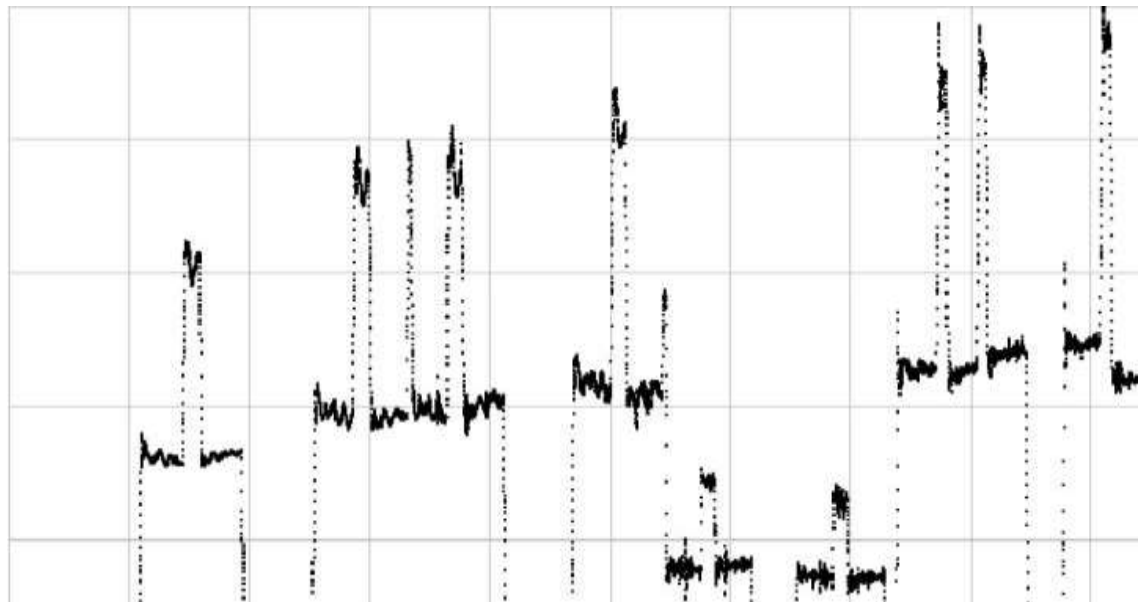


Рис. 4. Начальный отрезок осциллограммы проезда железнодорожного состава со средней скоростью 15 км/ч

Видно, что с точки зрения точности определения осевых нагрузок и массы ТС осциллограммы на рис.1, 2, 3, 4 имеют различное качество. И хотя значительную роль здесь играет скорость движения ТС, дело не только в ней. В частности, на осциллограмме рис. 2 видны удары при наезде ТС на ГУ, что говорит о некачественном сопряжении дороги с ГУ, рис. 3 кроме ударов отражает в себе высокий уровень шумов измерения. В принципе, даже при низких скоростях движения и равномерном проезде могут наблюдаться очень некачественные осциллограммы. Чаще всего это связано с плохим качеством системы “дорога - ГУ”, но бывают и другие причины. Например, водитель может резко затормозить перед ГУ, а затем медленно и равномерно проехать по ним. При этом если возникшие при торможении колебания ТС на своей подвеске не успеют существенно затухнуть к

началу наезда на ГУ, то это придаст осциллограмме существенно колебательный характер и снизит точность определения осевых нагрузок.

Из сказанного следует, что кроме скорости и равномерности движения для определения различных по точности режимов взвешивания следует ввести по меньшей мере ещё один параметр, характеризующий качество проезда. В идеале для точного взвешивания осциллограмма для каждой оси должна содержать горизонтальные участки, на которых и должны определяться осевые нагрузки. Реальные осциллограммы, как видно из рис. 1, 2, 3, 4, существенно отличаются от идеальных. Это отличие должно определяться параметром, характеризующим степень колебательности осциллограммы на указанных участках. Ниже этот параметр будем называть **параметром неравномерности нагрузок (ПНН)**.

Очевидно, что способ определения ПНН тесным образом связан с методом определения осевой (тележечной) нагрузки по соответствующему обрабатываемому отрезку (участку) осциллограммы, т.е. отрезку, на котором ГУ испытывало **полную** нагрузку только от этой оси (тележки). Перейдём к рассмотрению одного из вариантов этого метода, опуская процедуру выделения из осциллограммы обрабатываемых отрезков.

