

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 519.87

DOI 10.46973/0201-727X_2023_2_73

*Е. А. Середов***ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРОВ
НА ВЫТЯЖНЫХ ПУТЯХ**

Аннотация. Рассматривается визуализация процессов выполнения маневров на вытяжных путях с использованием программы AnyLogic. Имитационные модели выполнения маневров в программе AnyLogic позволят визуализировать процессы выполнения маневров на вытяжных путях и повысить вероятность их понимания обучающимися в учебных заведениях железнодорожного транспорта и работниками железнодорожного транспорта. Применение имитационного моделирования при апробации технических и технологических решений, направленных на повышение эффективности работы станции, позволит существенно сократить не только финансовые, но и временные затраты, связанные с проведением исследований на реальном объекте. В приведенных примерах рассмотрено создание имитационных моделей выполнения маневров на вытяжных путях такими способами, как осаживание и толчки.

Ключевые слова: моделирование, визуализация процессов, маневры на вытяжных путях, маневры осаживанием, маневры толчками.

Для цитирования: Середов, Е. А. Имитационное моделирование выполнения маневров на вытяжных путях / Е. А. Середов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2. – С. 73–78. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_2_73.

Введение

Во всем мире развиваются технологические процессы и формируются ресурсы для их изготовления. На таком высоком уровне недопустимы ошибки, поэтому используется имитационное моделирование, следовательно, имитационное моделирование – неотъемлемый инструмент прогресса. В целях визуализации процессов выполнения маневров на вытяжных путях для правильного их восприятия обучающимися в учебных заведениях железнодорожного транспорта и работниками железнодорожного транспорта рассмотрено применение программы AnyLogic [1], позволяющей создавать различные имитационные модели.

Создание имитационных моделей выполнения маневров на вытяжных путях

Предварительным этапом визуализации способов выполнения маневров на вытяжных путях является создание стрелочной улицы.

Построим простейшую стрелочную улицу [2] (рис. 1), состоящую из четырех путей при следующих исходных данных:

- марка крестовины 1/9;
- тип рельсов Р-50;
- радиус кривой 200 м;
- величина междупутья 5,3 м.

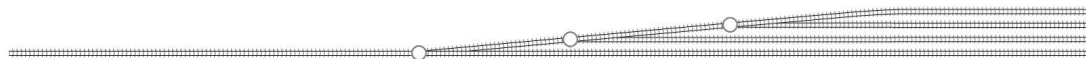


Рис. 1. Стрелочная улица под углом крестовины

Построив стрелочную улицу, приступаем к рассмотрению примеров создания имитационных моделей выполнения маневров на вытяжных путях и к визуализации этих процессов.

Пример 1. Создание имитационной модели выполнения маневров на вытяжном пути осаживанием

Выполнение маневров осаживанием основывается на движении маневрового состава на соответствующий путь парка только с локомотивом. При этом отцепка вагонов выполняется только при полной остановке локомотива после полуреяса осаживания в необходимом месте пути. Данный способ выполнения маневров на вытяжном пути является наиболее безопасным, но и наименее производительным. Следует принять во внимание, что маневры осаживанием применяются в случаях, когда в маневровом составе есть вагоны с опасным грузом и другие вагоны (по специальному перечню), которые запрещено толкать при маневрах и спускать с горки без локомотивов, а также в других случаях, когда нет возможности применять толчки – неблагоприятный профиль пути, недостаточная видимость и т.д.

Пример выполнения маневров осаживанием представлен на рис. 2.

