

**«Дороги, которые мы выбираем»**



**Научный руководитель Экспертного совета ТПП РФ по технологической оценке инвестиционных проектов, Заслуженный изобретатель России, профессор В.И.Речицкий**

Тема дорожного мониторинга в мировой практике активно муссируется уже не один десяток лет и в этом активно масштабируемом уже почти в ста странах процессе давно сформировались реальные «технологические» лидеры в разработке и создании аппаратного и программного обеспечения: Великобритания, Чехия, Словакия, Франция, Швейцария – в Европе и Канада и США – на североамериканском континенте. То есть, из восьми беговых дорожек семь уже распределились.

И если России суждено вступить в борьбу на этом поприще, то время поджидает – осталась только одна свободная. Правда, из практики недавней Лондонской олимпиады, нам известно и о запасной, девятой дорожке. Но она - для явных аутсайдеров, причислять к числу которых страну Россию с ещё не полностью растраченным с советских времён техническим потенциалом пока рановато. Так что пора подтягивать к этой гонке главные силы и объединяющий в своём составе уникальных и весьма амбициозных специалистов Экспертный совет ТПП РФ никак не должен оставаться при этом в стороне.

А что там ждёт, если уж пользоваться спортивной терминологией, «в призах»? Анализируя предварительные результаты тех же лидеров, нужно констатировать, что к созданию полностью автоматической системы глобального мультипараметрического, или, хотя-бы, весового контроля не приблизился пока никто. Наиболее массовая из сегодняшних моделей технического решения проблемы весового контроля может быть

позиционирована, как полуавтоматическая, и включает два этапа измерений. Первый – предварительное измерение поосного и общего веса АТС в процессе движения в чисто автоматическом режиме, позволяющее выявить из общего потока потенциально перегруженные АТС. А дальше – обслуживаемое специальным персоналом «принуждение к точному взвешиванию» на специальной отгонной площадке с помощью стационарных или переносных статических весов.

Бригада, обеспечивающая работу подобной площадки, состоит, минимум, из двух человек – инспектора дорожной полиции, имеющего право остановки выявленного с помощью предварительного взвешивания потенциального нарушителя, и, собственно, «весовщика», обслуживающего стационарные или подкладные весы. При выявлении с помощью точного измерения поосного или общего веса АТС факта превышения установленных нормативов к делу снова подключается «должностное лицо», то бишь сотрудник дорожной полиции, и составляет соответствующий протокол, являющийся основанием для начисления штрафных санкций. Каковые, скажем прямо, немалые – в Европе речь идёт о нескольких тысячах евро, да и в наших весах, где практика весового контроля только делает первые робкие шаги, соответствующая сумма неотвратимо приближается к миллиону рублей.

Сказать, что существующая сегодня в мировой практике схема контроля весовых характеристик АТС близка к оптимуму, было бы явным преувеличением. Попробуйте ка обеспечить постоянным штатом каждую весовую площадку в непрерывном режиме эксплуатации: минимум два человека в смену, то есть, в итоге, десять (отпуска, выходные) квалифицированных сотрудников, половина из которых – представители не самой сговорчивой социальной группы, то есть офицеры дорожной полиции. С этой кадрово-организационной проблемой уже столкнулись и у нас в стране, причём мало помогает даже переход на прогрессивную, вроде-бы, практику применения «странствующих» по случайному закону мобильных весовых комплексов: размен зоны охвата на минимизацию персонала не выгоден по определению...

