

# Передовые технологии взвешивания для железнодорожного транспорта

**Простейшие системы взвешивания для рельсового подвижного состава базируются на использовании статических и динамических вагонных весов. Требования к ним с течением времени существенно меняются. Статические весы совершенствовались, пройдя этапы от чисто механических до электромеханических с использованием весовых датчиков. Из-за потерь во времени и большой потребности в персонале, обслуживающем статические вагонные весы, все чаще возникает потребность в полностью автоматизированной электронной системе взвешивания.**

Автоматизация процесса взвешивания целесообразна лишь для выполнения данной операции при движении объекта. Это обеспечивается современной техникой со всеми системными компонентами в сочетании с комплексными и в то же время удобными для пользователя вариантами программного обеспечения. Вагонные весы являются не только измерительным прибором для определения веса, но и важным источником дополнительной информации, используемой для оценки общих показателей перевозочного процесса.

Весы представляют собой один из самых старых измерительных инструментов человечества. На железнодорожном транспорте они применялись с самого начала его возникновения для регистрации грузопотоков. Наряду с используемыми и сегодня статическими весами в последние годы все шире внедряются динамические системы взвешивания. При этом процесс полностью автоматизирован и протекает без дополнительного вмешательства оператора.

Статические вагонные весы по сравнению с динамическими имеют ряд недостатков. Кроме того, динамические весы обеспечивают более широкую область применения результатов взвешивания подвижного состава.

Компания Pfister Waagen Bilanciai, Аугсбург (Германия), раз-

рабатывает и изготавливает железнодорожные весы уже более 30 лет. В последние годы на основе спроса на международном рынке она разработала полностью автоматизированные весы и успешно продвигает их на рынке. Эти весы, получившие обозначение SOLAR, являются динамическими и предназначены для взвешивания составов в движении.

Система SOLAR защищена выданными во многих странах мира патентами, включая Евросоюз, США, Россию, Австралию и Китай.

## **Области применения динамических весов**

Динамические вагонные весы применяются всюду, где требуется определить массу вагона или поезда без дополнительных затрат, задержки грузов, а также без помех транспортному процессу. Это необходимо при перевозке, перегрузке или распределении большого количества грузов. Таким образом, потенциальные сферы применения динамических вагонных весов SOLAR там, где производится (добывается), отгружается или перегружается руда, уголь, лес, сталь и т. п. В связи с этим повышенный интерес к таким системам взвешивания проявляют предприятия горной промышленности, метал-

лургические и деревообрабатывающие комбинаты, электростанции и портовые компании.

Динамические весы играют решающую роль также при контроле и расчете стоимости перевозок на конкретных участках пути и в международных грузовых перевозках, в частности на пограничных терминалах.

Динамические системы взвешивания могут предоставлять дополнительную информацию о колесной и осевой нагрузках. Равномерное распределение нагрузки играет особую роль в вопросах безопасности движения. Для контроля грузопотока и объемов перегрузки на определенных участках линий не последнюю роль играет предоставляемая весовыми системами информация об общем пропущенном тоннаже.

## *Сравнение статических весов с динамическими системы SOLAR*

Статические вагонные весы по отношению к динамическим системы SOLAR имеют ряд недостатков.

**Повышенные погрешности и затраты времени.** Статические вагонные весы требуют точного позиционирования вагона на весовой платформе. Типаж вагонов, которые можно на этих весах взвешивать, определяется длиной весовой платформы. В связи с этим при взвешивании всего поезда могут возникнуть проблемы, связанные с необходимостью проверки положения взвешиваемого вагона на платформе и его идентификации. Если, например, при взвешивании вагона на платформе кроме него находится колесная пара соседнего вагона (расположенного спереди или сзади), возникают большие погрешности, хотя весы

при этом функционируют технически безупречно.

Важным источником погрешности при взвешивании на статических весах является контактирование буферов и автосцепок. Его контроль требует больших затрат времени и обслуживающего персонала, что значительно ухудшает результат при определении общих расходов.

**Высокие расходы на обслуживание.** Статические вагонные весы состоят, как правило, из фундаментной части и одной или нескольких весовых платформ, которые установлены по меньшей мере на четырех весовых датчиках, смонтированных в фундаменте. Конструкция весов предусматривает собственный отрезок рельсового пути. Накатывание вагона на весы должно производиться очень медленно из-за наличия достаточно большого зазора между рельсами весовой платформы и примыкающей колеи.

