

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 ідентифікації. Необхідно передбачити можливість зміни алгоритма, закладеного в процедурі.

Імітаційна модель. Для рішення поставленої задачі було використано імітаційне моделювання, елементи теорії ймовірності і математичної статистики.

Побудова імітаційної моделі було виконано в середі Borland Delphi 7.0 з використанням СУБД FireBird 1.5.

Розроблена імітаційна модель виконує наступні дії:

- введення вихідних даних моделювання;
- формування списку поїздів;
- організація ведення бази даних парку вантажних вагонів і локомотивів з їх характеристиками і особливостями їх нумерації [8, 9];
- зміна первинного складу поїзда без «редагування документації»;
- відображення проміжних даних процесу моделювання;
- відображення результатів моделювання.

В якості вхідних параметрів імітаційної моделі були обрані наступні показники:

- початкова швидкість руху поїзда при вході на контрольний ділянку, м/с;
- прискорення руху поїзда на контрольній ділянці a , м/с²;
- відстань між точковими шляховими датчиками, що утворюють контрольні точки L , м;
- середнє квадратичне відхилення помилки датчика σ_d , мм [10];
- список номерів вагонів поїзда, що підлягає ідентифікації. Формується автоматично при виборі з списку;
- список можливих поїздів, що підлягає ідентифікації. Кількість задається вручну, вибір поїздів здійснюється з використанням функції Random;
- коефіцієнт якості ідентифікації [4].

При формуванні списку поїздів надається можливість виправлення складу поїзда, який підлягає ідентифікації. Було розглянуто виконання наступних операцій, що змінюють склад поїзда:

- додавання в кінець поїзда вагона або групи вагонів;
- відокремлення з кінця поїзда вагона або групи вагонів;
- відокремлення вагона або групи вагонів всередині поїзда;
- зміна послідовності вагонів в поїзді (зміна «голови» і «хвоста» місцями).

При цьому дані зміни не відображаються в «інформаційних системах верхнього рівня».

Імітаційна модель дозволяє змінювати кількість типів рухомих одиниць і їх характеристики, а також змінювати порядок нумерації вагонів.

Алгоритм функціонування імітаційної моделі процесу ідентифікації подано на рис. 1.

В якості проміжних даних представлені наступні величини:

- значення міжосевих відстаней поїзда S_i ;
- значення визначених міжосевих відстаней поїзда $S_{опр}$;
- значення помилки визначення міжосевих відстаней поїзда ΔS_i ;
- значення помилки фіксації i -м датчиком j -го колеса поїзда $\sigma_{дi,j}$;
- час наїзду j -го колеса поїзда на i -й датчик $t_{i,j}$;
- інтервали часу між наїздом j -го колеса поїзда на кожен з трьох датчиків $t_{1-2,j}$, $t_{2-3,j}$.

Результати моделювання складаються з наступних даних:

- визначені значення відстаней між внутрішніми осями кожного вагона і його основою на кожному датчику;
- масиви можливих номерів кожного вагона ідентифікованого поїзда;
- показник збігів для кожного з розглянутих поїздів;
- кінцевий результат – визначений поїзд.

В базі даних імітаційної моделі зберігаються дані про міжосеві відстані рухомих одиниць, їх типи і основи, а також дані про формування номерів вагонів.