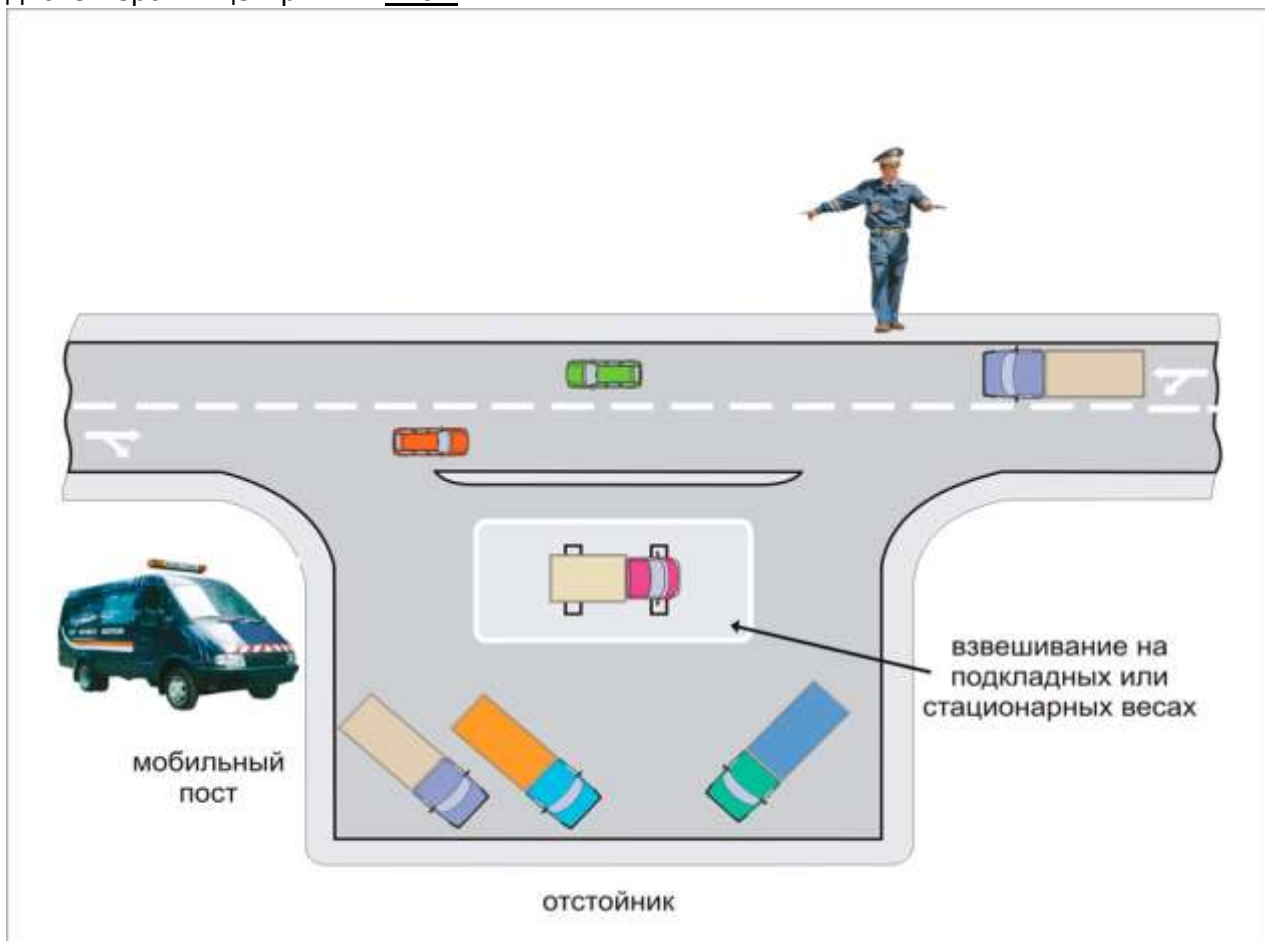
***Из всего сказанного следует однозначный вывод: пресловутый «Запад» может, конечно, помочь начинающему (в данном случае нам с вами) частными аппаратными и программными решениями для тиражирования их сегодняшнего уровня весового контроля, но продемонстрировать какой ни на есть действующий прототип полностью автоматической системы пока не готов.***

Вернёмся-ка на беговую дорожку Лондонской олимпиады. В самый пик наших провальных, в большинстве своём, выступлений в беговых дисциплинах прозвучал некий оригинальный пассаж бравого комментатора. Было это где-то на первой трети одной из средних дистанций у женщин, после того, как обе наших участницы традиционно засиделись на старте и замыкали плотную группу более успешных конкуренток. В чём не в меру креативный комментатор, спутавший средние и длинные дистанции, вдруг усмотрел их очевидное преимущество, заявив, что с этой выгодной и правильно тактически выбранной позиции удобней будет осуществить рывок ближе к финишу. В итоге все, естественно, остались на своих местах и расстроенные девушки отправились в общежитие собирать вещи.

