

## **МАГИСТРАЛЬНЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ ВЕСЫ ДЛЯ ВЗВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ДВИЖЕНИИ**

А.И.Агеев, В.А.Стахов (НИПВФ «Тензор», Ростов-на-Дону)

В.Н.Назаров, А.Е.Рачковский (ВНИИМС, Москва)

*Относятся к весоизмерительной технике* и предназначены для измерения массы, колесных и осевых нагрузок железнодорожных транспортных средств, как одиночных, так и в составе поезда, в том числе локомотивов, вагонов и цистерн с жидкими грузами, включая сжиженные газы в автоматическом режиме во время движения.

*Обеспечивают повышение точности* измерения вертикальной нагрузки от колес за счет выбора места размещения тензорезисторных датчиков деформации на рельсе и увеличения статистически обрабатываемого объема данных измерений амплитуд сдвиговых деформаций на нескольких нагружаемых при движении подвижного состава участках рельсового пути при проезде по ним каждого колеса.

В отличие от распространенных конструкций рельсовых вагонных весов регистрирующие нагрузки сенсоры весов устанавливаются на находящихся в эксплуатации *стандартных рельсах*, уложенных на обычные шпалы.

Содержат *тензорезисторные датчики деформации*, закрепленные клеевым соединением на рельсе магистрального рельсового пути (рис. 1), которые установлены симметрично с обеих сторон на шейке рельса группами по две пары на соседних рельсах в промежутке между соседними шпалами и образуют на рельсовом пути линию взвешивания, ортогональную направлению движения подвижного состава, причем группы тензорезисторных датчиков деформации подключены влагонепроницаемым кабелем к измерительному блоку, который осуществляет аналого-цифровое преобразование сигнала, регистрацию и обработку измеренных величин механических деформаций в зоне контакта колесо-рельс.

