

И.В. Жуковицкий, О.И. Егоров

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЕЗДОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. Построение информационно-управляющих систем, как в пределах станции, так и на прилегающих к ней путях, тесно связаны с системами идентификации. В работе рассматривается метод идентификации, определяющий статические характеристики вагонов поезда и поезда в целом с использованием железнодорожной автоматики и информационных систем верхнего уровня. Для апробации метода идентификации используется имитационное моделирование. На основании анализа результатов имитационного моделирования разработанный метод идентификации поездов с использованием ТГНЛ показал высокую надежность и правильность работы.

Ключевые слова: метод идентификации, идентификация подвижного состава, контрольный участок, межосевые расстояния, точечный путевой датчик.

Введение. Идентификация подвижных единиц может заключать в себе определение различных характеристик, таких как количество осей, количество вагонов, их осьность, тип, номенклатурные номера вагонов, динамические характеристики движения и т.д.

Повышение точности определения различных параметров, характеризующих подвижной состав, приведет к непосредственному улучшению качества управления вагонопотоками. А это, в свою очередь, отразится на уменьшении себестоимости грузоперевозок, увеличении рациональности использования вагонов, освобождении людских ресурсов, повышении безопасности движения на железных дорогах и т.д. Хотя на сегодняшний день существует множество различных предложений решения той либо иной задачи идентификации – нельзя сказать, что этот вопрос является закрытым. Многие организации, как за рубежом, так и в нашей стране постоянно ведут работу над созданием новых и модернизацией существующих методов идентификации.

В связи с этим многие задачи автоматизации технологических процессов на железнодорожном транспорте тесно связаны с идентификацией подвижных единиц [1-3].

Анализ публикаций и цель работы. Существуют системы идентификации подвижных единиц, использующие средства железнодорожной автоматики (точечные путевые датчики, рельсовые цепи и т.д.) установленные на железнодорожном полотне и образующие контрольный участок. Подобные системы позволяют определить количество осей, осность и количество подвижных единиц, расстояния между осями подвижных единиц и, как результат, тип подвижных единиц [4, 5]. Результаты идентификации таких систем сильно зависят от многих факторов, таких как скорость и ускорение движения, точность фиксации колеса датчиком и т.д., что в свою очередь влияет на их достоверность. Поэтому такие системы имеют ограниченный круг применения.

В последние десятилетия, как в нашей стране, так и в странах ближнего зарубежья, много внимания уделялось развитию систем автоматического считывания информации с подвижных единиц с использованием специальных датчиков (преимущественно – пассивных радиодатчиков) [6, 7]. Внедрение таких систем позволило бы решить множество задач автоматизации процессов контроля и управления на железнодорожном транспорте. Однако данные системы оказались слишком дорогостоящими и трудоемкими, с точки зрения их внедрения и сопровождения. На сегодняшний день они находятся в «замороженном» состоянии.

В последнее время наметилась тенденция использования систем спутниковой навигации для слежения за перемещением подвижных единиц по железнодорожным дорогам в нашей стране и за рубежом [8, 9]. Однако, идентификация всех подвижных единиц, входящих в состав поезда, требует установки навигационных датчиков на каждую подвижную единицу. Это оказывается дорого и неэффективно.

Целью данной работы является разработка метода идентификации поезда с минимальными материальными затратами, простотой внедрения и обслуживания и обеспечивающего высокий уровень достоверности идентификации. Задача идентификации поезда актуальна во многих информационных системах, отображающих состояния тех-

нологических процессов на железной дороге. В данном случае решается задача идентификации конкретного поезда при подходе к сортировочной станции.

Предлагаемые решения. Выполнив анализ выше описанных методов идентификации, было принято решение об использовании интегрального подхода к решению поставленной задачи. При идентификации поезда используются контрольный участок, позволяющий определить количество и возможный тип подвижных единиц поезда и информация автоматизированных систем верхнего уровня. Информация о каждом поезде представлена в виде телеграммы натурального листа поезда (ТГНЛ), с указанием всех вагонов входящих в его состав и их номеров. На основании набора ТГНЛ поездов и идентифицированных параметров поезда устанавливается соответствие данного поезда и ТГНЛ. Решение данной задачи выполнено на основании исследованной погрешности идентификации подвижных единиц и разработанных методов идентификации [10, 11].