А вот в технике пассаж неумехи - комментатора мог бы оказаться провидческим. Да, мы сегодня только стартуем на дистанции, «в призах» по которой просматривается глобальная и полностью автоматическая система мультипараметрического контроля АТС в процессе движения (в крайнем случае, на начальном этапе, параметров весовых). Бежим пока в хвосте, но при этом отчётливо видим недостатки соперников. ***Перед нами два варианта тактики бега: либо повторять последовательно прохождение тех же этапов, что они уже миновали, либо, уж извините, обежать барьеры по внутренней***

**бровке. Заметим, что, в отличие от спорта, в технике это только приветствуется...**

В построении системной программы собственных действий не обойтись без подробного анализа лишь вкратце упомянутой выше устоявшейся базовой модели. Заметим, что технология мониторинга весовых характеристик АТС в сознании большинства специалистов по-прежнему позиционируется на базе прочно укоренившегося стереотипа - главенства стационарно установленных на специальных площадках или подкладных статических весов (чаще всего, на тензорезистивном принципе) - техники, по определению, точной, но требующей постоянного обслуживания. И по сей день, даже в самых технически продвинутых странах, дорожный полицейский загоняет потенциально перегруженный транспорт на эту самую площадку, а его бравый подручный из службы транспортного контроля осуществляет собственно процедуру взвешивания (Рис.1). Заметим, что процедура взвешивания на стационарных весах, по определению, никакой реальной автоматизации не подвержена. Максимум прогресса в этой части связан с организацией архивирования результатов и их передачей в единый диспетчерский центр... **Рис.1**



Сама площадка, как уже отмечалось, может быть оборудована стационарными поосными весами или ориентирована на рейды мобильного пункта весового контроля, имеющего в составе штатного оснащения комплект подкладных весов для поколёсного или поосного взвешивания.

Погрешность измерения, обеспечиваемая, например, типовыми стационарными тензовесами, лежит в пределах 1-2% (погрешность подкладных весов, в зависимости от класса, может быть несколько выше) и позволяет должностному лицу из состава весовой бригады с чистой совестью выписывать протокол о нарушении осевого или общего веса АТС при превышении на эту величину установленного

законодательством соответствующей страны предельного уровня. Какая часть от реально изымаемых в результате этой «ручной» процедуры средств реально пополнит официальный бюджет - строго коррелирует с уровнем законопослушания в конкретной стране.

*Например, в одной крупной евро-азиатской державе, точнее – в её столичном регионе, где зарегистрировано под двести тысяч тяжёлых грузовиков, в течение одного из последних лет с помощью стационарных и мобильных весовых комплексов на отгонных площадках удалось-таки обнаружить нарушение весового норматива. Этот факт чётко и убедительно зафиксирован в единственном(!) за тот самый год протоколе о нарушении весового режима и наказан также единственным, но строго соответствующим действующему законодательству штрафом...*

Однако следить за пополнением бюджета – дело специально заточенных под это структур. Для нас важнее оценить эффективность современных вариантов технической реализации процесса весового мониторинга АТС. С учётом подавляющего преобладания в среде заказчиков убеждённых адептов прецизионного статического (на отгонных площадках) измерения весовых параметров АТС наши зарубежные коллеги первым делом взялись за организацию предварительного отбора из общего потока транспорта потенциально перегруженных АТС. Возложив эту, в общем – то промежуточную с точки зрения будущей глобальной автоматизации, задачу на весовые посты динамического взвешивания, использующие встроенные в дорожное полотно непосредственно перед площадками для точного статического взвешивания датчики массы.

Наиболее распространённая топология поста «взвешивания в движении» (в англоязычном варианте: “Weight in Motion”, “WIM”)- Рис.2 а,б) включает, как минимум, два последовательно расположенных по ходу движения АТС на расстоянии 4-4.5 м. друг от друга идентичных датчика массы, перегораживающих «подконтрольную» полосу дороги. Для измерения скорости движения и общей длины АТС используются встроенные на глубину 7-8 см. индуктивные петли. Разделение каждого из датчиков на последовательные секции (Рис.2,б) позволяет обеспечить взвешивание каждого колеса в отдельности