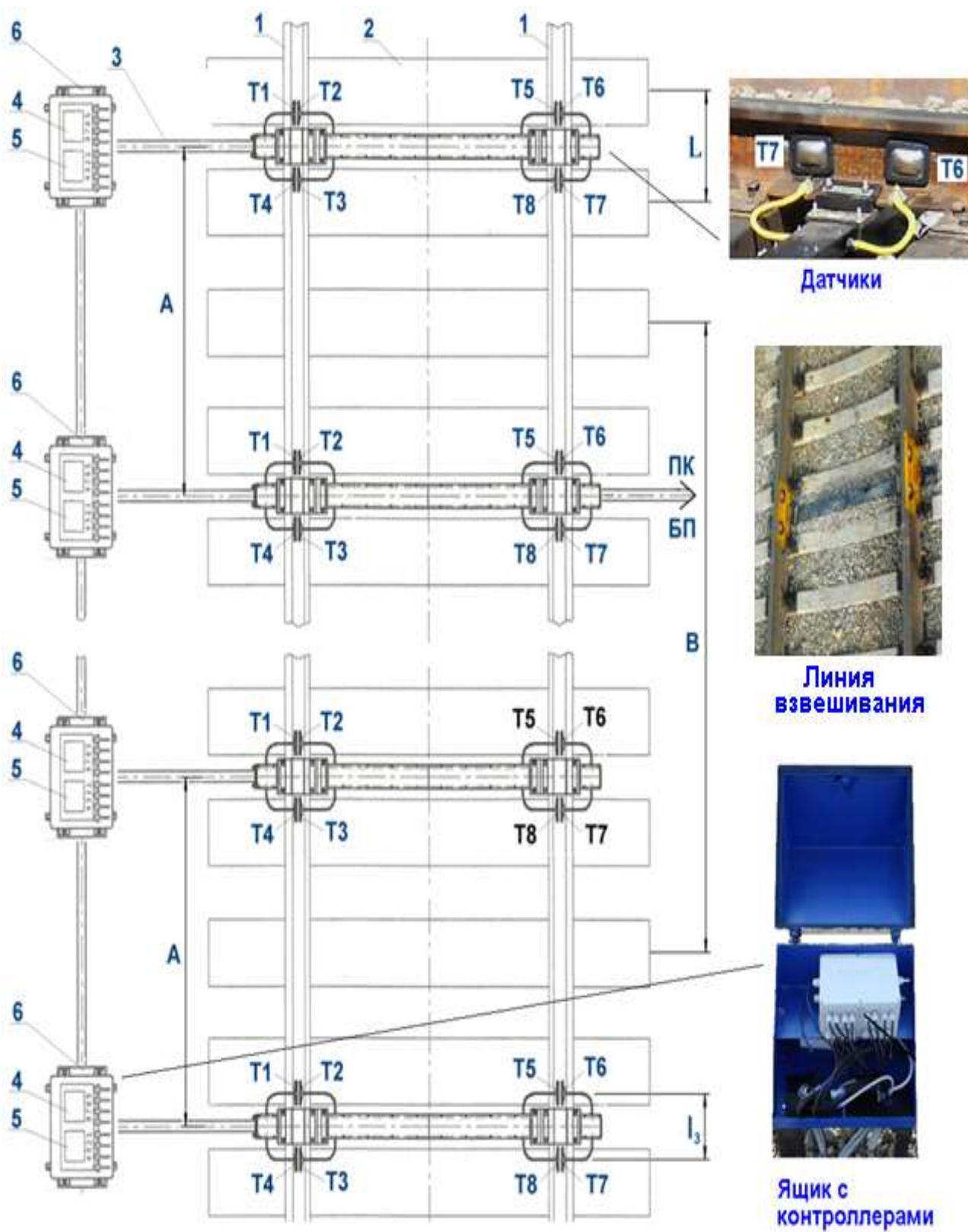


Рис. 1

Имеют две или четыре группы таких датчиков, образующих параллельные линии взвешивания, причём расстояние между двумя ближайшими линиями взвешивания соответствует расстоянию между осями колёс тележки вагона, а расстояние до следующих двух линий взвешивания равно расстоянию между тележками (см. рис. 1).

*Размещение датчиков* деформации соответствуют положению участков шейки рельса, на которых возникает максимальная величина сдвиговых деформаций рельса при нахождении колеса между шпалами (рис. 2). Такое размещение датчиков на шейке рельса позволяет увеличить амплитуду регистрируемого сигнала от сдвиговых деформаций в момент прохождения колеса, а увеличение количества линий взвешивания позволяет увеличить объем статистически обрабатываемых данных измерений, за счет многократного измерения нагрузки от каждого колеса, что в совокупности приводит к повышению точности производимых измерений.