На рис. 5 изображён в развёрнутом виде один из обрабатываемый отрезок осциллограммы рис. 4. Основная идея обработки состоит в фильтрации этого отрезка

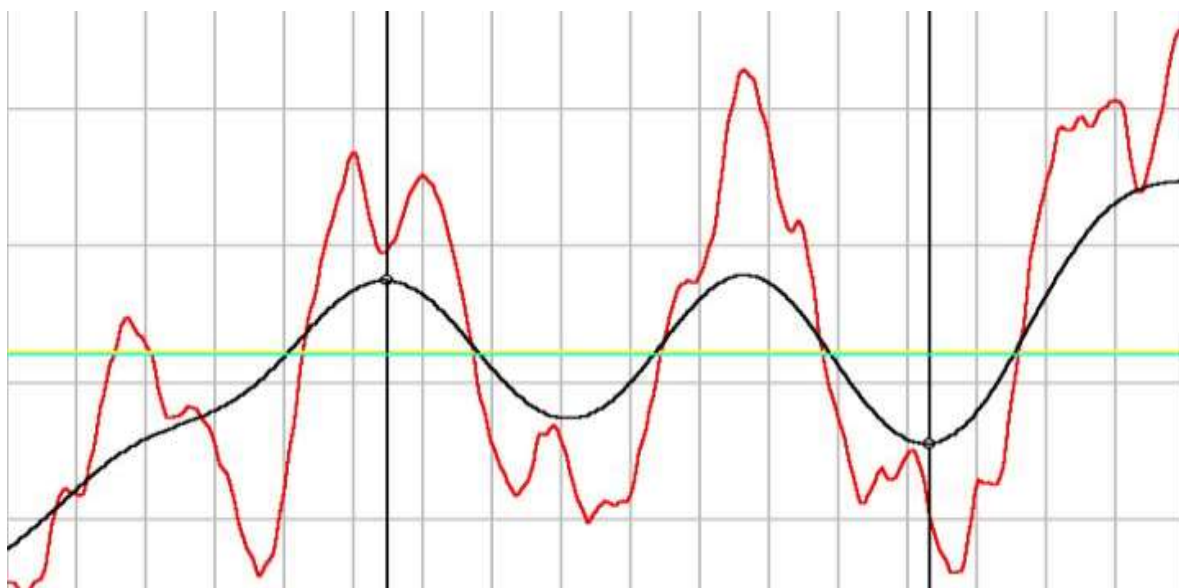


Рис. 5. Первый из обрабатываемых участков осциллограммы на рис. 4 и способ его обработки

с целью выделения из него первой гармоники или достаточно хорошо приближённого к ней процесса. Для этих целей автор применял специально рассчитанный фильтр нижних частот, пропускающий через него выделенный отрезок осциллограммы в прямом и обратном направлениях (при двойной - прямой и обратной - прогонке через один и тот же фильтр устраняются фазовые искажения в сигнале на выходе фильтра). Постоянная времени фильтра выбиралась равной приблизительно $1/5$ длины обрабатываемого отрезка. Результат такой обработки изображён на том же рис. 5. Далее на этом фильтрованном процессе выделялся интервал, содержащий целое число полупериодов (на рис. 5 этот интервал состоит из трёх полупериодов и отмечен двумя вертикальными прямыми). Значение осевой (тележечной) нагрузки определялось как среднее арифметическое фильтрованного сигнала на выделенном интервале. Практика показала, что этот метод значительно

повышает точность определения нагрузок по сравнению с методами, когда интервал усреднения выбирается произвольным, т.е. не обязательно содержит целое число полупериодов основной (первой) гармоники. Особенно большой эффект по точности достигается при проезде ТС на низких (до 10 км/ч) скоростях (рис. 1): в этом случае первая гармоника отражает колебание ТС на своей подвеске, которое вносит наибольший вклад (до 15%) в погрешность определения осевых нагрузок. В качестве ПНН естественно для описанного метода выбирать амплитуду колебания фильтрованного процесса (первой гармоники).