Плотность и жесткость фундамента значительно отличаются от этих характеристик балласта пути, поэтому места примыкания платформы к пути требуют постоянного ухода и контроля. Это связано с дополнительными трудозатратами и соответствующими расходами.

**Преимущества динамической системы перед статической.** Динамические вагонные весы системы SOLAR характеризуются следующими качествами:

- при взвешивании практически исключены ошибки оператора;
- весы работают независимо от типа вагона и его длины;
- они могут без проблем объединяться с существующей рельсовой колеей;
- фундаменты не нужны. Весы SOLAR могут монтироваться непосредственно в щебеночный балластный слой;
- взвешивание может проводиться без дополнительного персонала и затрат времени, а также без помех движению поездов;

- время динамического взвешивания составляет лишь небольшую часть времени статического.

При скорости 80 км/ч результаты измерения в достаточной степени совпадают с результатами, получаемыми при статическом взвешивании.

#### *Определение точности*

Для перевозки товаров общественного потребления установлены международные требования точности при тарировке динамических вагонных весов согласно инструкции OIML R106. Этим документом установлены классы точности (0.2), (0.5), (1) и (2), указывающие погрешность в процентах при определении массы вагона или поезда.

Весы SOLAR при скорости прохождения подвижного состава до 15 км/ч обеспечивают класс точности (0.5) для отдельного вагона или всего поезда. В Австралии национальной метрологической службой принят класс точности взвешивания (2) для отдельного вагона и (0.5) для всего поезда при движении подвижного состава со скоростью 85 км/ч.

Статические весы хотя и имеют несколько более высокую точность, однако они проигрывают из-за погрешностей, вносимых уже упомянутыми внешними факторами.

#### **Описание системы SOLAR**

##### *Модульные системные компоненты*

Динамическую систему взвешивания SOLAR образуют следующие системные компоненты:

- семь измерительных шпал с интегрированными в них весовыми датчиками;
- четыре датчика измерения поперечных сил на шейке рельса;
- высокоточный двухканальный измерительный усилитель, в кото-

ром один канал используется для весовых датчиков, а второй — для датчиков поперечных сил;

- персональный компьютер с программным обеспечением для оценки результатов, в том числе и производимой на базе сравнения с эталонными параметрами;
- пульт оператора.

Корпус модуля оформлен так, что отдельные его компоненты могут просто и быстро заменяться.

**Измерительные шпалы.** На выбранном для весов месте заменяют уже уложенные семь обычных железобетонных шпал бесстыкового пути и вместо них укладывают семь измерительных. На этом отрезке измерительные шпалы уложены согласно эюре UIC71 и допущены к эксплуатации Федеральным бюро железных дорог Германии (EBA).

Измерительная шпала выполнена как массивная конструкция из стального листа, в которую вмонтированы два специальных блока с весовыми датчиками. Эти датчики располагаются по концам двутавровой балки, на которой точно над весовыми датчиками смонтированы стандартные элементы рельсовых скреплений. Двутавровая балка воспринимает реакции рельсовых нитей. Эти силы не оказывают прямого воздействия на весовой датчик. В то же время возникающие боковые усилия эта балка равномерно передает на оба весовых датчика.

Каждая измерительная шпала накрыта крышкой, которая надежно защищает ее от загрязнений, воды, льда и снега. Специальная схема исключает возможность воздействия на измерительные цепи обратных тяговых токов. Устройства СЦБ также не оказывают влияния на работу измерительных шпал.

**Весовые датчики.** Современные весовые датчики отличаются от использовавшихся прежде своей в 1000 раз более надежной конструкцией. Кроме того, их схема такова, что возникающие поперечные силы не оказывают негативного воздействия на полезный сигнал, соответ-

твующий направленной вертикально вниз силе тяжести. Общая схема измерительной системы позволяет обходиться без сложного алгоритма расчета массы и практически не требует какой-либо коррекции возмущающих воздействий. Этим обусловлена высокая надежность системы SOLAR.

Весовые датчики смонтированы в виде готового к сборке модуля, на который не оказывает влияния прогиб шпалы, возникающий при прохождении подвижного состава.

**Датчики поперечной силы.** Имеющиеся в системе SOLAR четыре датчика поперечной силы ограничивают зону взвешивания, образованную семью измерительными шпалами, спереди и сзади. В конце и начале этой зоны датчики устанавливаются между крайней измерительной шпалой и соседствующей с ней стандартной железобетонной. Датчики устанавливаются на половине высоты шеек рельсов.

Датчики поперечной силы частично регистрируют вертикальную силу в зоне перехода между стандартными и измерительными шпалами и передают информацию для подсчета числа осей, измерения скорости и контроля технического состояния щебеночного балласта.