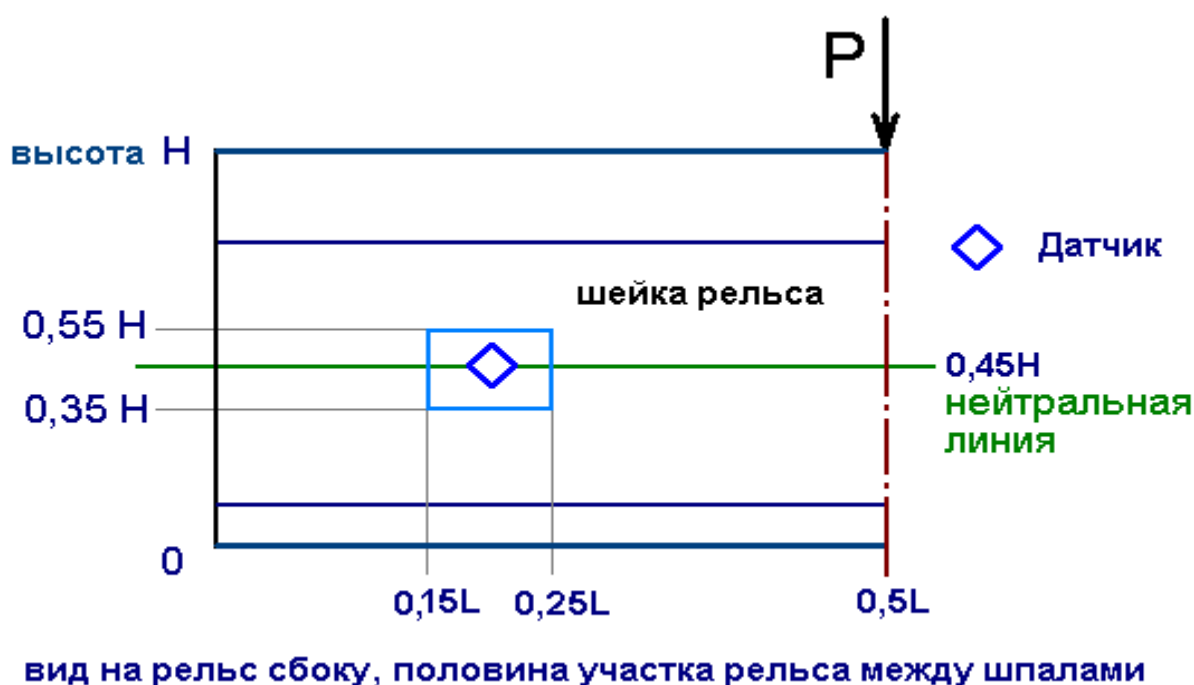


Рис. 2

Оптимальное размещение датчиков обеспечивает максимальный уровень сдвиговых деформаций и минимальный — продольных, причем продольные деформации растяжения-сжатия от изгиба рельса (искажающие полезный сигнал) не превышают 4%, а сдвиговые деформации достигают максимума, изменяясь в пределах этой зоны не более, чем на 5 %.

Измерительный блок для каждой линии взвешивания содержит два *программируемых контроллера*, один из которых связан с группой датчиков одного рельса, а второй - другого рельса, причем оба контроллера подключены к адаптеру, который обеспечивает электропитание, управление и передачу предварительно обработанных в контроллерах данных на компьютер весов (рис. 3).



Рис. 3

Динамическое взвешивание отличается очень малым временем пребывания колеса на измерительном устройстве. Это время тем меньше, чем больше скорость движения колеса и чем меньше длина измерительного устройства. Поэтому для точного взвешивания в движении нам необходима обработка максимально возможного числа измерений за минимальный интервал времени.

У обычных весов, использующих квазистатический метод измерения нагрузки, математически обрабатывается лишь получаемый на малых скоростях плоский участок осциллограммы (рис. 4) путем определения её среднеарифметического значения. При этом количество обрабатываемых точек осциллограммы, получаемых с датчиков измерения нагрузки в единицу времени, существенно меньше, чем в первом случае.

