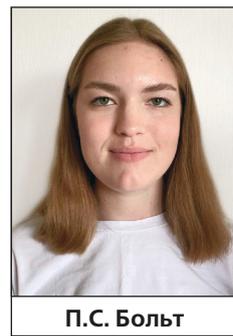


# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

В статье представлен анализ эффективности применения методов имитационного моделирования транспортно-логистических потоков. На начальном этапе проектирования таких центров, как аэропорт, морской порт, транспортно-логистический центр, можно выявить ключевые недоработки и вовремя их избежать, спрогнозировать необходимые показатели той или иной организации. Обозначен вопрос применения имитационного моделирования для их эффективного функционирования.



**А.С. Больт**



**П.С. Больт**

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, имитационная модель, эффективность, аэропорт, морской порт

EDN: FKPUK

Одним из наиболее популярных и удобных способов моделирования сложных систем является имитационное моделирование объектов и процессов.

Имитационное моделирование — это построение компьютерных моделей и проведение экспериментов на них.

Моделирование играет важную роль в современном мире. Во многих областях для управления комплексными предприятиями применяются различные виды моделирования.

Отличие имитационного моделирования от других видов в том, что оно позволяет создавать динамические модели.

Имитационное моделирование обладает существенными преимуществами:

- наглядность процессов, как в целом, так и отдельных элементов;
- изучение поведения объекта (модели) в различных ситуациях (штатных, критических и т.п.).

Использование имитационного моделирования помогает снизить риски возникновения проблем на производстве различных видов транспорта.

Применение имитационного моделирования позволяет отследить эффективность работы, избежать простоев и очередей.

Имитационное моделирование — компьютерное программирование, с помощью которого описывается

**Больт Алина Сергеевна**, студент кафедры «Организации перевозок на воздушном транспорте» Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА). Область научных интересов: моделирование, логистика, прогнозирование. Автор двух научных работ.

**Больт Полина Сергеевна**, студент кафедры «Организации перевозок на воздушном транспорте» Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА). Область научных интересов: моделирование, логистика, прогнозирование. Автор двух научных работ.

**Потапова Дарья Юрьева**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организации перевозок на воздушном транспорте» Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА). Область научных интересов: моделирование, логистика, прогнозирование. Автор 16 научных работ.

структура и показывается поведение действительной системы во времени. Имитационная модель дает возможность получать детальнейшие статистические данные о различных аспектах функционирования организации. Целью моделирования, в конечном счете, выступает принятие обоснованных, целесообразных менеджерских решений.

Наиболее популярным инструментом имитационного моделирования является программный инструмент AnyLogic, применяющийся больше всего с целью проектирования, исследования, документирования моделирующих моделей, а кроме того, с целью исполнения компьютерных исследований, а также последующего рассмотрения действия модификаций.

Построение модели реализуется единственным путем — с помощью средств визуальной разработки: диаграмм потоков и накопителей, карт состояний, блок-схем и процессных диаграмм.

В данной статье авторы предлагают рассмотреть применение имитационного моделирования в транспортной логистике работы аэропортов, транспортно-логистических центров (ТЛЦ), морских портов и автовокзалов.

## Воздушный транспорт

Главным фактором в эффективной деятельности работы аэропорта является прохождение всех этапов контроля и регистрации пассажиров.

Проблема, с которой сталкивается руководство аэропорта — отсутствие возможности увеличивать количество обслуживающего персонала, а также мест их работы. В работе аэропорта необходимо учитывать график обслуживания пассажиров на всех этапах (включая досмотр багажа, вход пассажиров в здание аэропорта, вылет самолета из аэропорта).

Применение среды AnyLogic в деятельности аэропорта дает возможность создания комплексных решений для планирования, организации и оптимизации пассажирских потоков.

Использование пешеходной библиотеки в среде AnyLogic позволяет собирать статистику и представлять моделируемый процесс для просмотра модели. С помощью данной модели можно выявить плотность пассажиров в различных частях аэропорта, вычислить время пребывания пассажиров в каких-либо участках и т.д.

Прибывая в аэропорт, люди должны свободно перемещаться, покупать билеты, проходить через пункты досмотра, не создавая больших очередей и не мешая движению других пассажиров.

При использовании имитационного моделирования можно решать такие задачи, как:

- оценка пропускной способности зданий и отдельных объектов;
- избежание «узких мест» для пешеходных потоков;
- совершенствование бизнес-процессов в пунктах обслуживания и т.д.

Осуществление имитационного моделирования аэровокзального комплекса, а также работы всех авиакомпаний, располагающихся в аэропорту, позволяет увеличить производительность, качество обслуживания пассажиров, безопасность полетов.

Имитационное моделирование процесса обслуживания пассажиров помогает выявить оптимальные параметры системы и уменьшить время, которое необходимо для обслуживания пассажиров. Это снижает риск задержки рейсов.

С помощью имитационного моделирования можно проводить различные эксперименты, чтобы оценить работу системы, меняя такие параметры, как расписание, график прибытия пассажиров, правила их обслуживания и маршруты перемещения по терминалу, количество оборудования в зонах регистрации, таможни и выдачи багажа, расположение магазинов, вводя случайное возникновение сбоев и т.д.

Точный анализ количественных характеристик модели помогает определить необходимое количество стоек регистрации, что позволит сократить затраты на обслуживание мест регистрации пассажиров и багажа.

## Морской транспорт

Морской порт представляет собой сложный транспортно-производственный узел, в котором протекает большое количество различных процессов, связанных между собой. Данные процессы способны обеспечивать его деятельность по перевалке, хранению, обработке различных видов грузов.

