

УДК 629.4.066:656.259.13

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ И ПОЕЗДА В ЦЕЛОМ

Канд. техн. наук О.И. Егоров

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХЛИВИХ ОДИНИЦЬ І ПОЇЗДА В ЦІЛОМУ

Канд. техн. наук О.Й. Єгоров

SIMULATION MODELS IDENTIFICATION OF ROLLING UNIT AND THE WHOLE TRAIN

Cand. of techn. sciences O.I. Yehorov

Побудова інформаційно-керуючих систем як у межах станції, так і на прилеглих до неї шляхах, тісно пов'язані з системами ідентифікації. У роботі розглядається метод ідентифікації, який визначає статичні характеристики вагонів поїзда і поїзда в цілому з використанням залізничної автоматики та інформаційних систем верхнього рівня. Для апробації методу ідентифікації використовується імітаційне моделювання. Розроблена імітаційна модель дозволяє перевіряти правильність роботи різних алгоритмів ідентифікації рухомих одиниць.

Ключові слова: метод ідентифікації, ідентифікація рухомого складу, контрольна ділянка, міжосьові відстані, точковий колійний датчик.

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. Разработанная имитационная модель позволяет проверять правильность работы различных алгоритмов идентификации подвижных единиц.

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

Various information and control systems at marshaling yards while performing manufacturing operations require timely information about the controlled objects. The identification of railway rolling stock, both of the train as a whole and of the carriages, is an integral part of most automation systems. There were developed the mathematical and simulation models of rolling unit movement process through the control section, with a three control points located on it. The simulation results were processed by means of the theory of probability and mathematical statistics. This model allows you to organize the input values of the initial data sets, to generate intermediate and resulting data, to use data on more than 50 trains a matching numbers car and its static characteristics. The developed simulation model allows you to check the correct operation of different algorithms for identifying rolling units.

The results of this work can be used to identify both individual rolling units and the whole train.

Keywords: method of identification, rolling stock identification, control section, axle spacing, point track transducer.

Введение. С развитием вычислительной техники и средств железнодорожной автоматики все большее количество разнообразных технологических процессов на сортировочных станциях и прилегающих к ним путях стало возможным автоматизировать [1]. На сегодняшний день создано множество информационно-управляющих систем, систем контроля, которые предназначены для оперативного управления работой сортировочных станций. Каждая из таких систем состоит из определенного набора решаемых задач [2, 3]. Одной из таких задач является идентификация подвижных единиц и характеристик их движения. Идентификация подвижных единиц включает в себя определение различных характеристик, таких как статические характеристики, определение номеров вагонов, параметров движения и т. д. В данной работе рассматривается система идентификации каждой подвижной единицы в отдельности и поезда в целом с использованием трехточечного контрольного участка и данных о поездах, полученных с автоматизированных систем управления верхнего уровня. Система идентификации, описанная в работе [4], позволяет определять тип и количество

подвижных единиц с помощью межосевых расстояний, формировать комбинации номеров вагонов, состоящих из четырех цифр, сопоставлять идентифицируемый поезд одному из списка возможных поездов. Подобные методы идентификации разрабатывались и ранее [5-7], позднее проводилось их усовершенствование. В рассматриваемом методе задача идентификации подвижных единиц решается с использованием интегрального подхода, а именно анализируется информация, полученная как от устройств железнодорожной автоматики, так и от информационных систем верхнего уровня.

Проведение апробации правильности идентификации подвижных единиц в реальных условиях непосредственно на железнодорожных путях крайне проблематично и дорогостояще. Поэтому для исследования работы данной системы было выбрано имитационное моделирование.

Цель. Целью данной работы является разработка имитационной модели, позволяющей для заданных характеристик контрольного участка и объекта (поезда) сформировать набор выходных данных, которые будут впоследствии обработаны

процедурой идентификации. Необходимо предусмотреть возможность изменения алгоритма, заложенного в процедуре.

Имитационная модель. Для решения поставленной задачи было использовано имитационное моделирование, элементы теории вероятности и математической статистики.

Построение имитационной модели было выполнено в среде Borland Delphi 7.0 с использованием СУБД FireBird 1.5.

