

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ПРИЁМО-ОТПРАВОЧНОГО ПАРКА УЧАСТКОВОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

ДУДАКОВА Анастасия Владимировна

кандидат технических наук, доцент

УПЫРЬ Роман Юрьевич

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

г. Иркутск, Россия

Данная статья посвящена моделированию технологических процессов, основным этапам работы с моделью на примере приёмо-отправочного парка участковой железнодорожной станции с помощью программного инструмента имитационного моделирования AnyLogic. Цель исследования – оптимизация работы приёмо-отправочного парка, для достижения которой необходимо решить следующие задачи: создание компьютерной модели, получение результатов моделирования, их анализ и оценка эффективности работы.

Ключевые слова: технологический процесс, моделирование, алгоритм, приёмо-отправочный парк, железнодорожная станция.

Процесс представляет собой сложную структуру, состоящую из взаимосвязанных действий, условий и связей. Он является основной составляющей современных производственных систем. Управление такими системами подразумевает контроль над конкретными технологическими процессами, включающими в себя этапы исходного воздействия на материальные и прочие потоки, их преобразование. Система функционирует в соответствии с алгоритмом, определяющим последовательность этапов. Главная цель системы – достижение определенного результата.

С точки зрения системного подхода технологический процесс представляет собой динамическую систему, включающую взаимодействие различных элементов. В процессе принимают участие объекты производства и люди, осуществляющие процесс или управляющие им. Анализ сложного технологического процесса может быть выполнен путем разделения его на подсистемы различных уровней. Декомпозиция системы на подсистемы позволяет исследовать иерархическую структуру и рассматривать систему на разных уровнях детализации [1].

В современных условиях основным мето-

дом комплексного анализа работы магистральных и промышленных железнодорожных станций является построение графической модели в виде суточного плана-графика [2]. Планы графики строят с целью согласования работы всех парков станций, подъездных путей, определения загрузки основных элементов станций, сокращения межоперационных интервалов и определения наиболее напряженных периодов в работе станции. Для построения планов-графиков работы станций широко используют универсальные графические редакторы, позволяющие отображать всю совокупность взаимосвязанных элементов ж. д. станции. Но несмотря на высокую информативность суточных планов-графиков, его объекты остаются графическими примитивами, трудно поддающимися автоматизированному анализу и последующей оптимизации.

С развитием информационных технологий, имитационного моделирования создание цифровых двойников реальных объектов становится актуальной задачей. Цифровой двойник – это виртуальное представление объекта в цифровом пространстве, содержащее информацию и данные о физических характеристиках, поведении, предпочтениях и другой контекстуаль-

ной информации с целью создания полного и достоверного представления оригинала [3-4]. В целом, цифровой двойник является мощным инструментом для создания виртуальных моделей реальных объектов и принятия обоснованных решений на основе полученных данных. Он открывает новые возможности для улучшения производительности, оптимизации процессов и создания более интеллектуальных и автоматизированных систем [5].

Стоит заметить, что повышение уровня автоматизации предприятий заключается в более широкой цифровизации производственных процессов, следовательно, быстрого и точного моделирования продукта и его производственной технологии с целью экономии ресурсов и сохранения рентабельности производства. Все это является одной из основных задач «Национальной технологической инициативы», программы стратегического развития России, объединяющей представителей бизнеса и экспертных сообществ для подъема перспективных технологических рынков и отраслей (<https://nti2035.ru/nti/>).

Моделирование производственных процессов является наиболее эффективным решением для оптимизации технологии работы. Алгоритм разработки модели технологического процесса является достаточно универсальным и может быть применим к любой сфере деятельности. Можно выделить следующие основные этапы работы над моделью:

- идентификация этапов производственного процесса;
- определение времени обработки для каждого этапа;
- моделирование процесса движения через каждый этап;

- оптимизация ресурсов и времени в замоделированном процессе;

- анализ устойчивости при различных сценариях;

- прогнозирование производственных потребностей.

Адаптация модели производственной линии для моделирования работы приёмо-отправочного парка (ПОП) участковой железнодорожной станции требует учета специфических особенностей железнодорожного транспорта и работы станции. Рассмотрим подробнее процесс моделирования работы ПОП. Ж. д. станция – сложная организационная система, состоящая из подсистем – отдельных парков, предназначенных для тех или иных технологических процессов, производимых с поездами. Приёмо-отправочный парк станции представляет собой систему массового обслуживания, где грузовые поезда, локомотивы, персонал (бригады для технического, коммерческого осмотров и др.), инфраструктура (ж. д. пути, стрелочные позиции, пункты экипировки и др.) взаимодействуют для обеспечения обработки и переработки поездов и вагонов в ПОП.