Решение данной задачи возможно несколькими способами, а именно:

- по подсчитанному количеству осей в поезде;
- по определенному количеству вагонов и их осности;
- по выявленным «опорным» вагонам;
- по рассчитанным межосевым расстояниям как средство определения типа вагонов.

При использовании первого и второго из этих способов необходим контрольный участок с одним точечным путевым датчиком [12], для третьего и четвертого способов – три.

Идентификация поезда с использованием первых трех способов является наиболее простой и более надежной, с точки зрения вероятности правильной идентификации параметров поезда, проходящего контрольный участок. Но при этом результаты идентификации поезда менее информативны, так как значения идентифицируемых параметров часто подходят к разным поездам. Под понятием «опорный» вагон в данном случае необходимо понимать вагон с определенным местом расположения в составе поезда и однозначно идентифицированным. Такой вагон должен быть только в идентифицируемом поезде, например транспортер. Идентификация по последнему способу имеет вероятностный характер, который зависит от точности расчета

межосевых расстояний и правильности определения типа вагонов. Данный способ является наиболее информативным, позволяющим определить до 4 цифр номера каждого вагона в поезде. Поэтому именно алгоритм этого способа идентификации и был выбран в качестве главного.

Определение типа подвижной единицы производится по определенному расстоянию между внутренними осями подвижных единиц. Но в ряде случаев разница между этими расстояниями для разного типа подвижных единиц очень мала, либо вообще равна нулю [13, 14]. Поэтому при идентификации подвижных единиц возможен вариант с разделением всех подвижных единиц на группы. При делении на группы учитываются точность определения межосевых расстояний. Так, при точности определения межосевых расстояний равной 50 мм получаются одна группа из трех подвижных единиц, три – из двух, а все остальные группы содержат по одной подвижной единице. То есть, в этом случае происходит идентификация подвижной единицы с точностью до определения группы. Количество групп и их состав может меняться в зависимости от точности идентификации.

Контрольный участок предназначен для определения межосевых расстояний подвижных единиц. Структурная схема участка, предлагаемого метода определения типа подвижных единиц, по средству определения межосевых расстояний, схематически представлена на рис. 1.

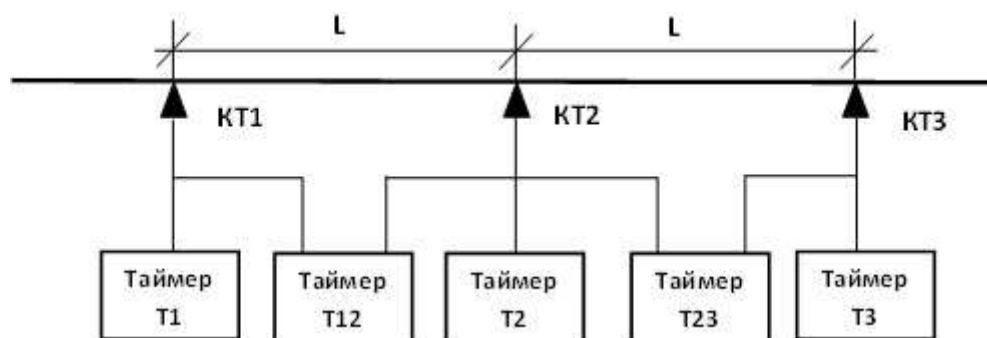


Рисунок 1 – Структурная схема участка определения межосевых расстояний

Три контрольные точки – КТ1, КТ2 и КТ3 (точечные путевые датчики) расположены на расстоянии L друг от друга. Таймеры Т12 и Т23 определяют временные интервалы t_{12} и t_{23} между наездом колеса подвижной единицы на контрольные точки КТ1 – КТ2 и КТ2 – КТ3

соответственно. Полученные значения t_{12} и t_{23} необходимы для определения начальной скорости наезда колесной пары на каждую из контрольных точек V_1 , V_2 и V_3 измерительного участка и ускорения движения. Таймеры Т1, Т2 и Т3 определяют временные интервалы t_1 , t_2 и t_3 между наездом смежными колесами колесных пар на контрольные точки КТ1, КТ2 и КТ3. Эти данные необходимы для определения межосного расстояния между смежными колесными парами. При этом трехкратное определение межосевого расстояния позволяет увеличить точность его измерения. Вычисленное межосевое расстояние будет равно среднему арифметическому трех измерений.