Разработанная имитационная модель выполняет следующие действия:

- введение исходных данных моделирования;
- формирование списка поездов;
- организация ведения базы данных парка грузовых вагонов и локомотивов с их характеристиками и особенностями их нумерации [8, 9];
- изменение первоначального состава поезда без «редактирования документации»;
- отображение промежуточных данных процесса моделирования;
- отображение результатов моделирования.

В качестве входных параметров имитационной модели были выбраны следующие показатели:

- начальная скорость движения поезда при заходе на контрольный участок, м/с;
- ускорение движения поезда на контрольном участке a , м/с²;
- расстояние между точечными путевыми датчиками, образующими контрольные точки L , м;
- среднее квадратическое отклонение ошибки датчика σ_d , мм [10];
- список номеров вагонов поезда, подлежащего идентификации. Формируется автоматически при выборе из списка;
- список возможных поездов подлежащих идентификации. Количество задается вручную, выбор поездов осуществляется с использованием функции Random;
- коэффициент качества идентификации [4].

При формировании списка поездов предоставляется возможность корректировки состава поезда, который подлежит 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).

При этом данные изменения не отображаются в «информационных системах верхнего уровня».

Имитационная модель позволяет изменять количество типов подвижных единиц и их характеристики, а также изменять порядок нумерации вагонов.

Алгоритм функционирования имитационной модели процесса идентификации подан на рис. 1.

В качестве промежуточных данных представлены следующие величины:

- значения межосевых расстояний поезда S_i ;
- значения определенных межосевых расстояний поезда So_{np_i} ;
- значения ошибки определения межосевых расстояний поезда ΔS_i ;
- значения ошибки фиксации i -м датчиком j -го колеса поезда $\sigma_{d_{i,j}}$;
- время наезда j -го колеса поезда на i -й датчик $t_{i,j}$;
- интервалы времени между наездом j -го колеса поезда на каждый из трех датчиков $t_{1-2,j}$, $t_{2-3,j}$.

Результаты моделирования состоят из следующих данных:

- определенные значения расстояния между внутренними осями каждого вагона и его осьность на каждом датчике;
- массивы возможных номеров каждого вагона идентифицируемого поезда;
- показатель совпадений для каждого из рассматриваемых поездов;
- конечный результат – определенный поезд.

В базе данных имитационной модели хранятся данные о межосевых расстояниях подвижных единиц, их типах и осности, а также данные о формировании номеров вагонов.