Теперь, развивая концепцию [1], режимы измерения (взвешивания ТС), регламентирующие ту или иную погрешность и соответствующие им классы точности, можно сделать зависимыми не только от скорости движения транспорта, но и от определённых выше двух других параметров - неравномерности движения и ПНН. Первому самому высокому классу точности разумеется должны соответствовать самые низкие скорости, неравномерности проезда и ПНН. Если хотя бы один из этих параметров превысит установленные для первого класса пределы, то следует переходить к проверке на соответствие второму классу точности и т.д. Строго говоря, при определении класса точности нами учитывался ещё один параметр – число полупериодов фильтрованного процесса на обрабатываемом интервале. Правило учёта этого параметра было выбрано предельно простым: к первому классу точности могут быть отнесены лишь измерения, обрабатываемые интервалы которых содержат не менее двух полупериодов; если обрабатываемый интервал не содержит ни одного полупериода (крайне редкий случай), то измерение должно быть отнесено к самому низкому классу. Это правило вполне оправдало себя практически.

Рассмотренный подход к метрологическому обеспечению содержит одно принципиальное отличие по сравнению с традиционным подходом - система помимо оценивания основных величин (в нашем случае - массы и осевых нагрузок) определяет также ряд вспомогательных параметров (в нашем случае – скорость, неравномерность движения, ПНН), по которым на выходе системы рассчитываются и предъявляются не только сами эти оценки, но и гарантированные величины содержащихся в них погрешностей – фактически каждому измерению приписывается свой класс точности. Другими словами, оценка каждой измеряемой величины на выходе системы в обязательном порядке должна сопровождаться своей погрешностью. Аттестация подобных систем, таким образом, не сводится лишь к приписыванию ей определённого класса точности на весь период эксплуатации до следующей аттестации. В этот период метрологические характеристики системы могут существенно меняться (в среднем) в ту или иную сторону, что должно находить своё отражение в статистике величин погрешностей, приписываемых каждому измерению.

Безконфликтная эксплуатация систем измерения массы и осевых нагрузок в движении без приписывания каждому измерению своей погрешности во многих случаях просто не возможна. Это связано прежде всего с тем, что при плохом техническом обслуживании системы, несоблюдении режимов движения транспорта, некачественной подъездной дороги, неисправном транспорте и т.п. погрешности измерений могут достигать 15 и даже более процентов. Понятно, что такая большая погрешность должна учитываться (приписываться к номиналу) всегда не в пользу организации, эксплуатирующей систему, т.е. в нашем случае в пользу перевозчика грузов. В частности, превышения осевыми нагрузками и полной массой установленных федеральной и территориальными дорожными службами норм на автодорогах различных категорий (и соответственно штрафы) должны определяться с учётом погрешностей в пользу перевозчика. Этим самым организация, эксплуатирующая систему, стимулируется к тому, чтобы содержать её в порядке –

вовремя проводить техническое обслуживание, ремонтировать подъездную дорогу, следить за режимом проезда и т.п.

Может возникнуть возражение по поводу целесообразности применения рассматриваемого подхода, связанное с усложнением (необходимостью получения и обработки осциллограмм) и в связи с этим некоторым удорожанием системы. По этому поводу можно сказать следующее: современные весо- и силоизмерительные системы, как правило, уже включают в себя различные микропроцессорные подсистемы и даже компьютеры, составляющие по стоимости лишь небольшую часть полной стоимости системы. Доработка таких систем с указанной выше целью практически сводится к некоторой доработке их методического и программного обеспечений а также (для получения качественных осциллограмм), возможно, к повышению быстродействия системы измерений. Например, для систем, эксплуатирующихся при скоростях движения транспорта до 20 км/ч, с длиной грузоприёмного модуля порядка 1 м для получения осциллограмм, содержащих в себе всю необходимую информацию, достаточно иметь частоту съёма данных порядка 500 гц.

Насколько известно автору, рассмотренный выше подход к метрологическому обеспечению систем взвешивания транспорта в движении реализован в настоящее время только в весоизмерительных системах фирмы “Тензор”.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Средства измерений вертикальных сил воздействия транспортных средств на дорожное покрытие. Общие технические требования. Проект межгосударственного стандарта. Госстандарт России. 2003 г.
2. Система дорожного контроля СДК.АМ. Госстандарт России. Сертификат: Об утверждении типа средств измерений RU.C.28.004.A №10448. Госреестр № 15389-01.