



Способ оценки массы железнодорожного состава



Лев ДУБРОВИН
Lev M. DUBROVIN

Анатолий НИКИШЕЧКИН
Anatoly P. NIKISHECHKIN



Владимир ДАВЫДЕНКО
Vladimir I. DAVYDENKO

Дубровин Лев Михайлович – старший преподаватель МИИТ, Москва, Россия.
Никишечкин Анатолий Петрович – кандидат технических наук, доцент МГТУ «Станкин», Москва, Россия.
Давыденко Владимир Иванович – старший электромеханик технического центра Московской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия.

A Method for Train Weight Estimation
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 53)

Известны сложности и недостатки при процедурах взвешивания вагонов и поездов, как и сама потребность в знании грузовых нагрузок на рельсовое полотно. В статье предлагается простой способ оценки массы железнодорожного состава в процессе его движения по контрольному участку пути. Он основан на измерении величины напряжённости магнитного поля, создаваемого тяговыми двигателями постоянного тока локомотива. Роль весов выполняют феррозонды, имеющие в качестве регистрирующих приборов миллиамперметры с тарированной под измерение массы состава шкалой. Полученные результаты подтверждают эффективность метода.

Ключевые слова: масса железнодорожного состава, локомотив, тяговые двигатели постоянного тока, постоянное магнитное поле, напряжённость магнитного поля, феррозонды, метод взвешивания состава.

Взвешивание железнодорожных составов является сегодня сложной, энергозатратной, дорогостоящей и часто не обеспечивающей достаточной точности процедурой.

Расчётные методы оценки массы подвижного состава хорошо известны, они подробно описаны в литературе [1, 2], однако очень трудоёмки и требуют сбора большого объема информации.

НА ХОДУ ИЛИ СТОЯ

Есть различные способы измерения массы железнодорожного состава на ходу с помощью датчиков давления, расположенных под рельсом. Их главный недостаток – низкая точность. Практика показала, что в момент прохождения датчика, колебания колёс вагона оказывают существенное влияние на точность измерения, наличие дефектов на поверхности катания колёс приводит к ударам большой интенсивности по измерительному участку. При взвешивании цистерн в движении возникают дополнительные проблемы – точность взве-

шивания весьма зависит от колебаний жидкости в момент прохождения зоны датчиков.

Поэтому на подходе к измерительному участку (весам) на дистанции 70–100 м должен быть «успокоительный участок». На нем необходимо обеспечить:

- прямолинейность рельсов в пределах ± 2 мм по вертикали и горизонтали;
- разовысокость рельсов в пределах ± 1 мм;
- возможно высокую жёсткость пути, для чего бетонные шпалы уложить с шагом 460–500 мм и сопроводить тщательной двухнедельной подбивкой.

Перед «успокоительным участком» следует снизить скорость, чтобы иметь время для затухания колебаний вагона до его прохода через зону весов. Со стороны съезда с весов нужен такой же тихоходный участок, но более короткий (20–30 м).

Для уменьшения динамической погрешности проводка состава через весы должна быть выполнена с постоянной скоростью без рывков и резких торможений.

На величину динамических погрешностей весов оказывает влияние состояние подвижного состава и, в частности, состояние сцепки и колёсных пар вагонов.

Подобные проблемы возникают и при взвешивании в движении на весах с использованием рельса тензометрического РТВ-Д. Другой существующий способ определения массы железнодорожного состава по скорости движения (патент № 1059445) исключает сооружение грузоприёмной платформы с силоизмерительными датчиками. Однако и он обладает недостатками:

1. Способ довольно затратный, что связано с необходимостью установки индуктора на поезде и укладки шлейфа вдоль пути.

2. Способ трудоёмкий, ибо требует уточнения значений коэффициентов, входящих в расчётную формулу, для обеспечения достаточной точности определения массы.

3. Точность расчёта массы железнодорожного состава зависит от математической модели, связывающей скорость движения и массу транспортного средства и включающей значительное количество искомых параметров.

Измерение массы на вагонных весах в виде компактной платформы позволяет взвешивать только стоящие вагоны. Способ отличается сложностью и требует значительных затрат времени.

