

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ANYLOGIC

*Вернигора Р., Малашкин В.,
Окороков А., Золотаревская О.*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта имени академика В. Лазаряна (ДНУЖТ)*

The report considers a simulation model of a railway station built in the AnyLogic based on the discrete-event paradigm. The station's model was used to evaluation measures aimed at improving the operational reliability of the plant and its elements.

Несмотря на снижение объемов грузовых перевозок железнодорожный транспорт остается в Украине основным перевозчиком, который осуществляет более 50 % (а без учета трубопроводного транспорта – более 70 %) всего грузооборота транспортной системы страны. Железнодорожные станции являются одним из главных инфраструктурных и технологических элементов железнодорожной сети. Именно на железнодорожных станциях происходит зарождение и погашение грузопотоков, формирование и расформирование поездов, техническое и коммерческое обслуживание вагонопотоков, взаимодействие с подъездными путями предприятий и портов. В условиях конкуренции с другими видами транспорта одним из основных факторов обеспечения высокой эффективности эксплуатационной работы железных дорог является минимизация времени нахождения вагонов на станциях. С этой целью станции должны обладать достаточным резервом пропускной и перерабатывающей способности для погашения пиковых нагрузок, т.е. обеспечивать высокий уровень эксплуатационной надежности. С другой стороны, нужно минимизировать собственные расходы станций, сокращая избыточный технический потенциал. Для решения указанной сложной и противоречивой задачи необходима достоверная количественная и качественная оценка эксплуатационной надежности железнодорожных станций, а



Co-funded by the
European Programme
of the European Union

Міжнародна науково – методична конференція
«Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг»

Січень 20 – 21, 2021



также эффективности мероприятий (организационных и реконструкционных), направленных на ее повышение.

Эффективным средством анализа и оценки показателей функционирования станций, их технико-технологических и экономических параметров может служить имитационное моделирование станционных процессов. Использование имитационных моделей при выполнении проектных работ, а также для оперативного управления станциями позволит принимать рациональные решения, направленные на сокращение собственных расходов станций и увеличение прибыли от перевозок. В имитационном моделировании в настоящее время сложились три парадигмы – системная динамика, агентное и дискретно-событийное моделирование. Они соответствуют разным уровням абстракции при создании модели, обуславливает применение того или иного подхода. Выбор того или иного подхода обуславливается как характером решаемых с помощью моделирования задач, так и необходимой степенью детализации моделируемого процесса.

Выполненный анализ существующих программных средств для моделирования транспортных процессов (Vensim, Powersim, IThink, GPSS, AnyLogic) показал, что в настоящее время наиболее удобным программным комплексом является AnyLogic, поскольку, по сравнению с другими моделирующими системами, имеет следующие преимущества: графическая среда разработки моделей AnyLogic значительно ускоряет процесс создания моделей; создание библиотек позволяет разработчику многократно использовать уже написанные модули; объектно-ориентированный подход поднимает процесс разработки моделей на новый уровень; интуитивный графический интерфейс упрощает переход с других инструментов имитационного моделирования на AnyLogic.

Система имитационного моделирования AnyLogic включает в себя «Железнодорожную библиотеку», которая позволяет эффективно моделировать и визуализировать функционирования железнодорожных объектов любого масштаба и уровня сложности – от отдельных станций и железнодорожных линий, железнодорожных узлов и путей необщего пользования крупных промышленных предприятий. В этой связи в среде AnyLogic была разработана имитационная

модель приемо-отправочного парка железнодорожной станции, которая была использована для оценки эксплуатационной надежности железнодорожной инфраструктуры.

В разработанной модели технология обслуживания поездов в парке рассматривается как дискретно-событийный процесс. При этом каждая заявка (поезд), которая обслуживается в парке, в каждый дискретный момент времени находится на обслуживании на том или ином элементе технологической цепи. Переход между этапами (элементами) обработки представляет собой условную границу и не имеет собственной продолжительности.

Авторами была разработана и реализована в редакторе AnyLogic поточная диаграмма процесса обслуживания поездов в приемо-отправочном парке станции, которая является основой имитационной модели. Каждый блок диаграммы представляет собой элемент определенного типа, предназначенный для выполнения соответствующих функций. Блоки «Генератор» (*Source*) и «Очередь на входе» (*Queue*) моделируют входной поток поездов и формируют их очередь в случае занятости всех станционных путей. Блоки «Выбор» (*SelectOutput*) позволяют выполнять проверку свободности путей для формирования и реализации маршрута прибытия поезда. В случае занятости всех путей указанный элемент блокирует поток поездов с помощью блока «Задержка» (*Hold*), тем самым увеличивая очередь поездов (*Queue*) на подходе к станции.

Занятость и освобождение путей в модели осуществляется с помощью блоков *Seize*, *ResourcePool* и *Release*. Элемент *Seize* при прохождении через него поезда использует заданное количество (как правило, единицу) ресурса (путевое развитие парка) *ResourcePool*. При этом количество ресурсов (свободных путей) в блоке *ResourcePool* уменьшается на единицу. Если все ресурсы исчерпаны (соответствующий путь или все станционные пути заняты), то очередной поезд будет задержан. Аналогичным образом моделируется процесс занятия и освобождения бригад ПТО для выполнения технического осмотра составов. Для этого используется специальный блок *Service*, представляющий собой объединение элементов *Seize*, *ResourcePool* и *Release*. Продолжительность выполнения технологических операций моделируется с



Co-funded by the
European Programme
of the European Union

Міжнародна науково – методична конференція
«Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг»

Січень 20 – 21, 2021



помощью блока *Delay*, что позволяет задерживать заявки на элементах поточной диаграммы на время, которое может быть представлено, как конкретным значением, так и функцией.

Разработанная модель была использована для анализа надежности различных технических и технологических параметров приемо-отправочного парка станции в различных эксплуатационных условиях (при разных параметрах входящего потока грузовых поездов). С помощью модели были построены диаграммы загрузки отдельных элементов парка, а также определены «узкие места». На основе этих данных разработан ряд организационно-технических мероприятий по повышению эксплуатационной надежности приемо-отправочного парка (увеличение числа приемо-отправочных путей, реконструкция стрелочных горловин, изменение штата работников, участвующих в обработке поездов и др.). Соответствующие изменения были внесены в имитационную модель парка. По результатам серии экспериментов с моделью были получены эксплуатационные показатели работы парка (простой поездов по неприему и под обработкой в парке) и его отдельных элементов (коэффициенты загрузки), на основе чего выполнены технико-экономические расчеты по оценке эффективности мероприятий, направленных на совершенствование технического оснащения и технологии работы парка. В результате были определены наиболее рациональные технико-технологические параметры приемо-отправочного парка, которые обеспечивают достаточный уровень эксплуатационной надежности железнодорожной станции для определенной интенсивности входящего потока поездов.

Использование программного комплекса AnyLogic при разработке имитационной модели приемо-отправочного парка станции и выполнения исследований его функционирования подтвердило высокую эффективность данного комплекса, а также удобство и простоту его использования при достаточно широких функциональных возможностях. В планах авторов дальнейшее совершенствование имитационной модели с перспективой создания комплекса полнофункциональных моделей железнодорожных станций разного типа – сортировочных, участковых, грузовых, припортовых – для проведения комплексных исследований их работы.