**Измерительный усилитель.** Двухканальный измерительный усилитель является также аналого-цифровым преобразователем, который с высокой точностью преобразует линейный и пропорциональный силе аналоговый сигнал весового датчика в цифровое значение. Каждый весовой датчик и каждый датчик поперечной силы подключаются к собственному измерительному каналу. Примененный измерительный усилитель оборудован волоконно-оптической шиной, которая связывает с персональным компьютером все измерительные усилители.

При этом достигается оптимальное гальваническое разделение измерительной системы и окружающей среды. Кроме того, волоконно-оптический кабель абсолютно

невосприимчив к возмущающим воздействиям, что является неоспоримым достоинством в условиях железной дороги.

### *Простота монтажа*

**Непосредственная укладка в щебеночный балластный слой.** Быстрый монтаж системы взвешивания SOLAR обусловлен прежде всего бесфундаментной установкой измерительных шпал, укладываемых непосредственно в существующий балластный слой. При этом рельсы должны быть без стыков.

Особым достоинством системы SOLAR является то, что ей вообще не нужен специальный фундамент. Благодаря этому отпадает потребность в работах по бетонированию или заливке в балласт связывающих растворов. Укладка измерительных шпал с точки зрения конструкции пути соответствует замене обычных шпал. Поскольку масса и площадь основания измерительной шпалы такие же, как и у стандартной железобетонной шпалы, несущая способность щебня практически не изменяется.

**Подбивка шпал при монтаже весов.** Динамические вагонные весы требуют в основном повышенного внимания к качеству измерительного участка в диапазоне, составляющем по меньшей мере около 30 м до и после зоны монтажа весов. Этот участок должен располагаться на площадке в прямой и не иметь дефектов пути, поскольку из-за них при проходе подвижного состава возникающие вертикальные силы инерции ошибочно регистрируются весами.

Такие дефекты могут быть оперативно устранены с помощью автоматизированной тяжелой шпалоподбивочной машины, которая обеспечивает оптимальное положение шпал в пути. При этом шпалоподбивочная машина работает в обычном режиме и не повреждает компонентов системы взвешивания. Таким образом, участок пути с измерительными шпалами не

требует никакого дополнительного или специального ухода и может обслуживаться обычными путевыми машинами, в том числе и в случае возникновения просадок шпал.

### *Преимущества динамических вагонных весов SOLAR*

Динамическая система взвешивания SOLAR имеет ряд существенных достоинств по сравнению с системами других концепций:

- применение надежных датчиков и измерительных приборов, разработанных для систем взвешивания;
- точки измерения расположены таким образом, что датчики изолированы от прямого влияния рельсов и рельсовых креплений (изменений температуры, материала и т. д.);
- физическое исключение влияния возмущающих сил без их дополнительной компенсации и расчетных алгоритмов;
- непосредственный и вместе с тем быстрый монтаж в существующий щебеночный балластный слой;
- стабильность динамических свойств из-за равных значений высоты измерительных шпал, массы и площади опорной поверхности и, как следствие, отказ от дополнительной дорогостоящей стабилизации пути;
- динамические силы с рельсовой колеи не передаются на весовые датчики;
- щебеночный балласт в рамках обычного текущего содержания уплотняется тяжелыми путевыми машинами, поэтому отпадает необходимость в проведении дополнительных дорогостоящих путевых работ;
- каждая точка измерения имеет собственный высокоточный измерительный канал, который благодаря использованию волоконно-оптических кабелей имеет оптимальную гальваническую развязку относительно других систем.

## Формирование измеряемой величины и программное обеспечение

Звено формирования измеряемой величины является мозгом измерительной системы. Задача этого звена состоит в сборе и оценке цифровой сигнальной информации. По завершении процесса пользователь получает данные о массе вагона в максимально упрощенном виде. Процесс обработки и оценки осуществляется автоматически с помощью программы SWSSOFT, которая располагает необходимыми механизмами защиты от манипуляций и несанкционированного вмешательства.