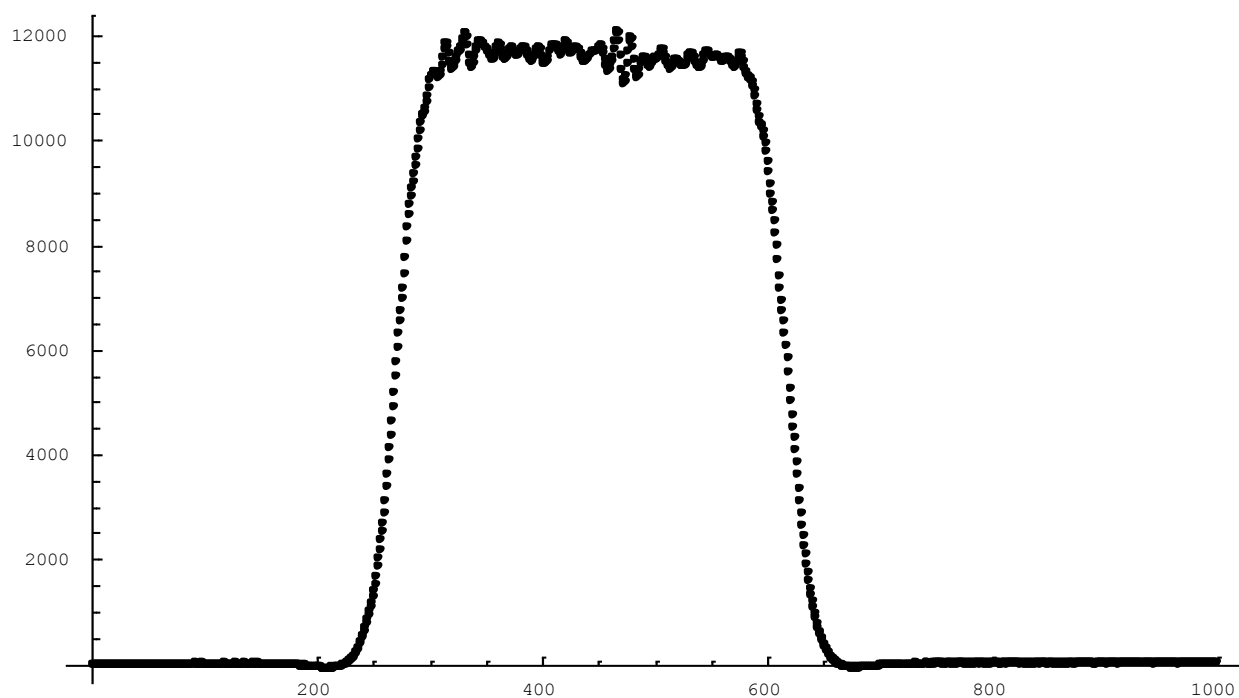


Рис. 4

При динамическом взвешивании учитываются все точки осциллограммы от самого начала подъема к пику осциллограммы (в момент въезда колёс в зону датчиков) до полного спада нагрузки (в момент съезда колёс).

Чем больше точек (импульсов измерений) содержит осциллограмма, тем ниже погрешность рассчитанной по осциллограмме нагрузки и, соответственно, выше точность измерений.

В силу этих требований контроллеры *магистральных рельсовых весов* имеют несущую частоту импульсов более 4 МГц, с которой они питают тензодатчики, преобразуют их аналоговые сигналы в цифровые и выполняют математическую обработку последних, что позволяет осуществлять передачу обработанных данных со скоростью 115 кбит/сек, уменьшив энергопотребление датчиков и обеспечивая гальваническую развязку и устойчивую работу линии связи с компьютерным терминалом на значительном расстоянии.

*Принцип действия весов* основан на тензометрическом преобразовании деформаций рельсов, возникающих под действием колесных нагрузок во время движения по ним железнодорожных транспортных средств в оцифрованный электрический сигнал, величина которого пропорциональна измеряемой нагрузке. Аналоговые сигналы от датчиков преобразуются программируемыми контроллерами в цифровые и математически обрабатываются отдельно для каждого измерительного рельса.

Предварительная обработка в контроллерах значительно уменьшает объём вычислений, производимых удалённым компьютерным терминалом, при одновременном достижении максимальной (до 10000 обращений в секунду) скорости опроса датчиков контроллерами. В результате резко увеличивается число локальных измерений в единицу времени и осциллограмма регистрируемых квантов сдвиговых деформаций рельса в зоне их максимума становится более детализированной, что приводит к повышению точности измерений колёсных нагрузок без существенного снижения скорости взвешиваемых вагонов составов, движущихся по магистральным рельсовым путям.