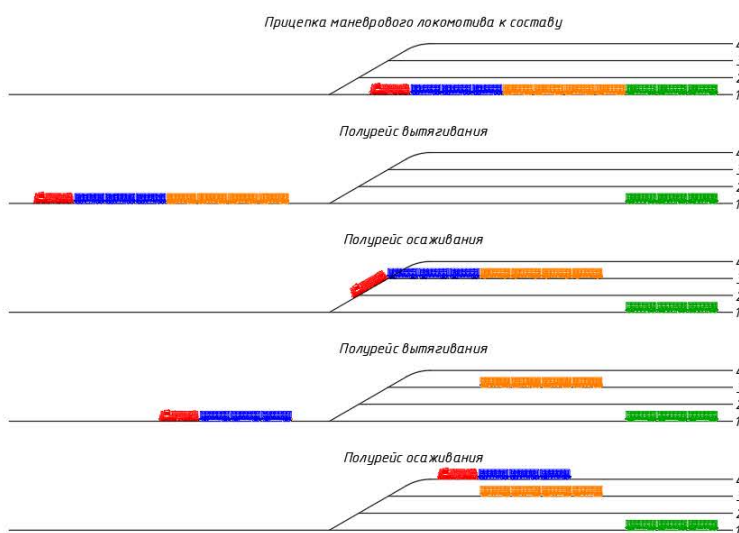


Рис. 2. Пример выполнения маневров осаживанием

Рассмотрим выполнение данного процесса в программе AnyLogic. Используя инструмент «Точка на ж. д. пути», установим точки 1–4 на железнодорожных путях согласно рис. 3. После этого приступаем к построению логической цепочки выполнения маневров на вытяжном пути методом осаживания. Появление локомотива с маневровым составом предусмотрено в точке 1 (T1). Вытягивание маневрового состава будет осуществляться до точки 2 (T2) с последующим осаживанием вагонов до точки 3 (T3). Цикл выполнения маневров повторяется до осаживания вагонов до точки 4 (T4). Одиночный локомотив после выполнения маневров следует в T2.

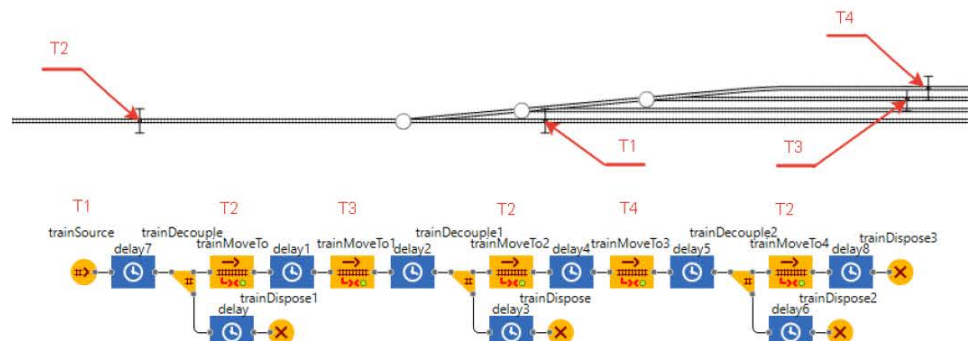


Рис. 3. Общий вид стрелочной улицы с логической цепочкой выполнения маневров осаживанием

Пример 2. Создание имитационной модели выполнения маневров на вытяжном пути толчками

Выполнение маневров точками основывается на движении отцепки по инерции после толчка локомотива. При этом отцепка вагонов выполняется заблаговременно, до начала движения подвижного состава по вытяжному пути. При выполнении маневров толчками требуется регулировать скорость движения отцепки на занятый путь парка, так как скорость соударения вагонов должна быть не более 5 км/ч. Ограничения по производству маневров толчками представлены в пункте 51 приложения N10 к Инструкции по организации движения поездов и маневровой работы на железнодорожном транспорте Российской Федерации [3]. Кроме того, маневры толчками исключены там, где стрелочная зона имеет уклон в сторону вытяжного пути, так как в этом случае возможна остановка отцепки в горловине или его обратное движение [4]. Маневры толчками классифицируют по числу отцепов, направляемых на сортировочные пути при каждом толчке и по числу толчков, выполняемых локомотивом при одном полурајсе [5].

Пример выполнения маневров толчками представлен на рис. 4.