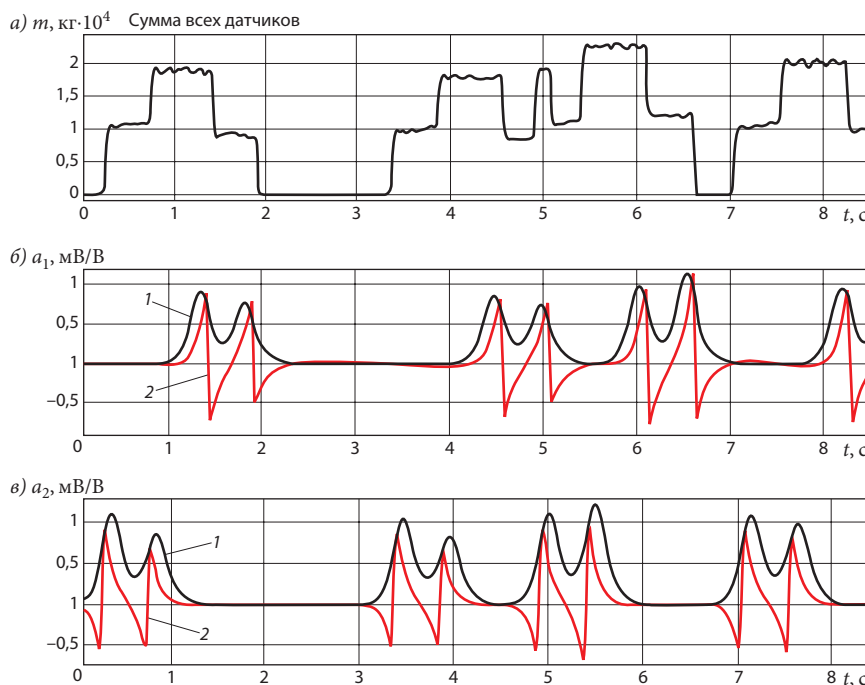
### Размещение измерительных компонентов в шкафу

Измерительные усилители размещены в распределительном шкафу вместе с такими устройствами, как источник бесперебойного питания, схема обогрева, источник питания постоянного тока напряжением 24 В и, если необходимо, промышленный персональный компьютер. Чтобы уменьшить длину кабелей, соединяющих аналоговые измерительные датчики с распределительным шкафом, последний, как правило, располагают рядом с участком взвешивания.

Связь компьютера оператора с системой, размещенной в распределительном шкафу, осуществляется по линии в соответствии с протоколом ТСР/IP. Персональный компьютер оператора при этом может находиться на расстоянии до 1 км от весов. Для связи его со шкафом достаточно обычной телефонной пары.

### Расчет массы вагона

Все измерительные усилители соединены с промышленным персональным компьютером волоконно-оптическими кабелями. Персональный компьютер включает эти усилители с помощью специальной



Кривые для расчета массы взвешиваемого объекта:

*a* — ступенчатая кривая суммарного сигнала; *b* — кривые одного весового датчика и установленного в конце измерительного участка датчика поперечных сил; *v* — кривые одного весового датчика и установленного в начале измерительного участка датчика поперечных сил; *m* — масса; *t* — время; 1 — кривая весового датчика; 2 — кривая датчика поперечных сил

выдвижной платы и считывает синхронизированную во времени цифровую информацию каждого измерительного канала о массе с частотой дискретизации 500 Гц. После проследования поезда данные оцениваются персональным компьютером. Сложение информации, получаемой от всех каналов, дает для зоны весов ступенчатые кривые (рисунок). При этом учитывается направление движения взвешиваемого поезда с помощью сигналов, снимаемых с датчиков поперечных усилий, которые располагаются в начале и конце измерительного участка.

По скорости движения, измеренной с учетом сигнала с датчиков поперечной силы, и рассчитанному на ее базе расстоянию между осями персональный компьютер определяет тип подвижного состава, находящегося на измерительном участке: двухосный или тележечный вагон (четырёх- или шестиосный). Сумма сигналов всех датчиков дает массу двухосного вагона или тележки с воздействующей на

нее половиной массы кузова. В последнем случае результаты взвешивания двух тележек объединяются для получения массы вагона, запоминаются и с помощью программного обеспечения подготавливаются для последующей обработки.

**Нагрузки на колесо и колесную пару.** Параллельно с этим анализируются также результаты измерений по отдельным колесным парам и колесам с определением нагрузки на них. На базе этого за один проход формируется информация, отображающая массу вагона и тележек, нагрузки на оси колесных пар и колеса, а также устанавливаются скорость вагона, число осей и расстояние между ними.

**Идентификация локомотивов и специальных вагонов.** Если на участке эксплуатируется постоянный локомотивный парк, то межосевые расстояния каждого из локомотивов могут быть заложены в программное обеспечение. В этом случае по известным межосевым расстояниям может автоматически идентифицироваться и соответ-



ственно учитываться любое положение локомотива в составе. Метод используется также и для идентификации специальных и нетиповых вагонов с определенным расположением осей.