Основные этапы, через которые проходят поезда в ПОП участковой железнодорожной станции, их последовательность и продолжительность указаны в таблице 1. Так как технология обработки и продолжительность операции в ПОП зависит от категории поступающего поезда, в таблице приведены 4 категории поездов: транзитный поезд без смены локомотива, транзитный поезд со сменой локомотива, прибывающие в расформирование, поезда своего формирования. Средняя продолжительность операций указана в минутах.

Таблица 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПОП И ИХ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ПОЕЗДОВ

№ п/п	Категория поезда	Поступление поезда в ПОП	Подготовительные операции	Обработка поезда	Заключительные операции	Вывод поезда из ПОП
1	Транзитный без смены локомотива	7	4	30	4	3
2	Транзитный со сменой локомотива	7	14	30	14	3
3	Прибывающие в расформирование	7	10	20	10	8
4	Своего формирования	8	15	30	15	3

Следующим этапом является моделирование движения поездов в среде имитационного моделирования. В качестве инструмента выбрана среда моделирования AnyLogic (support.anylogic.com), предназначенная для разработки и анализа комплексных мультиагентных, дискретно-событийных и динамических систем. AnyLogic позволяет визуализировать поток поездов и определять, какие этапы могут быть «узкими местами» или приводить к задержкам. При помощи имитационной модели возможно решение задач оптимизации, например, распределения ресурсов (количество путей, бригад) и времени на каждом этапе работы станции. Решение данных задач на этапе моделирования позволит увеличить пропускную способность и уменьшить временные задержки при обработке поездов. Кроме того возможен анализ устойчивости работы при различных сценариях, таких как увеличение числа поездов, сокращение интервала поступления их в ПОП или изменение порядка их обработки.

Это поможет выявить слабые места и разработать стратегии для улучшения производительности. При помощи модели можно прогнозировать потребности в ресурсах и времени для обеспечения оптимальной работы железнодорожной станции, управлять ресурсами более эффективно и планировать обработку поездов заранее.

Модель также может использоваться в образовательных целях для демонстрации, как движется поездопоток, какие факторы могут влиять на его эффективность и как оптимизировать процессы для улучшения показателей работы станции. Моделирование технологических процессов работы железнодорожной станции позволит оптимизировать процессы, увеличить пропускную способность, повысить эффективность. Соответственно, в положительную сторону изменится обслуживание клиентов, снизятся задержки, и будет обеспечено более эффективное использование ресурсов железнодорожной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верлан А.И. Графоаналитическая модель функционирования железнодорожных станций // ВЕЖПТ. – 2014. – № 3(72). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/grafaoanaliticheskaya-model-funktsionirovaniya-zheleznodorozhnyh-stantsiy> (дата обращения: 29.07.2023).
2. Гончарова Н.Ю. Использование методов имитационного моделирования в железнодорожном транспорте / Н.Ю. Гончарова, Р.Ю. Упырь, А.В. Дудакова // Мировые научные парадигмы в цифровую эпоху: взгляд в будущее: Материалы VIII Международной научно-

практической конференции, Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 года. Том Часть 2. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2022. – С. 72-75.

3. *Курганова Н.В., Филин М.А., Черняев Д.С., Шаклеин А.Г., Намиот Д.Е.* Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – № 5. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-tsifrovyyh-dvoynikov-kak-odno-iz-klyuchevykh-napravleniy-tsifrovizatsii-proizvodstva> (дата обращения: 31.07.2023).

4. *Мальков М.В., Олейник А.Г., Федоров А.М.* Моделирование технологических процессов: методы и опыт // *Труды Кольского научного центра РАН*. – 2010. – № 3. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-tehnologicheskikh-protsessov-metody-i-opyt> (дата обращения: 29.07.2023).

5. *Царев М.В., Андреев Ю.С.* Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // *Приборостроение*. – 2021. – № 7. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-v-promyshlennosti-istoriya-razvitiya-klassifikatsiya-tehnologii-stsenarii-ispolzovaniya> (дата обращения: 29.07.2023).