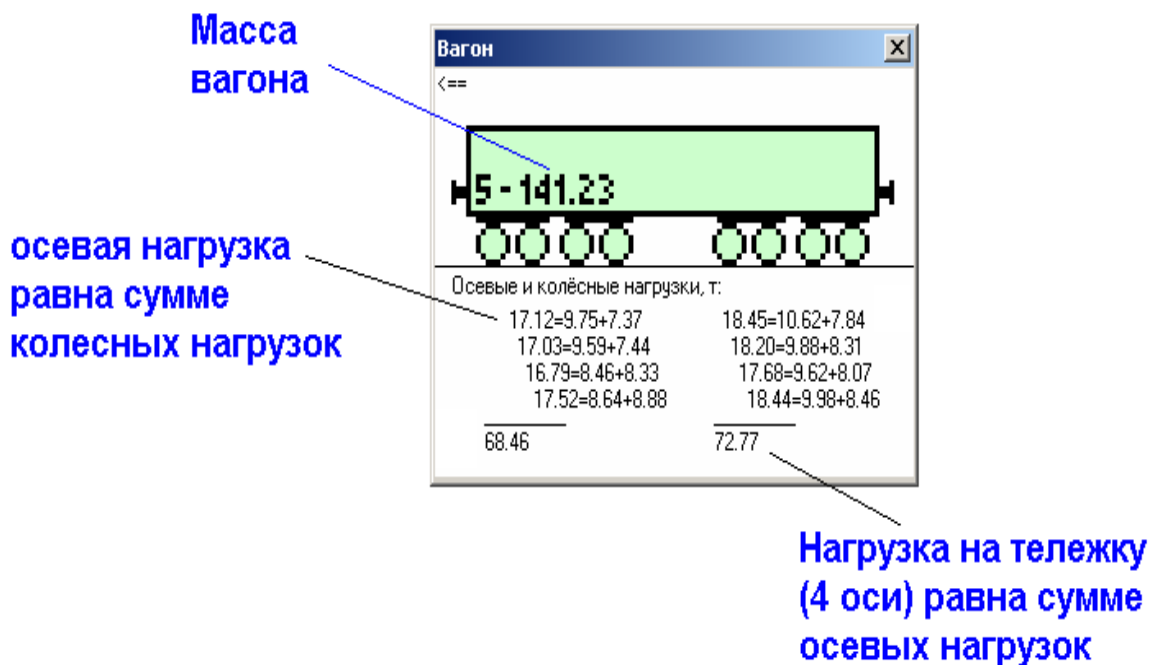
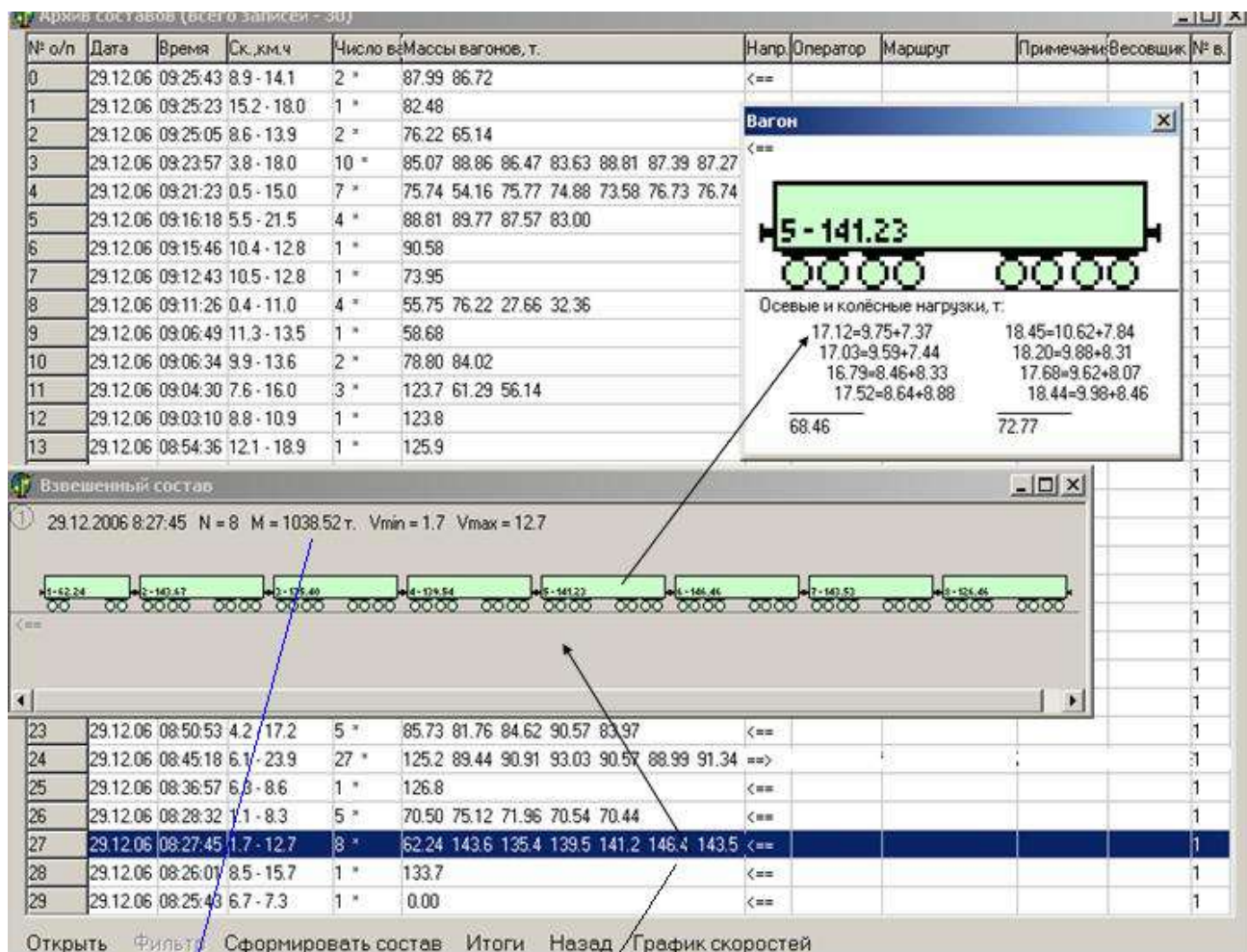