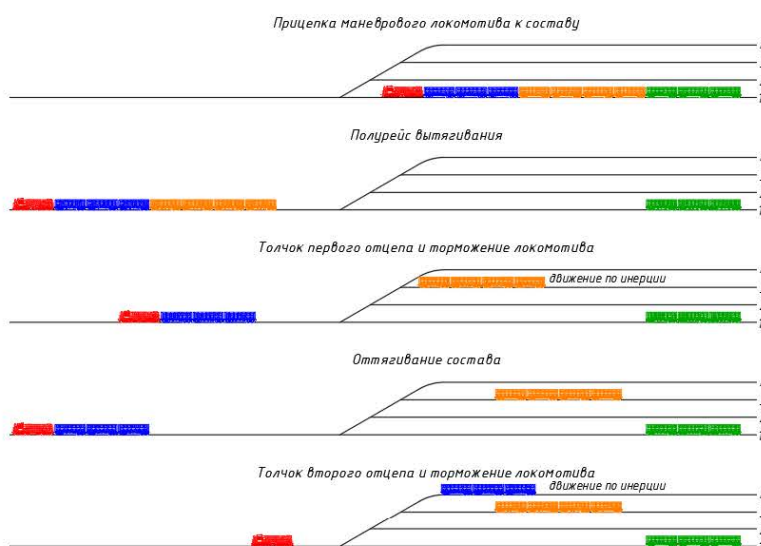


Рис. 4. Пример выполнения маневров толчками

Для выполнения данного процесса в программе AnyLogic [6] требуется добавить еще одну точку (T5) перед разделительной стрелкой, являющейся местом торможения локомотива и началом движения отцепки по инерции (рис. 5). После этого приступаем к построению логической цепочки выполнения маневров точками. Появление локомотива с маневровым составом предусмотрено в точке 1 (T1). Вытягивание маневрового состава будет осуществляться до точки 2 (T2) с последующим толчком вагонов до точки 5 (T5), где предусматривается разъединение вагонов. Цикл выполнения маневров повторяется при движении вагонов по инерции до точки 4 (T4). Одиночный локомотив после выполнения маневров следует в T2.

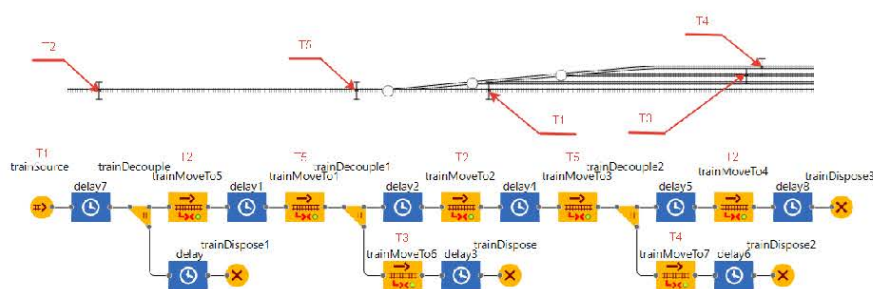


Рис. 5. Общий вид стрелочной улицы с логической цепочкой выполнения маневров толчками

На рис. 3, 5 над блоком «*trainSource*» указана точка входа подвижного состава, а над всеми блоками управления движения поездов (*trainMoveTo*) указаны точки – цели движения подвижного состава. Блоки «*delay*» используются с целью задержки подвижного состава в необходимом месте и подразумевают операции по установке средств закрепления подвижного состава, смену направления движения и другие. При задании параметров для блоков логической цепочки следует обращать внимание на направление движения подвижного состава по путям и местонахождение отцепляемых вагонов в маневровом составе (последние/первые). Для замены разноцветных призм на визуализированные модели подвижного состава требуется создать отдельные агенты, соответствующие моделям подвижного состава и, сделав параметр «Новый вагон» блока «*trainSource*» динамическим, прописать:

```
carindex == 0 ? new RailCar() :  
randomlyCreate( MyAgent.class,  
MyAgent1.class, MyAgent2.class ),
```

где агенту «*RailCar*» соответствует модель локомотива, а агентам «*MyAgent*», «*MyAgent1*» и «*MyAgent2*» соответствуют модели вагонов различных типов.

Виды визуализации выполнения маневров представлены на рис. 6.