ФЕРРОЗОНД В РОЛИ ВЕСОВ

Авторами предлагается новый способ оценки массы железнодорожного состава, упрощающий измерения, не требующий встраивания датчиков в элементы железнодорожного полотна, а также в электрические цепи и элементы конструкции локомотива или вагона, но при этом обеспечивающий необходимую точность измерения. Он обеспечивает повысить эффективность технологического процесса, заметно сократить энергетические, временные и финансовые затраты, поскольку обходится без сложного и дорогостоящего оборудования и без привлечения дополнительного персонала.

Предлагаемое решение заключается в следующем.

Измеряется величина напряженности магнитного поля, создаваемого тяговыми двигателями постоянного тока локомотива. Как известно, величина тока, потребляемого тяговым двигателем, определяется величиной нагрузки на его валу, которая, в свою очередь, зависит от массы перевозимого груза и условий движения – скорости, особенностей участка пути (горка, уклон, качество железнодорожного полотна и др.).

Ток двигателя вызывает постоянное, медленно меняющееся магнитное поле, напряженность которого может быть измерена. В предлагаемом решении используется связь между напряженностью магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока, и нагрузкой на валу двигателя, определяющей массу железнодорожного состава.

Для измерения напряженности магнитного поля могут использоваться различные датчики, в частности феррозонды, представляющие собой преобразователи величины напряженности магнитного поля в величину тока. Феррозондовый метод измерения достаточно прост, хорошо изучен и позволяет добиться необходимой точности [3–6].

Феррозонд обладает высокой чувствительностью и при измерении сильных



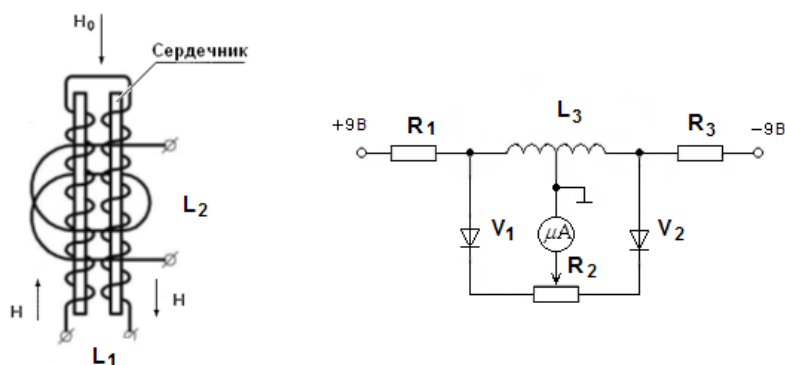


Рис. 1. Устройство феррозонда: H – поле возбуждения, H_0 – измеряемое магнитное поле.

магнитных полей не требует установки в непосредственной близости от двигателя или силовых цепей его питания. В качестве устройства индикации используется амперметр (миллиамперметр), шкала которого оттарирована в нужных единицах.

При движении локомотива на контрольном участке пути без состава с определенной постоянной, заранее набранной скоростью снимается показание миллиамперметра, принимаемое за ноль массы груза. При движении с прицепленным составом на том же участке (или аналогичном контрольному) с той же постоянной скоростью показание миллиамперметра соответствует массе перевозимого груза за вычетом суммарной массы тары вагонов, которая известна.

Таким образом, для измерения массы следует:

- обеспечить контрольный участок пути или участок, аналогичный контрольному по своим параметрам, на котором производится измерения и которому соответствует шкала измерительного прибора (миллиамперметра);
- обеспечить движение в течение менее одной минуты на таком участке с той же постоянной скоростью, на которой производилась тарировка шкалы измерительного прибора;
- бесконтактно произвести измерения с помощью устройства, представляющего собой феррозондовый преобразователь величины напряженности магнитного поля тягового двигателя в величину тока, снять показания с измерительного прибора, шкала которого должна быть предварительно оттарирована в единицах массы.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ И КАК ДЕЙСТВУЕТ

На рис. 1 представлен дифференциальный феррозонд с двумя пермаллоевыми сердечниками с обмоткой возбуждения L_1 , состоящей из двух половин.