Рис. 5

Встроенные в контроллеры программы обработки измерительных данных по сигналам двух пар датчиков на каждом рельсе определяют величины колёсных нагрузок одной оси (в единицах измерения массы) во время движения, а также скорость движения колес и расстояние между осями вагона, следующими друг за другом. При этом многократное измерение величин этих параметров последовательно на четырёх нагружаемых при движении подвижного состава участках измерительного рельсового пути делает их значения более статистически значимыми. С помощью заложенной в компьютер программы, на основе полученных с нескольких линий взвешивания массивов данных, рассчитываются статистически достоверные значения колесных и осевых нагрузок, межосевые расстояния, массы тележек, масса и отображение вида взвешенного вагона (рис. 5).



**Массы вагонов**

**Масса состава равна  
сумме масс вагонов**

Рис. 6

Из образов вагонов с обозначенными нагрузками и массами в свою очередь формируется графический образ всего железнодорожного состава, результаты произведенных измерений сохраняются в базе данных компьютера с возможностью вывода на экран монитора, документирования и дальнейшей логистической обработки (рис. 6).



*Монтаж рельсовых весов* производится на прямолинейном без уклонов участке магистрального рельсового пути в промежутках между прохождением по нему железнодорожных составов. Подготовка рельсового пути включает зачистку, шлифовку, обезжиривание и разметку шейки рельса под наклейку тензодатчиков, удаление щебня из межшпального пространства и монтаж под основаниями рельсов с помощью специальных кронштейнов защитного металлического кабель-канала для укладки влагонепроницаемых экранированных кабелей датчиков весов (рис. 7).

Предлагаемые рельсовые весы обеспечивают установку оборудования для одной линии взвешивания рельсовых весов на магистральном участке железнодорожного пути без остановки движения подвижного состава в течение 3-4 часов.



Рис. 7



Рис. 8

По завершении монтажа осуществляется *калибровка датчиков* рельсовых весов с помощью испытательного устройства (рис. 8). Устройство устанавливается на измерительном рельсе, таким образом, чтобы нагружающий рельс пуансон находился в среднем положении между двумя группами нормируемых тензодатчиков и производится серия нагружений рельса с последовательным перемещением нагружающего пуансона, что соответствует перемещению точки приложения нагрузки в продольном направлении в диапазоне  $\pm 200$  мм относительно исходного положения пуансона в средней части траверсы стенда.

В результате получается зависимость изменения нагрузки  $P = 5$  т от перемещения точки её приложения при калибровке датчиков рельсовых весов вдоль рельса от середины к краям измерительного участка между датчиками (рис. 9), из которой следует наличие на графике горизонтального участка зоны стабильности величины измеренной нагрузки, в которой регистрируемая величина суммарных показаний тензодатчиков на участке рельса протяженностью  $\pm 70$  мм от середины участка остаётся постоянной, что подтверждает правильность места наклейки тензодатчиков при монтаже смонтированных рельсовых весов и готовность измерительного оборудования данной линии взвешивания весов к метрологической поверке и последующей эксплуатации.