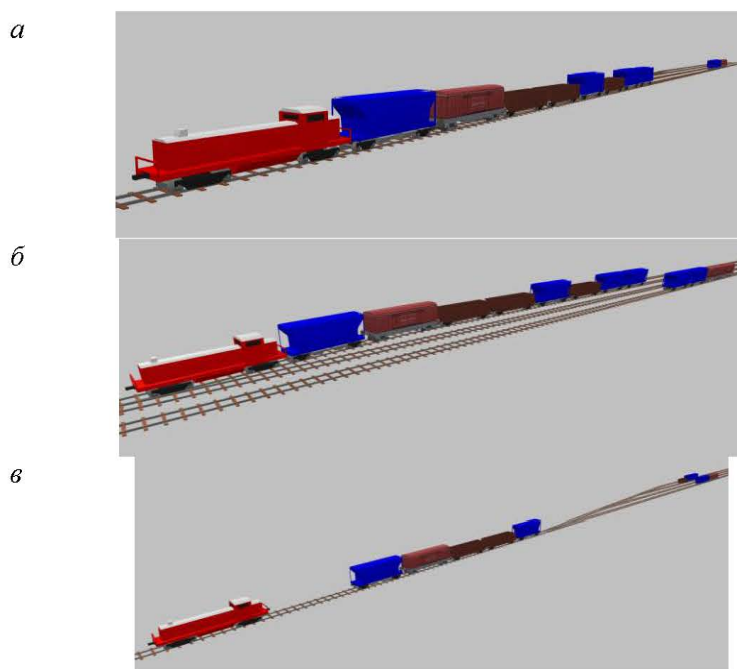


Рис. 6. Виды визуализации выполнения маневров:
а – вытягивание; *б* – осаживание; *в* – толчок

Выводы

Таким образом, используя программу AnyLogic [7], можно создать имитационные модели [8, 9] выполнения маневров на вытяжных путях и визуализировать эти процессы для правильного их понимания обучающимися в учебных заведениях железнодорожного транспорта и работниками железнодорожного транспорта, поскольку динамическое описание действий наиболее наглядно по сравнению с графическим. Следует также отметить важность использования имитационного моделирования при апробации технических и технологических решений, направленных на повышение эффективности работы станции, так как при этом существенно сокращаются не только финансовые, но и временные затраты, связанные с проведением исследований на реальном объекте [10].

Список литературы

- 1 **Маликов, Р. Ф.** Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 : учебное пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа : Издательство БГПУ, 2013 – 296 с. – ISBN 978-5-87978-862-4.
- 2 **Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учебник / Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Головнич [и др.] ; под редакцией Н. В. Правдина и С. П. Вакуленко. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 1086 с. – ISBN 978-5-89035-619-2.**
- 3 **Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 23.06.2022 № 250 «Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» (зарегистрирован 20.07.2022 № 69324). – URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/31828> (дата обращения: 25.05.2023).**
- 4 **Бессонова, Н. В.** Технология и организация маневровой работы на железнодорожных станциях (в примерах и задачах) : методические указания / Н. В. Бессонова, Е. Ю. Бокова. – Москва : МИИТ, 2014. – 50 с.
- 5 **Зубков, В. Н.** Технология и управление работой станций и узлов : учебное пособие / В. Н. Зубков, Н. Н. Мусиенко. – Москва : ФГБОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 415 с. – ISBN 978-5-89035-892-9.
- 6 **Киселева, М. В.** Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic : учебно-методическое пособие / М. В. Киселева. – Екатеринбург : УГТУ – УПИ, 2009. – 88 с.
- 7 **Даденков, С. А.** Имитационное моделирование дискретных информационных систем и сетей в среде AnyLogic : учебное пособие / С. А. Даденков, Е. Л. Кон ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – Пермь : Издательство Пермского нац. исследовательского политехнического университета, 2018. – 314 с. – ISBN 978-5-398-02073-1.
- 8 **Кизимиров, М. В.** Применение виртуальной реальности в логистических системах // Логистика – евразийский мост : материалы XIV Международной научно-практической конференции, Красноярск, 24–29 апреля 2019 г. / М. В. Кизимиров, А. В. Астафьев, И. В. Серяпова. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 133–135.