Для определения типа подвижной единицы используем вероятностный подход. В работе [11] приведена функциональная зависимость ошибки определения межосевого расстояния от структуры участка, параметров технических средств и объекта идентификации. Используя данную формулу и применив правило трех сигм, определяем интервал возможных значений измеренной величины. Далее определяем, какие из подвижных единиц попадают в определенный интервал. Для этого необходимо использовать базу данных о подвижных единицах, содержащую их межосевые расстояния. Ошибка определения межосевых расстояний подчиняется нормальному закону распределения с плотностью вероятности

$$\frac{1}{\sigma_{\Delta S} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(S - \bar{S})^2}{2\sigma_{\Delta S}^2}\right), \quad (1)$$

где S – межосевое расстояние подвижной единицы; $\bar{S}$ – среднее квадратическое отклонение ошибки определения межосевого расстояния.

В качестве идентифицируемой подвижной единицы может быть любая подвижная единица, для которой верно неравенство

$$S - 3 \cdot \sigma_{\Delta S} < S' < S + 3 \cdot \sigma_{\Delta S}, \quad (2)$$

где S – расстояние между внутренними осями подвижной единицы по каталогу; S' – замеренное расстояние между внутренними осями подвижной единицы.

Результатом идентификации, с использованием данного метода, является точное определение типа подвижной единицы или ограниченной группы, к которой она относится.

Общий алгоритм идентификации поезда в целом состоит из его повагонной идентификации. На основании определенных характеристик вагона формируется набор его возможных инвентарных номеров. Также формируются возможные номера вагонов для каждого из анализируемых поездов. Далее выполняется сравнение данных об инвентарных номерах вагонов из ТГНЛ с вагонами каждого из поездов. Так как каждому типу подвижной единицы соответствует свой особый признак в инвентарном номере, то на основании проведенного сравнения возможно определить искомый поезд. В случае, когда в группе поездов находятся два и более одинаковых поезда (что очень маловероятно), по характеристикам вагонов результатом идентификации будет несколько решений.

Описанный метод идентификации поезда приемлем только в случае, когда состав вагонов поезда полностью соответствует данным ТГНЛ. Данные ТГНЛ формируются на поезд при его формировании и отправке с сортировочной станции. При движении поезда к следующей сортировочной станции, возможно его изменение по составу вагонов, вызванное выполнением различных технологических операций. Это могут быть операции по добавлению или отцеплению вагона или группы вагонов на промежуточных станциях. При этом возможно, что необходимые корректировки в ТГНЛ будут внесены с опозданием. В результате чего состав вагонов поезда не будет соответствовать первоначальным данным ТГНЛ. Выполнение подобных технологических операций требует корректировки алгоритма идентификации.

Было рассмотрено выполнение следующих операций, изменяющих состав поезда:

- добавление в конец поезда вагона или группы вагонов;
- отцепление с конца поезда вагона или группы вагонов;
- отцепление вагона или группы вагонов внутри поезда;
- изменение последовательности вагонов в поезде (смена «головы» и «хвоста» местами).

Первые два вида операций вполне могли быть запланированы ранее, третий вид операций связан с возможными техническими неполадками вагонов. В результате подобных изменений состава поезда процесс идентификации необходимо рассматривать как выявление максимально правдоподобного решения из конечного числа возмож-

ных. Для этого в алгоритм идентификации поезда вводится коэффициент качества идентификации, согласно которому определяется количество возможных несоответствий состава поезда и данных ТГНЛ.

Окончательный алгоритм идентификации состоит из следующих операций:

- сравнение данных ТГНЛ поездов и данных повагонной идентификации поезда;
- подсчет количества совпадений («попаданий») данных ТГНЛ поездов и данных повагонной идентификации поезда;
- процесс подсчета совпадений выполняется до окончания списка вагонов ТГНЛ или до момента, когда количество несовпадений («промахов») превысит значение коэффициента качества идентификации;

В результате выполнения данного алгоритма идентификации будет выбран поезд, имеющий максимальное количество «попаданий».

Расчет показателя качества идентификации для каждого из поездов выполняется по следующей формуле:

$$Q_j = \frac{M_j}{\sum_{j=1}^N M_j}, \quad (3)$$

где Q_j – показатель совпадений для j -го поезда; M_j – количество «попаданий» для j -го поезда; N – количество идентифицируемых поездов.

В данном алгоритме особое внимание стоит уделить выбору значения показателя качества идентификации, т.к. именно этот показатель влияет на конечный результат идентификации.