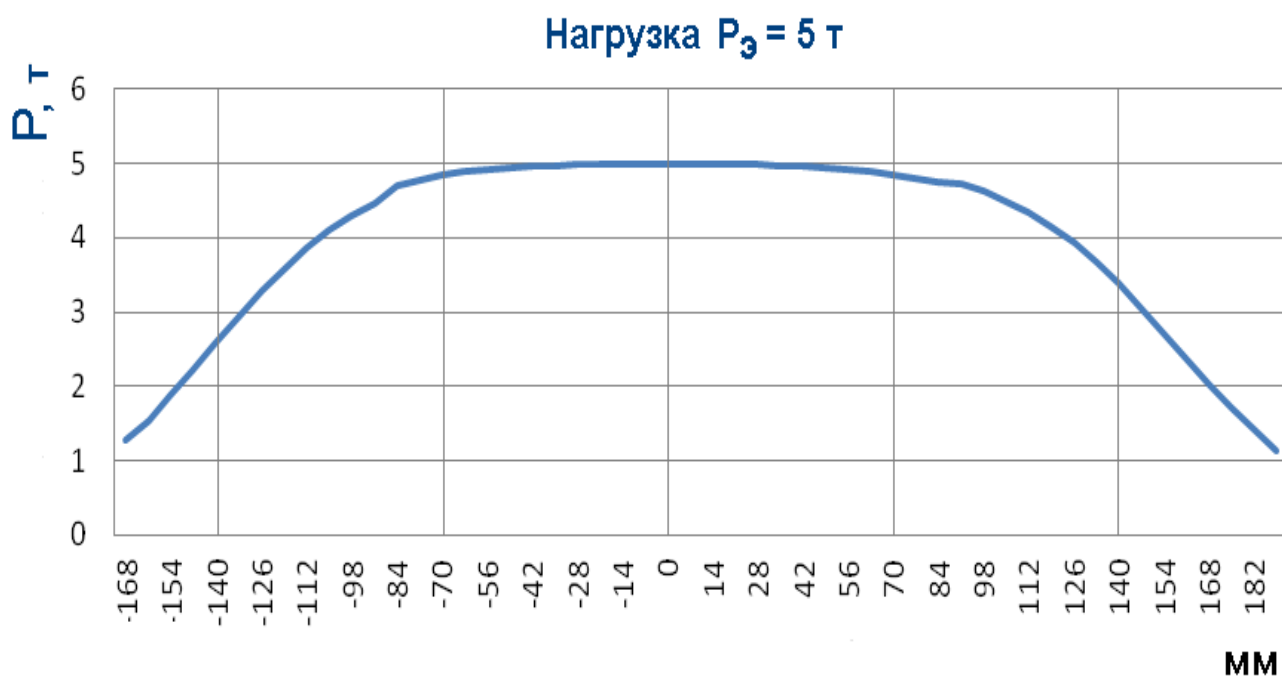


Рис. 9

**Опытный образец рельсовых весов** успешно прошел полевые испытания на ООО «Дробильно-сортировочный завод «Ханский» - рельсовые весы с двумя линиями взвешивания (г. Майкоп, Республика Адыгея) и на испытательном кольце ООО «ПК «Новочерасский электровозостроительный завод» - рельсовые весы с четырьмя линиями взвешивания в Новочерасске Ростовской области (рис. 10).

Предлагаемые рельсовые весы для взвешивания железнодорожных объектов в движении просты в монтаже, удобны и неприхотливы в обслуживании и, как показали проведенные метрологические испытания на утверждение типа и внесение в Госреестр средств измерений РФ, превосходят по точности (см. таблицу) рельсовые весы, имеющие одну линию взвешивания.



Рис. 10

Пределы допускаемой погрешности определения массы железнодорожных вагонов на рельсовых весах в движении в зависимости от числа линий взвешивания

Количество линий взвешивания	Скорость движения от 0 до 10 км/час	Скорость движения свыше 10 до 30 км/час
1	$\pm 1,0 \%$	$\pm 2,0 \%$
2	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1,0 \%$
4	$\pm 0,3 \%$	$\pm 0,5 \%$

Диапазон измеряемых рельсовыми весами колёсных нагрузок 0,5 - 15 тонн, число осей взвешиваемого вагона - 2, 4, 6 и 8; количество осей, число вагонов и максимальная масса состава вагонов - не ограничены, максимальная транзитная скорость до 200 км/час. Диапазон рабочих температур весов от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , потребляемая мощность не более 260 Вт, длина кабельной линии до 1000 м.

Предприятие «Тензор» имеет большой положительный опыт создания аналогичного оборудования для сети стационарных пунктов весового контроля. Начиная с 1994 года, НИПВФ «Тензор» были разработаны, изготовлены и установлены в различных регионах России около 500 комплектов систем дорожного весового контроля автотранспорта СДК.А, которые в разных климатических зонах в режиме круглосуточной работы определяют нагрузки, массу, межосевые расстояния, скорость; распознают госномер и марку транспортного средства, регистрируют изображение, дату и время проезда, создают электронный архив зарегистрированного транспорта, производят оценку интенсивности и объема автоперевозок.



Рис. 11

Установленные на федеральных автодорогах (рис. 11) системы СДК.А в режиме реального времени обеспечивают непрерывный удаленный контроль за работой пунктов весового контроля, автофиксацию событий административных правонарушений по превышению допустимых массы и осевых нагрузок, формирование актов инструментального весового контроля и протоколов на ТС-нарушителей.