Одна половина обмотки возбуждения L'_1 находится на одном сердечнике, другая L''_1 (намотана встречно первой) – на другом. Диаметр провода обмотки возбуждения – 0,3 мм, число витков каждой половины – 200. Намотка однослойная, виток к витку. Подключается к генератору импульсов. Поверх двух сердечников с обмотками L'_1 и L''_1 располагается измерительная обмотка L_2 с числом витков 2000, диаметром провода 0,1 мм. Обмотка многослойная, виток к витку. Измерительная обмотка подключается через выпрямитель к устройству регистрации, в качестве которого используется амперметр (миллиамперметр). К измерительной обмотке можно подключить осциллограф, позволяющий наблюдать искажения прямоугольных импульсов напряжения при воздействии внешнего магнитного поля.

Для защиты феррозонда от посторонних внешних воздействий используется защитный кожух, представляющий собой трубку из латуни [7].

Для компенсации влияния посторонних источников предусмотрена дополнительная третья обмотка L_3 , расположенная поверх основных обмоток (на рис. 1 не показана). Диаметр провода дополнительной обмотки 0,1 мм, число витков 500.

Структурная схема измерительного устройства, посредством которого реализуется способ, представлена на рис. 2.

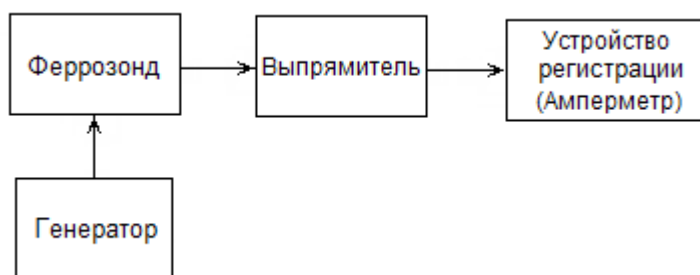


Рис. 2.
Структурная схема
измерительного
устройства.

Структурная схема включает:

- генератор импульсов, формирующий прямоугольные импульсы, подаваемые на обмотку возбуждения L_1 феррозонда;
- феррозонд, включающей три обмотки;
- выпрямитель;
- устройства регистрации — миллиамперметр.

Схема включения обмоток феррозонда показана на рис. 3.

Компенсация посторонних полей осуществляется при выключенном двигателе локомотива переменным резистором R_2 установкой нулевого значения тока, измеряемого миллиамперметром. Величина резисторов R_1 и R_3 выбирается в зависимости от используемого прибора и величины напряжения.

Генератор прямоугольных импульсов может быть выполнен на трёх элементах И-НЕ, питающихся от источника 9 вольт. При этом желательно предусмотреть возможность регулирования частоты, например, с помощью схемы, описанной в [8]. Величина напряженности магнитного поля, создаваемого тяговым двигателем, а, следовательно, и величина массы железн

нодорожного состава определяются по показанию миллиамперметра.

ТАРИРОВАНИЕ ШКАЛЫ И ИЗМЕРЕНИЯ

Результат достигается за счёт двух последовательных действий:

1. Тарирование шкалы измерительного прибора (миллиамперметра).
2. Собственно измерение массы железнодорожного состава.

Тарирование шкалы осуществляется в следующем порядке.

1. Выбирается участок пути с определенными параметрами, который объявляется контрольным. Например, прямолинейный горизонтальный (без уклонов) участок длиной, превышающей длину железнодорожного состава, массу которого планируется измерять. Желательно, чтобы он обладал такими параметрами, которые наиболее характерны для предполагаемого маршрута движения состава.

2. Осуществляется движение локомотива без состава по контрольному участку пути в определенном режиме (допустим, с постоянной скоростью). Время движения должно быть достаточным для снятия по-

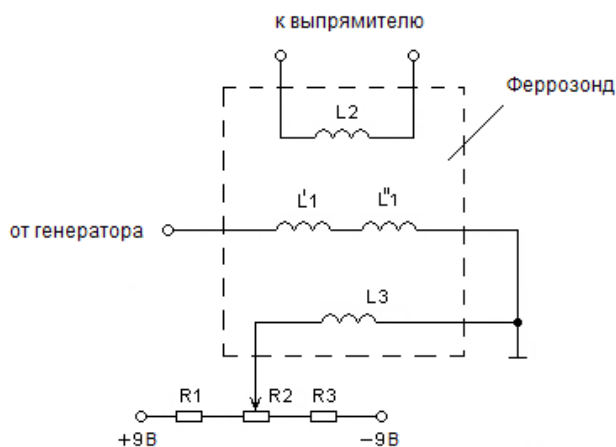


Рис. 3. Схема включения обмоток феррозонда.