Рис.2,а

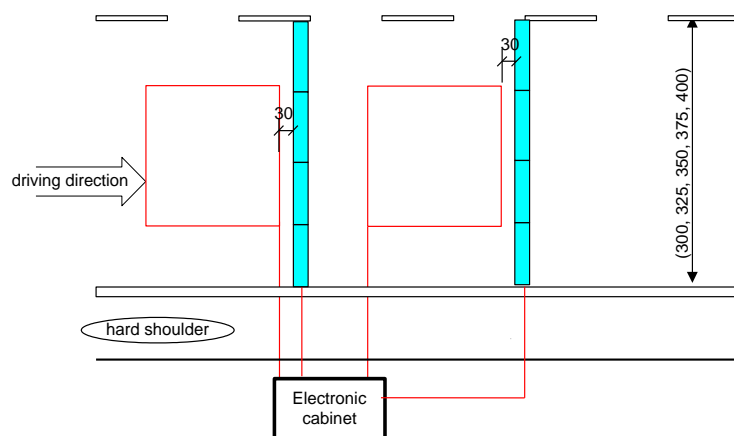


Рис.2,б

Наиболее распространённая топология поста «взвешивания в движении» (в англоязычном варианте: “Weight in Motion”, “WIM”)- Рис.2 а,б) включает, как минимум, два последовательно расположенных по ходу движения АТС на расстоянии 4-4.5 м. друг от друга идентичных датчика массы, перегораживающих «подконтрольную» полосу

дороги. Для измерения скорости движения и общей длины АТС используются встроенные на глубину 7-8 см. индуктивные петли. Разделение каждого из датчиков на последовательные секции (Рис.2,б) позволяет обеспечить взвешивание каждого колеса в отдельности.

В большинстве вариантов комплектации постов WIM предусматривается также функция автоматического распознавания номера АТС и подсчёт числа скатов на оси. Первое требует недешёвой камеры с подсветкой и серьёзного программного обеспечения; второе – установки дополнительных датчиков массы под определённым к оси движения углом и совместного анализа вычисленной предварительно скорости движения АТС и протяжённости импульсного отклика «угловых» датчиков.

Но какую в результате ценную информацию мы можем получить от подобного поста WIM, работающего, заметим ещё раз, полностью в автоматическом режиме, о миновавшем его транспортном средстве? На первый взгляд – исчерпывающую. Тут и персонификация АТС, его скорость, вес практически каждого колеса и определение наличия сдвоенных колёс... Так что же – нам осталось сбросить эту самую информацию по радиоканалу или оптоволокну в диспетчерский центр и выписывать от имени дежурящей там в комфортных условиях бригады дорожных (скорее уже – офисных) полицейских штрафные квитанции за перевес, конвертуя на высокопроизводительной симпатичной машине соответствующие почтовые уведомления? Но как бы не так!

Ведь при наличии многих сотен подобных систем почти - что в ста странах мира их функция сводится пока к статистике дорожного потока и преселекции потенциальных нарушителей весового режима. С точки зрения скорости движения в дело вступает стереотип – доплеровские измеритель скорости давно завоевали этот рынок, хотя по точности чаще всего уступают WIM – системам.

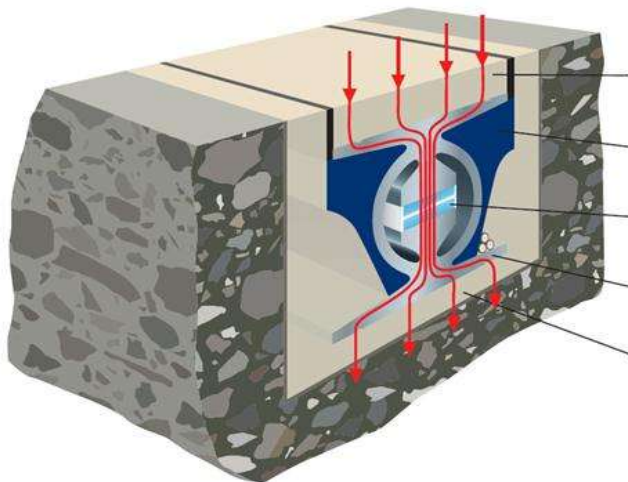
Да и в отношении динамического весового измерения, хотя и приходится признать некий проигрыш в точности по сравнению со статическим способом, в неприятии типовым заказчиком возможности окончательного вывода о наличии перегруза на основании только динамического измерения влияние привычных подходов также преобладает над трезвым сравнением точностных характеристик.