References

- 1 **Malikov, R. F.** Workshop on simulation modeling of complex systems in AnyLogic environment 6: textbook. manual / R. F. Malikov. – Ufa : Publishing House of BSPU, 2013 – 296 p. – ISBN 978-5-87978-862-4.
- 2 **Designing the infrastructure of railway transport (stations, railways and transport hubs) : textbook / N. V. Pravdin, S. P. Vakulenko, A. K. Golovnich, etc. ; edited by N. V. Pravdin and S. P. Vakulenko. – Moscow : FGBOU «Educational and Methodological Center by education on the same road transport», 2012. – 1086 p. – ISBN 978-5-89035-619-2.**
- 3 **Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 250 dated 06/23/2022 «On Approval of the Rules of Technical Operation of Railways of the Russian Federation» (Registered 07/20/2022 No. 69324). – URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/31828> (date of access: 05.25.2023).**
- 4 **Bessonova, N. V.** Technology and organization of shunting work at railway stations (in examples and tasks) : methodical instructions / N. V. Bessonova, E. Yu. Bokova. – Moscow : MIIT, 2014. – 50 p.
- 5 **Zubkov, V. N.** Technology and control of stations and hubs: textbook. manual / V. N. Zubkov, N. N. Musienko. – Moscow : FGBOU «UMTS for education on railway transport», 2016. – 415 p. – ISBN 978-5-89035-892-9.
- 6 **Kiseleva, M. V.** Simulation modeling of systems in the AnyLogic environment : an educational and methodological manual / M. V. Kiseleva. – Yekaterinburg : USTU – UPI, 2009. – 88 p.
- 7 **Dadenkov, S. A.** Simulation modeling of discrete information systems and networks in the AnyLogic environment : textbook / S. A. Dadenkov, E. L. Kon ; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, FGBOU «Perm National Research Polytechnic University». – Perm : Publishing House of Perm National University. Research Polytechnic University, 2018. – 314 p. – ISBN 978-5-398-02073-1.
- 8 **Kizimirov, M. V.** The use of virtual reality in logistics systems // Logistics – the Eurasian Bridge : Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, April 24–29, 2019 / M. V. Kizimirov, A. V. Astafyev, I. V. Seryapova. – Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. – P. 133–135.

9 Лычкина, Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие / Н. Н. Лычкина. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 254 с. – (Высшее образование : Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-017094-7.

10 Железнодорожные станции и узлы : учебник / В. И. Апатцев [и др.] ; под редакцией В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 855 с. – ISBN 978-5-89035-674-1.

9 Lychkina, N. N. Simulation modeling of economic processes : a textbook / N. N. Lychkina. – Moscow : IN-FRA-M, 2022. – 254 p. – (Higher education : Bachelor's degree). – ISBN 978-5-16-017094-7.

10 Railway stations and junctions : textbook / V. I. Apatsev [et al.] ; edited by V. I. Apatsev and Yu. I. Efimenko. – Moscow : FSBEI «Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport», 2014. – 855 p. – ISBN 978-5-89035-674-1.

E. A. Seredov

SIMULATION MODELING OF MANEUVERS ON EXHAUST TRACKS

Abstract. In this paper, the visualization of the processes of performing maneuvers on exhaust paths using the AnyLogic program is considered. Simulation models for performing maneuvers in the AnyLogic program will allow you to visualize the processes of performing maneuvers on exhaust tracks and increase the likelihood of their being understood by students of railway transport educational institutions and other interested persons. The use of simulation modeling in the testing of technical and technological solutions aimed at improving the efficiency of the station will significantly reduce not only financial, but also time costs associated with conducting research on a real object. In the examples given, the creation of simulation models of performing maneuvers on exhaust paths by means of settling and pushing is considered.

Keywords: modeling, visualization of processes, maneuvers on high-speed paths, landing maneuvers, thrusting maneuvers.

For citation: Seredov, E. A. Simulation modeling of maneuvers on exhaust Tracks / E. A. Seredov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 2. – P. 73–78. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_2_73.

Сведения об авторах

Середов Евгений Александрович
Российский университет транспорта (МИИТ),
кафедра «Железнодорожные станции и
транспортные узлы»,
кандидат технических наук,
ассистент,
e-mail: evgeniy.seredov@mail.ru

Information about the authors

Seredov Evgeniy Alexandrovich
Russian University of Transport (MIIT),
Department «Railway Stations and Transport
Hubs»,
Candidate of Engineering Sciences,
Lecturer,
e-mail: evgeniy.seredov@mail.ru