казания миллиамперметра, которое принимается за ноль массы груза.

3. Такое же движение по тому же участку (или аналогичному) осуществляется с прицепленным составом, масса груза которого известна. Показания миллиамперметра будут соответствовать массе груза минус суммарная масса тары вагонов, которая также известна.

4. Действия, выполняемые в пункте 3, для более точного тарирования шкалы и исключения ошибок можно повторить с другой массой груза. При этом шкала оттарированного миллиамперметра оказывается практически линейной.

При использовании метода на локомотивах одной марки нет необходимости в тарировании шкалы измерительного прибора для каждого локомотива в отдельности. Достаточно обеспечить лишь одинаковое место установки чувствительного элемента (феррозонда).

Измерения массы груза железнодорожного состава следует производить при движении по контрольному (или аналогичному) участку пути в том же режиме, что и при тарировании измерительного прибора.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ И ВЫВОДЫ

Предлагаемый способ исключает необходимость встраивания датчиков в элементы железнодорожного полотна, электрические цепи и элементы конструкции локомотива, не требует сложного технологического оборудования, снижает затраты на измерения, обеспечивая при этом достаточную точность.

Измерительное устройство (миллиамперметр) может быть установлено практически в любом месте локомотива, что обеспечивает удобство фиксации результатов измерения помощником машиниста без привлечения дополнительного персонала.

Устройство, реализующее способ, характеризуется малым потреблением энергии, компактно (его размеры могут соответствовать размерам мобильного телефона), не содержит дорогостоящих элементов и не нуждается в особом обслуживании. Подготовка

к работе заключается в тарировании шкалы измерительного прибора (миллиамперметра) в единицах массы.

Применение метода подтвердило, что показания измерительного прибора не зависят от колебаний колёс вагона, состояния сцепки, наличия дефектов на поверхности катания колёс, колебаний жидкости в цистернах в момент прохождения состава по измерительному участку пути. Никакого «успокоительного» участка не требуется, достаточно обеспечить постоянный режим работы двигателя и, следовательно, определенную скорость без резких рывков и торможений. Возможные колебания в показаниях измерительного прибора не создают проблем, поскольку усредненное значение выявляется уже через несколько секунд с момента начала наблюдения.

Надо заметить, что эффект достигается при использовании локомотивов постоянного тока без импульсного регулирования скорости. Это является ограничительным фактором для данного способа измерения массы железнодорожного состава. Тем не менее подавляющее большинство грузовых электровазов ОАО «РЖД» представляет собой именно такие локомотивы, поэтому применимость метода не вызывает сомнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмич В. Д., Руднев В. С., Френкель С. Я. Теория локомотивной тяги: Учебник. — М.: Маршрут, 2005. — 448 с.
2. Бабичков А. М., Гурский П. А., Новиков А. П. Тяга поездов и тяговые расчёты. — М.: Транспорт, 1971. — 280 с.
3. Афанасьев Ю. В. Феррозонды. — Л.: Энергия, 1969. — 168 с.
4. Афанасьев Ю. В. Феррозондовые приборы. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 188 с.
5. Афанасьев Ю. В., Студенцов Н. В., Щелкин А. П. Магнитометрические преобразователи, приборы, установки. — Л.: Энергия, 1972. — 272 с.
6. Милловзоров В. П. Электромагнитные устройства автоматики. — М.: Высшая школа, 1974. — 414 с.
7. Дубровин Л. М., Никищечкин А. П. Исследование возможности использования параметров электромагнитного излучения для диагностирования режущего инструмента и управления процессом резания // Вестник МИИТ. — 2010. — Вып. 23. — С. 59–70.
8. Дубровин Л. М., Никищечкин А. П., Давыденко В. И. Феррозонды в оперативной диагностике стрелочных приводов // Мир транспорта. — 2015. — № 6. — С. 236–242. ●

Координаты авторов: **Дубровин Л. М.** – wellew49@gmail.com, **Никищечкин А. П.** – anatolij-petrovich@yandex.ru, **Давыденко В. И.** – vlad47mir@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 07.12.2015, принята к публикации 18.02.2016.