**Время расчета.** Поскольку физический принцип измерения уже положительно зарекомендовал себя в эксплуатации, можно отказаться от сложной матрицы, корректирующей результат взвешивания. Система SOLAR калибруется для вагонов всех типов по одному линейному параметру в диапазоне скорости движения до 15 км/ч. В связи с этим обеспечивается производительность системы, соответствующая времени взвешивания одного поезда из 30 вагонов, равному 40 с.

**Контроль технического состояния пути.** Система SOLAR располагает возможностью активного контроля технического состояния пути. Она учитывает качество пути в зоне взвешивания и соответствующим образом реагирует, если осадка отдельных шпал превышает допустимое значение. Для этого система использует сигналы весовых датчиков и датчиков поперечных сил, сравнивает текущие параметры тележек каждого типа со значениями при эксплуатации и калибровке. При усреднении и статистической оценке данных в протокол взвешивания вносится соответствующее примечание. Для эксплуатирующей компании оно служит сигналом о том, что участок взвешивания требует проверки качества и принятия необходимых технических мер. Эксплуатация показала, что равномерные просадки не оказывают влияния на точность измерения, а степень равномерности зависит от качества подбивки.

#### *Программное обеспечение MVO+*

С помощью программного обеспечения MVO+ осуществляются функции обслуживания системы взвешивания, организации данных и вывода на печать результатов взвешивания. Эта програм-

ма представляет собой интерфейс между оператором и весами.

Программное обеспечение MVO+ позволяет обслуживать несколько вагонных весов SOLAR, а также дает возможность использования одних весов несколькими компаниями.

Особое внимание было уделено простоте пользования весами. Программное обеспечение реализовано в операционной системе Windows на базе мощного банка данных Interbase Borland и адаптировано для разных языков мира.

С помощью активируемой базы каждому пользователю присваивается PIN-код, с помощью которого он получает доступ к программе. Результаты взвешивания могут быть выведены на любой принтер, подключенный к персональному компьютеру.

**Взвешивание нажатием клавиши.** Каждый поезд может быть взвешен нажатием клавиши. В этом случае программное обеспечение предлагает результат взвешивания вагонов в очередности их прохождения. Таблица результатов может быть обработана вручную.

Для уже взвешенного поезда может проводиться повторное взвешивание, чтобы по обоим результатам можно было определить массу груза. При этом порядок расположения вагонов в составе не должен изменяться, хотя поезд может проходить через весы в том же или в обратном направлении.

Чтобы избежать повторного взвешивания, в таблицу можно вносить значения массы тары вагонов, на основании которых программа рассчитывает массу груза нетто.

**Банк данных вагонов.** Многие компании используют один и тот же парк вагонов, численность которого может быть достаточно большой. Кодовые идентификационные номера этих вагонов, присвоенные МСЖД, могут вводиться в программу или передаваться через интерфейс. Благодаря этому можно составлять поезда и готовить их к взвешиванию.

Заранее известные значения массы тары вагонов автоматически вычитаются из полученного результата взвешивания, если не предусмотрено повторное. Для выбора данных о вагоне или поезде в распоряжении имеются обширные и эффективные опции поиска и фильтрации.

**Безопасное взвешивание.** Для безопасного взвешивания в соответствии с существующими инструкциями проверяют наличие перегруза вагонов или осей. Кроме того, выдаются предупреждения для тех вагонов, в которых система взвешивания определила асимметричность загрузки. Могут также контролироваться нагрузки на колеса какой-либо тележки.

**Автоматический режим и телеуправление.** Программное обеспечение компьютера оператора MVO+ может быть также адаптировано к автоматическому режиму. В этом режиме каждый поезд, проходящий через весы, взвешивается автоматически без вмешательства оператора. Результат взвешивания при этом может передаваться в виде файла данных в программы более высокого уровня. Существует также возможность запуска программы MVO+ с помощью телеуправления. При этом в систему взвешивания с помощью системы телеуправления поступает команда о выборе нужной базы данных. После этого производится взвешивание, и результат также с помощью телеуправления передается на командный пункт.

Все действия и сообщения, в том числе об ошибках, если они имели место, протоколируются в отдельном файле. Компания Pfister Waagen Bilanciai предлагает полный пакет программ для технического обслуживания по системе телеуправления. С его помощью практически из любой точки мира возможно принятие сообщения об отказе или неисправности, в ответ на которое высылаются рекомендации по их устранению.