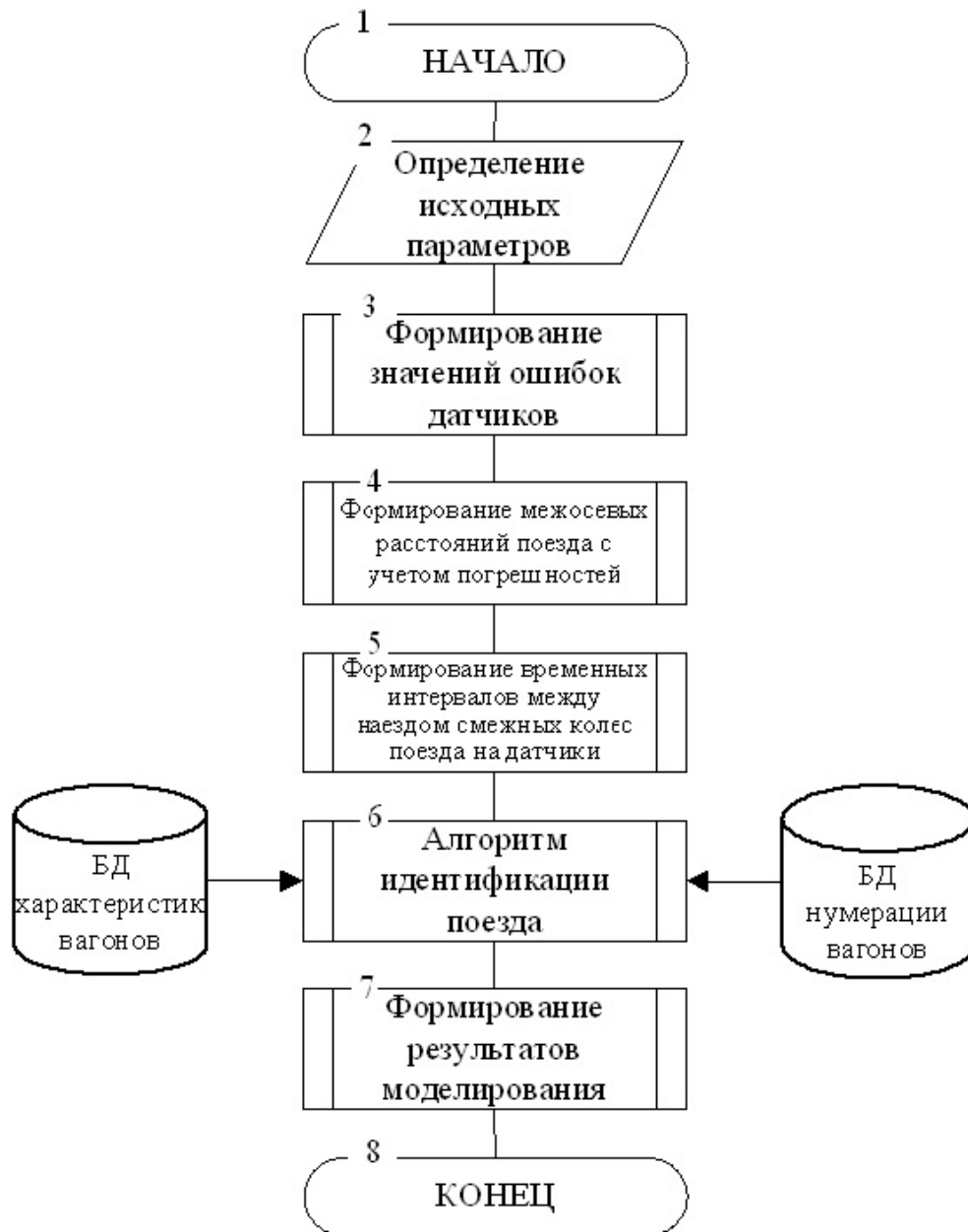


Рис. 1. Алгоритм имитационной модели идентификации поезда

Эксперименты идентификации поезда проводились на имитационной модели при следующих начальных условиях:

- начальная скорость изменялась в пределах от 10 до 20 м/с с шагом 1 м/с;
- ускорение изменялось в пределах от 0,01 до 0,05 м/с² с шагом 0,01 м/с²;
- расстояние между датчиками принималось равным 3 м и 6 м;
- погрешность датчика (среднее квадратическое отклонение ошибки фиксации

колеса) изменялась в пределах от 5 до 20 мм с шагом 1 мм;

- количество поездов идентификации 7, 10 и 15;
- коэффициент качества идентификации принимал значения 3 и 5.

Для каждого из набора данных проводилось 50 испытаний.

На рис. 2 и 3 представлены видеogramмы имитационной модели, отображающие примеры сформированных промежуточных и результирующих данных.