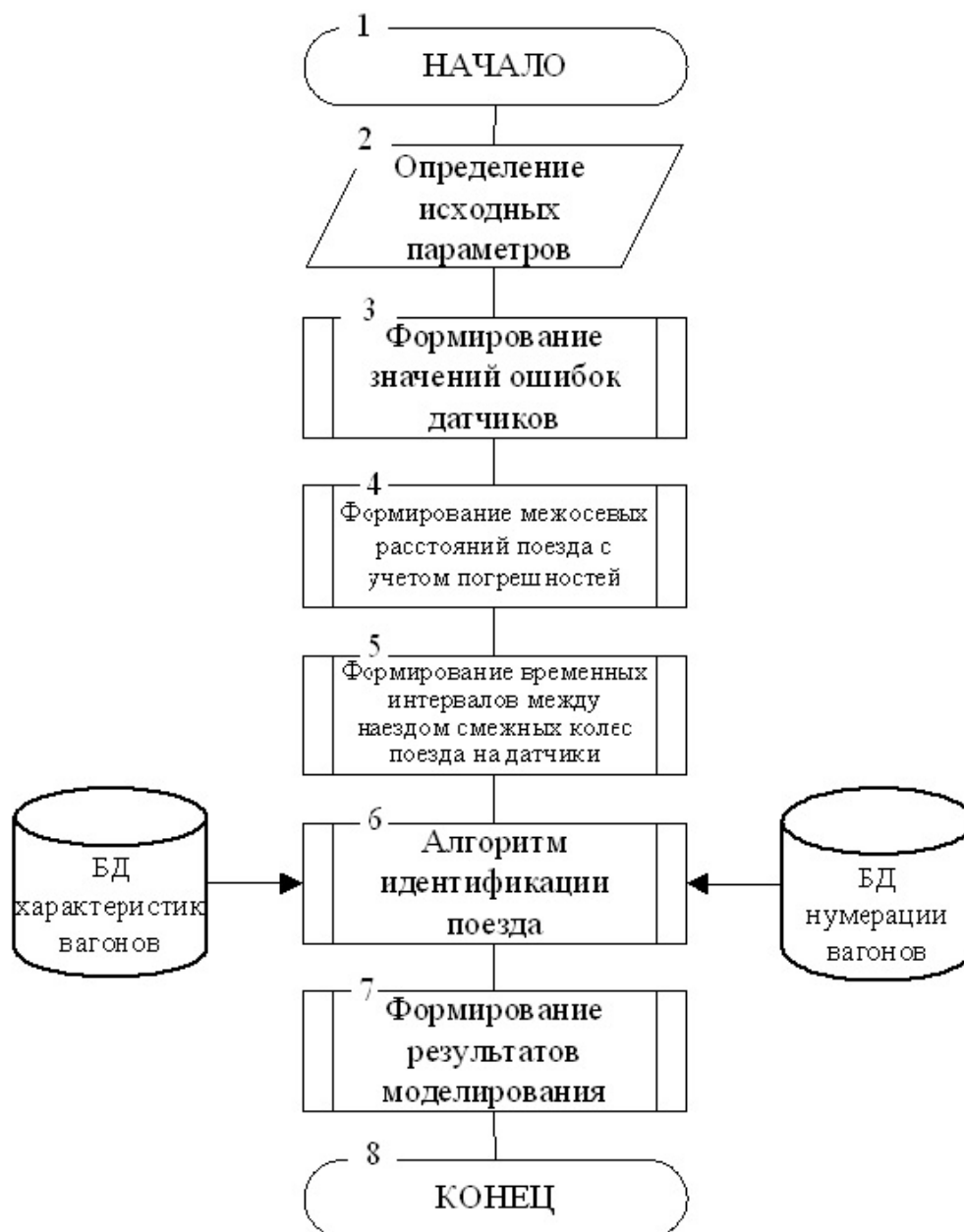


Рис. 1. Алгоритм имитационной модели идентификации поезда

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.

Рухомий склад залізниць

Si, мм	Sопri, мм	dS, мм	Tд1i,c	Tд2i,c	Tд3i,c	dTд1i,c	dTд2i,c	dTд3i,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	0,12361
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

СенД1, мм	СенД2, мм	СенД3, мм	Коды вагонов	Показатели моделирования
6802	6828	6827	36 37 38 39	Поезд № 5 Код - 59 Кол-во вагонов - 53 Кол-во попаданий - 2 % - 2,60
6822	6808	6806	36 37 38 39	
4800	4795	4806	33	Поезд № 6 Код - 12 Кол-во вагонов - 58 Кол-во попаданий - 2 % - 2,60
7017	1332	1332	58 59	
6811	6791	6808	36 37 38 39	Поезд № 7 Код - 26 Кол-во вагонов - 44 Кол-во попаданий - 2 % - 2,60
6802	6803	6815	36 37 38 39	
5158	5129	5153	43	Поезд № 8 Код - 28 Кол-во вагонов - 47 Кол-во попаданий - 2 % - 2,60
5270	5249	5292	44 45 46	
5164	5137	5150	43	Поезд № 9 Код - 17 Кол-во вагонов - 61 Кол-во попаданий - 3 % - 3,90
5267	5259	5279	44 45 46	
5149	5130	5157	43	Поезд № 10 Код - 53 Кол-во вагонов - 47 Кол-во попаданий - 0 % - 0,00
5143	5120	5166	43	
6819	6813	6829	36 37 38 39	Поезд № 11 Код - 18 Кол-во вагонов - 57 Кол-во попаданий - 57 % - 74,03
6820	6796	6814	36 37 38 39	
4808	4787	4800	33	
4812	4780	4806	33	
4807	4781	4799	33	
4805	4772	4808	33	
6804	6798	6831	36 37 38 39	
4797	4783	4811	33	
4804	4773	4789	33	
6803	6808	6829	36 37 38 39	
7023	1341	1350	58 59	
6801	6808	6824	36 37 38 39	
6802	6790	6801	36 37 38 39	
4804	4772	4786	33	
4808	4768	4784	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 успішную ідентифікацію вибранного 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 // Зб. 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. Жуковицкий, И.В. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в целом [Текст] / И.В. Жуковицкий, 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., Фереферов 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. Жуковицький

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.