Тут ещё можно понять дорожников из законопослушных государств, где не только общий процент машин с перевесом редко зашкаливает за 3-5%, но и сама величина перевеса редко превышает тот же скромный уровень. Но уж нам-то ловить нарушителей, вооружившись прецизионными стационарными весами точностью в 2% , строить (помните такой густо корупционно окрашенный термин – «землеотвод») специальные площадки и формировать обслуживающие их бригады явно не с руки. Главный враг дороги – бесшабашный водитель с осевым или общим перегрузом в 15, 20, а то и все 30%. Вот его то мы и пропустим мимо, пока будем возиться с тщательным статическим взвешиванием в общем – то почти добропорядочного «трехпроцентника». Особенно, если не позаботимся заранее о преселекции и забудем измерительную площадку случайной выборкой.

Итак, как же будем срезать дистанцию к призовой цели? Сначала временно ограничим список рассматриваемых датчиков в составе предлагаемой мировым рынком вариантов реализации WIM. Весовые комплексы на базе довольно точных (да что там – лучших в мире) швейцарских датчиков массы на монокварце со стоимостью погонного метра более 2 000 евро и годовой гарантией производителя отбросим, даже не прибегая к серьёзным финансовым подсчётам. Когда подобная система на четыре полосы движения тянет где-то на 200 000 евро, а собственно датчики в ней стоят около половины этой суммы, установившему такую систему дорожнику лучше не думать о предстоящем

моменте их замены по истечении гарантийного срока – тут впору задуматься о совсем другом сроке, явно под гарантию не подпадающем.

На порядок более дешёвые датчики на пьезополимерном кабеле, которые, в силу уступающей лидеру на 30-40 % точности, применяются пока в мировой практике, как вспомогательные (определение двойных колёс, выезда на обочину), но с приложением определённых умственных усилий могут стать победителем данного соревнования и на основном направлении.



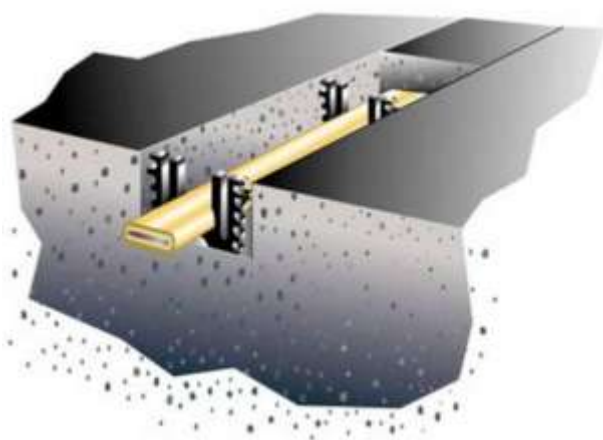
**Рис.3,а**

*Временно оставив за бортом нашего внутрироссийского соревнования датчики на монокварце только по причине их высокой стоимости и выдвинув на безальтернативной основе датчики на базе пьезоэлектрического кабеля, проведём всё-таки их сравнительный анализ и по чисто техническим параметрам.*

*В тщательно продуманном конструктивном решении монокварцевого датчика (Рис.3,а) чувствительный элемент выполнен в виде расположенных в защитном алюминиевом профиле с шагом в 5 см. пластин из монокварца круглой формы, ориентированных при вырезке из кварцевого блока таким образом, чтобы максимальная чувствительность при возникновении пьезоэффекта обеспечивалась в ответ на приложение усилия в вертикальной плоскости. Таким образом, чувствительность пластины по отношению к распространяющимся вдоль поверхности дороги от движения АТС колебаниям, являющимся источником искажений, минимальна. И, тем не менее, в конструкции датчика предусмотрены ещё и другие «охранные меры» в отношении боковой волны – это воздушные полости со стороны торцов пластины и защитное заполнение полостей по внешнему боковому контуру установочного профиля эластичным материалом.*

*В результате всех перечисленных конструктивно-технологических изысков монокварцевый датчик обеспечивает максимальный разброс показаний при измерении массы не более трёх процентов, что строго контролируется на прецизионном стенде при выпуске с производства и отражается в его индивидуально паспорте. Но есть в этом одна неувязочка – ведь тот же датчик, будучи встроен в дорожное покрытие и введён в состав весового комплекса WIM, обеспечивает результирующую (в комплекте с аппаратурой обработки) точность при измерении массы проходящей над ним оси АТС не лучше 11-ти процентов. И с этим нам ещё предстоит разобраться...*