Моделирование процесса распознавания поезда									
Исходные данные			Промежуточные данные			Результаты моделирования			
Si, мм	Sonpi, мм	dS, мм	Td1i,c	Td2i,c	Td3i,c	dTd1i,c	dTd2i,c	dTd3i,c	
1850	1841	9	0,00000	0,20017	0,39947	0,12295	0,12218	0,12351	
6800	6802	2	0,45260	0,65466	0,85298	0,45260	0,45449	0,45351	
1850	1858	8	0,57664	0,77736	0,97584	0,12404	0,12270	0,12286	
3420	3413	7	0,80416	1,00484	1,20385	0,22752	0,22748	0,22800	
1850	1862	12	0,92840	1,12841	1,32757	0,12425	0,12357	0,12373	
6800	6822	22	1,38205	1,58133	1,77944	0,45364	0,45292	0,45187	
1850	1830	20	1,50414	1,70534	1,90246	0,12209	0,12400	0,12302	
2895	2886	9	1,69651	1,89718	2,09581	0,19236	0,19185	0,19335	
1850	1852	2	1,82005	2,02070	2,21852	0,12354	0,12351	0,12271	
4800	4800	0	2,13951	2,34145	2,53863	0,31946	0,32076	0,32011	
1850	1864	14	2,26382	2,46332	2,66149	0,12431	0,12187	0,12285	
2745	2737	8	2,44620	2,64642	2,84386	0,18238	0,18310	0,18237	
1850	1830	20	2,56819	2,76923	2,96759	0,12199	0,12281	0,12374	
1350	1338	12	2,65743	2,85926	3,05688	0,08924	0,09003	0,08928	
1850	1863	13	2,78162	2,98196	3,17999	0,12419	0,12271	0,12312	
7020	7018	2	3,24762	3,44953	3,64701	0,46600	0,46756	0,46702	
1850	1861	11	3,37161	3,57149	3,76956	0,12399	0,12197	0,12255	
1350	1336	14	3,46065	3,66085	3,85917	0,08905	0,08936	0,08961	
1850	1859	9	3,58449	3,78461	3,98378	0,12384	0,12376	0,12461	
3270	3258	12	3,80131	4,00245	4,20068	0,21682	0,21784	0,21690	
1850	1845	5	3,92417	4,12588	4,32415	0,12286	0,12342	0,12347	
6800	6811	11	4,37619	4,57679	4,77526	0,45202	0,45091	0,45111	
1850	1860	10	4,50003	4,70009	4,89784	0,12385	0,12331	0,12258	
3420	3418	2	4,72733	4,92826	5,12518	0,22730	0,22816	0,22734	
1850	1846	4	4,85020	5,05084	5,24892	0,12287	0,12259	0,12374	
6800	6802	2	5,30133	5,50229	5,70021	0,45113	0,45145	0,45129	
1850	1851	1	5,42448	5,62476	5,82273	0,12315	0,12247	0,12252	

Рис. 2. Видеограмма промежуточных результатов моделирования

Моделирование процесса распознавания поезда									
Исходные данные			Промежуточные данные			Результаты моделирования			
SenD1, мм	SenD2, мм	SenD3, мм	Коды вагонов			Показатели моделирования			
6802 4	6828 4	6827 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Поезд № 5 Код - 59 Кол-во вагонов - 53			
6822 4	6808 4	6806 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Кол-во попаданий - 2 %- 2,60			
4800 4	4795 4	4806 4	33	33	33				
7017 8	1332 8	1332 8	58 59	58 59	58 59				
6811 4	6791 4	6808 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Поезд № 6 Код - 12 Кол-во вагонов - 58			
6802 4	6803 4	6815 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Кол-во попаданий - 2 %- 2,60			
5158 4	5129 4	5153 4	43	43	43				
5270 4	5249 4	5292 4	44 45 46	44 45 46	44 45 46	Поезд № 7 Код - 26 Кол-во вагонов - 44			
5164 4	5137 4	5150 4	43	43	43	Кол-во попаданий - 2 %- 2,60			
5267 4	5259 4	5279 4	44 45 46	44 45 46	44 45 46				
5149 4	5130 4	5157 4	43	43	43				
5143 4	5120 4	5166 4	43	43	43	Поезд № 8 Код - 28 Кол-во вагонов - 47			
6819 4	6813 4	6829 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Кол-во попаданий - 2 %- 2,60			
6820 4	6796 4	6814 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39				
4808 4	4787 4	4800 4	33	33	33				
4812 4	4780 4	4806 4	33	33	33	Поезд № 9 Код - 17 Кол-во вагонов - 61			
4807 4	4781 4	4799 4	33	33	33	Кол-во попаданий - 3 %- 3,90			
4805 4	4772 4	4808 4	33	33	33				
6804 4	6798 4	6831 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39				
4797 4	4783 4	4811 4	33	33	33	Поезд № 10 Код - 53 Кол-во вагонов - 47			
4804 4	4773 4	4789 4	33	33	33	Кол-во попаданий - 0 %- 0,00			
6803 4	6808 4	6829 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39				
7023 8	1341 8	1350 8	58 59	58 59	58 59	Поезд № 11 Код - 18 Кол-во вагонов - 57			
6801 4	6808 4	6824 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39	Кол-во попаданий - 57 %- 74,03			
6802 4	6790 4	6801 4	36 37 38 39	36 37 38 39	36 37 38 39				
4804 4	4772 4	4786 4	33	33	33				
4808 4	4768 4	4784 4	33	33	33				

Рис. 3. Видеограмма результатов моделирования

Испытания проводились в двух режимах:

- полное соответствие между идентифицируемым поездом и его описанием в информационных системах верхнего уровня;
- измененный состав идентифицируемого поезда (отцепление, прицеп вагонов).