Использование имитационного моделирования в данной сфере деятельности позволяет упростить динамику бизнес-процессов, в том числе внутренней логистики портов и терминалов.

Создавая модели в AnyLogic, проектировщики могут увеличивать пропускную способность портов, уменьшать время простоя, снижать издержки и обеспечивать максимальную отдачу от капиталовложений. Имитационное моделирование позволяет открыть возможности для подробного анализа работы предприятия и оптимизации его работы.

В данной области принято решать такие задачи, как:

- анализирование работоспособности предприятия;

- планирование работы контейнерного склада с целью снижения количества повторных погрузок;
- рационализация управленческих ресурсов;
- оценивание и управление рисков в работе порта.

При проектировании морского порта стоит учитывать, что если груз ввозится в порт более крупным видом транспорта, то тем самым возникает задача нахождения места, после которого необходимо разбить «цепочку процессов» и связанный с ней грузопоток на большое количество автотранспортных и вагонных партий. Если груз ввозится менее крупным видом транспорта, стоит учитывать необходимость слияния нескольких грузопотоков в один. Так, при имитационном моделировании получается определить, какой вид ввоза груза в порт является более совершенным.

### **Транспортно-логистический центр**

Формирование сети транспортно-логистических центров (ТЛЦ) представляет собой системное решение, позволяющее повысить эффективность работы с грузами в транспортных узлах, осуществить возможность контейнеризации грузопотоков, сформулировать уникальные условия для создания новых типов транспортной работы (к примеру, контейнерных перевозок), рынка логистических услуг, генерирования новых процессов бизнеса [1, с. 43].

Использование модели на этапе проектирования дает возможность апробации различных технических и технологических решений, выявить проблемы и помочь их устранить.

С помощью железнодорожной библиотеки можно моделировать и представлять железнодорожные узлы и системы железнодорожного транспорта в целом.

Сортировочные станции, пути погрузки-разгрузки больших предприятий, железнодорожные станции и вокзалы, станции метрополитена, шаттлы аэропортов, пути на контейнерных терминалах, движение трамваев и даже рельсовая транспортировка в угольных шахтах — все эти задачи могут быть легко и точно промоделированы с помощью железнодорожной библиотеки.

Имитационное моделирование производственной деятельности ТЛЦ позволит выявить ряд критических инфраструктурных ограничений, например, недостаточную пропускную способность элементов автомобильной инфраструктуры терминала: КПП, места пересечений транспортных потоков, места примыкания к улично-дорожной сети и пр.

### **Автомобильный транспорт**

Городской автомобильный транспорт — трудоемкая социально-экономическая система, которая включает в себе большое количество объединенных друг с другом компонентов.

Применение методов имитационного моделирования способствует улучшить управленческие решения, принятие которых может повлечь противоречия со стороны населения.

Ключевой задачей управления автомобильным транспортом является оптимизация маршрутной сети городского пассажирского транспорта. Проблема ее решения заключается в необходимости конкретного определения потока пассажиров и распределения его во времени в течение дня. Используя имитационное моделирование для решения данной задачи, мы можем спрогнозировать простой автобусов, исключить отмену рейсов, повысить эффективность использования маршрутов.

Использование среды AnyLogic в деятельности автовокзала, дает возможность создания комплексных решений для планирования эффективных маршрутов, определения необходимого количества посадочных платформ и платформ для высадки пассажиров, выявления времени прибытия автобусов и пребывания на территории аэровокзала.

Библиотека дорожного движения способствует организации транспортных потоков.

Таким образом, использование имитационного моделирования на стадии проектирования автовокзалов поможет обеспечить необходимую пропускную способность, получить численные значения загруженности платформ, выявить возможность автовокзала обслуживать все имеющиеся автобусные рейсы по расписанию.

### **Выводы**

В данной работе представлен метод внедрения имитационного моделирования на начальной стадии проектирования. Стоит учитывать, что имитационная модель поможет избежать финансовых потерь, так как при многократном прогоне вариантов можно выявить слабые места, уточнить доработки. В работе проводится анализ решения различных задач на примере работы аэропортов, ТЛЦ, морских портов и автовокзалов.

Использование имитационного моделирования на этапе проектирования помогает сформулировать технические требования к элементам организации информационного обеспечения логистической и организационно-технологической работы в ТЛЦ аэропор-

тов, морских портов, автовокзалов, в том числе в сегментах прогнозирования и оперативно-диспетчерского руководства внутренними транспортными потоками, усовершенствовать и поддерживать экономику ТЛЦ.

Среда AnyLogic является хорошим инструментом оптимизации рабочего процесса. Применение модели на этапе проектирования дает возможность вовремя устранить последствия управляющих воздействий и выступает важным компонентом системы для принятия правильных решений. 

## Литература

1. Турсунов, Д. Г. Оптимизация транспортных потоков в городской транспортной системе с использованием имитационного моделирования / Д. Г. Турсунов . - Текст : электронный // Молодой ученый. - 2022. - №14 (409). - С. 11 - 16. - URL: <https://moluch.ru/archive/409/89953> ( дата обращения : 10.01.2024 ).
2. Эльберг, М. С. Имитационное моделирование : учебное пособие / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет, Институт инженерной физики и радиоэлектроники. - Красноярск : СФУ, 2017. - 126 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7638-3648-6.
3. ВСМ Москва - Казань: новое ускорение. - Текст: электронный // РЖД - Партнер. - URL: <https://www.rzd-partner.ru/publications/rzd-partner/274> (дата обращения : 10.01.2024 ).