Теперь поговорим о датчике на базе пьезополимерного кабеля. В отличие от его старшего, во всех смыслах, собрата устроен он довольно примитивно (Рис.3,б). В конструкции, очень напоминающей обычный коаксиальный кабель, только не с круглой, а с эллиптической формой сечения, между центральной медной жилой (точнее в этом случае называть её шиной) и внешней проводящей оболочкой размещён слой полимерного материала, обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Небольшие его размеры (в сечении не более 7х2 мм.) позволяют проводить его установку на специальных центровочных втулках в канал в дорожном покрытии сечением не более 2,5х2,5 см., который легко прорезается с одного захода фрезы соответствующей толщины и обладает, за счёт этого, ровным дном (установка датчика на монокварце общим сечением 6х4.3 см. происходит в канал шириной 7,5 и высотой 5,5 см., который надо формировать уже двумя проходами фрезы с последующей выемкой промежуточного слоя и дополнительной обработкой дна канала. Следует учесть, что все эти операции проходят при перекрытии движения транспорта.



соотношение составляет 3, 6 раза...

**Рис. 3,б** И снова о точности... При выпуске с завода пьезокабельные датчики для WIM отбираются из условия разброса показаний не более 7%. А вот в дороге, в составе измерительного комплекса, точность измерения массы одиночной оси АТС, как нам удалось установить в ходе пристрастного допроса большой группы независимых инсталляторов, речь идет уже о разбросе в 17-18%, т.е. примерно в 2,5 раза больше. Напомним, что у датчиков на базе монокварца это

Самое время разобраться с причинами столь существенного снижения точности датчиков при их введении в состав измерительного комплекса. Искажающих факторов в процессе установки датчика набегает немало. Это и возможный перекоп, обуславливающий разное заглубление участков датчика в полотно дороги, и изменение скорости АТС в момент прохождения над датчиком и влияние различного рельефа покрышек в зонах соприкосновения с датчиком ... При желании можно насчитать и много других искажающих точность измерения факторов, среди которых меняющаяся температура и вязкость покрытия, вибрации подвески АТС... С рядом искажающих факторов можно успешно бороться, например, присущая пьезополимерным датчикам температурная девиация довольно просто побеждается при использовании расположенных в непосредственной близости от них термодатчиков и соответствующей коррекции показаний. Сложнее и существенно дороже обеспечить строго прописанные в инструкциях по инсталляции датчиков условия, предъявляемые к качеству поверхности дороги за 70-100 метров до размещения датчиков и на 30-40 метрах после них.

Но при сегодняшней практике создания систем WIM о реальном «весе» отдельных дестабилизирующих факторов приходится лишь гадать. Это относится и к системам, ориентированным на пьезополимерные кабельные датчики. Структура метрологического контроля у производителей собственно пьезокабеля и датчиков на его основе держится ими за семью печатями. До заказчика доводится лишь величина разброса показаний. Дальше нам предлагается оценить возможности кабельного датчика

уже после установки его в дорогу, покатав через него тележку с нормированным грузом. Хотя за полученные таким образом результаты отвечать будет уже не производитель датчика, а инсталлятор весового комплекса.

Если же мы хотим предсказать заранее реальные параметры датчика до установки в дорогу и сделать процесс его выбора не эмпирическим, а осмысленным, придётся организовать принципиально новую процедуру стендовых испытаний. Сначала, конечно, нужно оценить реальные параметры собственно датчика, а уже потом проверить его в лабораторно смоделированных условиях, максимально близких к создающимся после его встраивания в дорогу. Заметим, что организация такой процедуры необходима как для комплексной оценки параметров уже предлагаемых сегодняшним рынком датчиков, так и для правильного построения процесса разработки новых конструкций. Работы в этом направлении довольно интенсивно разворачиваются в рамках Экспертного совета ТПП РФ и в организациях, представленных в его составе своими ведущими специалистами. Просматривается реальная перспектива совместить в единой конструкции датчика высокую точность и доступную цену. В результате планируется выработать системные рекомендации к построению серийно ориентированных отечественных систем WIM, в том числе – на базе разработанных и созданных в РФ датчиков нового поколения.

Дополнительный резерв повышения точности систем WIM заложен в оптимизации общей топологии их построения. В этом направлении отечественные специалисты также располагают целым рядом козырей. Например, недавно запатентованная в РФ т.н. «Система «Тандем» за счёт минимум двух независимых измерений одного и того же АТС двумя последовательно расположенными весовыми постами и корректировки показаний каждого из них на базе усреднённых величин, практически позволяет выйти на уровень точности монокварцевых датчиков при использовании их более дешёвых пьезокабельных аналогов.