Поезд, подлежащий идентификации, выбирался вручную или автоматически из

списка поездов по закону равномерного распределения. Группа поездов формировалась автоматически по закону равномерного распределения без повторений одного и того же поезда в группе. Полный список поездов содержит более 50 поездов. В качестве объектов идентификации были собраны данные поездов со станции Запорожье-Левое за двое суток.

Все експерименти показали успішну ідентифікацію вибраного поезда.

Практическая значимость. Представленная имитационная модель позволяет адекватно моделировать процесс движения подвижных единиц через контрольный участок и выполнять алгоритм идентификации. При этом возможна замена процедуры идентификации для апробации правильности работы других методов.

Выводы. Разработанная имитационная модель позволила провести апробацию метода идентификации поездов с использованием дополнительной информации от систем верх-

него уровня. Данный метод показал высокую надежность и правильность работы. При этом он 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.

Список использованных источников

1. Косолапов, А.А. Концептуальні моделі сортувальних станцій. ЦИТ: 412-0949 [Текст] / А.А. Косолапов // Сборник научных трудов «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012». Транспорт. Техническая эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Т. 2., № 4. — С. 65-69.
2. Долгополов, П.В. Оптимізація роботи залізничних вузлів на основі планування резерву порожніх вагонів [Текст] / П.В. Долгополов, І.М. Дробот, О.Ю. Рогозін // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 112. – С. 108–112.
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. Жуковичкий, И.В. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в целом [Текст] / И.В. Жуковичкий, О.И. Егоров // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – № 6. – С. 77–82.
5. А. с. 1260280 СССР, МКИ4 В 61 L 1/16. Устройство для распознавания типа вагонов подвижного состава [Текст] / Попов О.С., Унтилов В.П., Ферефоров Ю.С., Суд Э.Н. (СССР). – 3876545/27–11; заявл. 01.04.85; опубл. 30.09.86, Бюл. № 36. – 5 с.
6. А. с. 1719260, МКИ5 В 61 L 1/16 25/02. Устройство для опознавания типа вагонов [Текст] / Соболев Ю.В., Соколов В.М., Придубков П.Я., Майборода А.Ф., Прогонный А.Н., Пилипенко В.В. – 4793120/11; заявл. 15.02.90; опубл. 15.03.92; Бюл. № 10. – 13 с.
7. А. с. 1787845, МКИ5 В 61 L 1/16. Устройство для опознания типа вагонов [Текст] / Захаров В.А., Черненко В.М. – 4721169/11; заявл. 31.05.89; опубл. 15.01.93, Бюл. № 2. – 3 с.
8. Раков, В. А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1976-1985) [Текст] / В.А. Раков. – М.: Транспорт, 1990. – 238 с.
9. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. Альбом [Текст]. – М.: Транспорт, 1989. – 173 с.
10. Штанке, А.Э. Исследование и выбор путевых датчиков в системе диспетчерского контроля [Текст] / А.Э. Штанке, И.Г. Красовская // Совершенствование устройств ж.-д. автоматики и телемеханики: межвуз. сб. науч. ст. – Свердловск, 1973. – Вып. 34. – С. 59-66.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.В. Жуковичкий

Егоров Олег Йосифович, кандидат технічних наук, доцент кафедри електронних обчислювальних машин, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Тел.: +38 (056) 373 15 89. E-mail: egoroffoleg@ukr.net.

Yehorov Oleh, Cand. of techn. sciences, dep. «Electronic Computing Machines», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian. Tel.: +38 (056) 373 15 89. E-mail egoroffoleg@ukr.net.

Стаття прийнята 03.11.2015 р.