Для правильной идентификации поезда данный алгоритм необходимо выполнять дважды для каждой ТГНЛ. В первый раз вагоны анализируются в порядке, который указан в ТГНЛ, во второй раз в обратном порядке. Это необходимо для случая изменения «хвоста» и «головы» поезда.

Моделирование предложенного алгоритма. Для апробации и проверки правильности работы метода идентификации поезда с использованием ТГНЛ было выбрано имитационное моделирование.

Разработанная имитационная модель содержит информацию о более чем 50-ти поездах. Данные о поездах были получены из информационных систем станции Запорожье-Левое за двое суток.

На основании анализа результатов имитационного моделирования разработанный метод идентификации поездов с использованием ТГНЛ показал высокую надежность и правильность работы. Данный метод не критичен к следующим факторам:

- высокая погрешность работы датчика (проводились эксперименты с погрешностью датчика до 80 мм);
- сбой одного из трех датчиков;
- количество идентифицируемых поездов в группе;
- скорость и ускорение движения поезда;
- изменение состава поезда в процессе его следования.

При применении метода следует уделить особое внимание выбору коэффициента качества идентификации.

В случае нахождения в группе двух и более одинаковых по характеристикам межосевых расстояний поездов, соответствующих идентифицируемому поезду, результат идентификации будет содержать несколько решений. При этом идентифицируемый поезд однозначно будет одним из результатов.

Выводы. Результатом данной работы является разработанный метод идентификации поезда на трехточечном контрольном участке с использованием дополнительной информации от информационной системы на основе вероятностного подхода. Данный метод идентификации позволяет автоматизировать ввод информации о поездах, прибывающих на станцию, дает возможность оперативного получения информации.

Моделирование процесса прибытия поездов на станцию на основании реальных статистических данных доказал работоспособность метода даже при сбоях в станционном оборудовании и неточностях в дополнительной информации (ТГНЛ), которая поступает от информационной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wagon-flow allocation optimization of stage plan at marshaling station in consideration of different size limitations of departure trains / H.-D. Li, S.-W. He, Y. Jing, S. Wang // J. of the China Railway Society. – 2012. – Vol. 34, № 7. – P. 10–17.

2. Вернигора Р.В., Єльнікова Л.О. Аналіз інтенсивності вантажних поїздопотоків на сортувальних станціях України // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 6. – Д.: ДНУЗТ, 2013. – с. 32-35
3. Лаврухін, О. В. Побудова моделі оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції [Текст] / О. В. Лаврухін, П. В. Долгополов, Ю. В. Доценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: 2013. – Вип. 64. – С. 15–17.
4. А. с. № 1652157 СССР, МКИ5 В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа подвижной единицы подвижного состава / Попов О. С., Унтилов В. П., Воронько В. А., Котелевец В. Н., Яценко В. И. (СССР). – 4671968/11; заявл. 03.04.89; опубл. 30.05.91, Бюл. № 20, 6 с.
5. А. с. № 1787845, МКИ5 В 61 L 1/16. Устройство для опознания типа вагонов / Захаров В. А., Черненко В. М. – 4721169/11; заявл. 31.05.89; опубл. 15.01.93, Бюл. № 2, 3 с.
6. Система автоматической идентификации транспортных средств “Пальма” / В. В. Белов, В. А. Буянов, М. Д. Рабинович и др. // Железнодорожный трансп. – 2002. – № 8. – С. 54–59.
7. Филатов А. Система автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава / А. Филатов // Железнодорожный трансп. – 1999. – № 9. – С. 68–70.
8. European Space Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.esa.int.
9. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.glonass-center.ru.
10. Егоров, О. И. Исследование погрешности определения типа подвижных единиц на железнодорожном транспорте / О. И. Егоров // Зб. наук. пр. Київського ун-ту економіки і технологій трансп. – 2003. – Вип. 4. – С. 36–41.
11. Жуковицкий, И. В. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в целом / И. В. Жуковицкий, О. И. Егоров // Информац.-керуючі системи на залізн. трансп. – 2012. – № 6. – С. 77–82.
12. Егоров О. И. Метод определения осности и количества подвижных единиц в отцепе / О. И. Егоров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – № 4. – С. 6–8
13. Раков, В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1976-1985) / В. А. Раков. – Москва : Транспорт, 1990. – 238 с.
14. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. Альбом. – Москва : Транспорт, 1989. – 173 с.