**Рис.4**

На Рис.4 на примере двухполосной дороги со средней интенсивностью движения в обоих направлениях показано довольно перспективное для отечественной практики решение универсального весового комплекса для применения на дорогах, преимущественно, регионального значения.. Заметим, что, с восстановлением

региональных дорожных фондов областные и краевые дорожные службы начинают позиционироваться на рынке закупки размещения систем мониторинга АТС как абсолютно самостоятельные игроки. Правда, финансовые их возможности ещё долго не смогут сравниться с потенциалом федеральных коллег. Но вот понимание опасности перетока значительной части перегруженных АТС с активно наращивающих контроль федеральных трасс на беззащитные пока региональные ощущается ими вполне адекватно.

Анализируя в этом формате именно региональную специфику, профильные эксперты ЭС ТПП пришли к универсальной модели весового комплекса, совмещающей возможность постоянного мониторинга трассы в части скорости, веса, а, при необходимости, и габаритных параметров АТС. Разместив же такие статистические посты по обеим сторонам подходящей площадки для осуществления точного измерения веса с помощью подкладных весов ( из штатного комплекта мобильного весового комплекса) можно в рамках действующего законодательства оперативно применять штрафные санкции к нарушителям весового режима.

В данной схеме, на первый взгляд, нет ничего оригинального, хотя использование преселекции оптимизирует отбор из общего потока потенциальных нарушителей. Наверное, лишь пионерное использование в составе комплекса недорогих пьезокабельных датчиков, обеспечивающих, за счет применения автоматически корректирующейся системы «Тандем», точность измерения, сравнимую прототипами на с преобладающих пока и в отечественной практике дорогих монокварцевыми датчиков. И, сразу после введения соответствующих законодательных поправок, такая система мониторинга будет готова обеспечить полностью автоматический режим работы, включая выписку и рассылку штрафных постановлений на базе единого регионального центра обработки информации. Необходимое при этом дополнение в части системы видеоидентификации АТС не содержит принципиальных проблем и, главное, её монтаж уже не связан с приостановкой движения по трассе.

А вот на часто повторяемый заинтересованными во внедрении автоматического весового мониторинга отечественными дорожниками вопрос: «Что делать после выхода датчиков из строя?» применительно к пьезокабельным датчикам правомерен ответ: «О старых просто забыть и рядом установить новые, подключив к действующей системе обработки информации». Именно этим обстоятельством, а не более очевидной с традиционных позиций минимизации начальных затрат привлекательной стартовой ценой весового комплекса в целом (50 -70% от варианта на монокварцевых датчиках), и объясняется очевидная перспектива их массового внедрения.

Ставшая совсем недавно и довольно неожиданно лидером в части законодательного обеспечения реального внедрения полностью автоматических весовых измерений Чехия продекларировала начиная с 2011-го года точностной порог «окончательного» (не забыли «окончательную бумагу» профессора Преображенского?) и не требующего последующего уточнения на статических весах динамического весового измерения, при котором можно автоматически же начислять штраф. В соответствующей поправке к закону Чешской Республики этот порог зафиксирован на уровне 11% по оси и 5% по общему весу АТС (заметим, что эти параметры загадочно совпадают с продекларированной швейцарским производителем точностным характеристикам в составе системы WIM своих дорогостоящих монокварцевых датчиков). Нарушители, не дотягивающие до этого уровня, остаются пока в полном распоряжении весовщиков.

Не вызывает сомнений, что в самое ближайшее время этот подход распространится и на другие страны Евросоюза. А вот мы, наверное, « пойдём другим путём». Сначала системно усовершенствуем подходы к собственно процессу измерений,

развивая первый успех в повышении точности WIM на базе оптимизации конструкций датчиков и автоматической коррекции показаний весовых постов за счёт усреднения парциальных результатов поэтапного взвешивания по ходу движения. А ещё поработаем и над принципиально новыми конструкциями собственно датчиков на основе пьезопленок и прочих потенциально привлекательных новаций – с использованием тензорезистивных, оптоволоконных и других удобных в экономичной реализации чувствительных элементов. И, по мере наращивания итоговой точности WIM-комплексов, будем расширять диапазон применения этих систем для полностью автоматического контроля перевеса. Но, применительно к «малопроцентным» нарушителям, весовые площадки пока поживут...