

Суммарная пропускная способность инфраструктуры пограничных переходов в целом позволяет обеспечить пропуск планируемого и перспективного поездопотока. Однако для повышения эффективности организации перевозок постоянно ведется работа по взаимодействию с Польскими железными дорогами, направленная на оптимизацию загрузки логистических маршрутов на направлении Восток – Запад – Восток в зависимости от фактической загрузки пограничных переходов и совершенствование перевозочного процесса на белорусско-польской границе.

В связи с увеличением объема перевозок запланированы к реализации мероприятия по развитию инфраструктуры Брестского железнодорожного узла, направленные на модернизацию контейнерного терминала и увеличение пропускной способности станций Брест-Восточный и Брест-Северный.

Проводится работа по развитию инфраструктуры Гродненского региона, что позволит обеспечить соответствие наличной пропускной способности участков и станций потребному объему перевозок в направлении Восток – Запад – Восток.

Продолжается работа по оптимизации структуры управления движением поездов, связанная с развитием автоматизированного Центра управления перевозками. Так, в 2017 году 12 железнодорожных станций переведены на круглосуточное диспетчерское управление, еще на 25 станциях дороги реализованы подготовительные технические и организационные мероприятия для перевода на диспетчерское управление.

Продолжается работа по оборудованию всех участков дороги системой диспетчерской централизации «Неман», что является необходимым условием для дальнейшего развития автоматизированных технологий перевозочной деятельности.

В рамках развития информационных технологий в хозяйстве перевозок в 2017 году внедрены автоматизированные системы линейного уровня на ряде станций Белорусской железной дороги, организован информационный обмен натурными листами на пассажирские поезда с сопредельными железнодорожными администрациями, проводилась доработка существующих и разработка новых систем, направленных на совершенствование информационного обеспечения перевозочного процесса.

В целях совершенствования форм и методов проведения технической учебы выполнены работы по внедрению дистанционных форм обучения. Организован доступ работников к АС «Единая система контроля и проверки знаний работников Белорусской железной дороги» через сеть Интернет, что позволяет работать в системе в любое свободное время, с любого компьютера (в том числе домашнего), планшета или мобильного телефона, включенного в сеть Интернет.

Дальнейшее внедрение и развитие описанного комплекса мер по повышению эффективности перевозочного процесса в условиях модернизации инфраструктуры БЧ, обновления подвижного состава, развития информационных технологий в перевозочной деятельности предопределяет необходимость углубления научно-практического взаимодействия по выработке рациональных технологических и технических решений в сфере эксплуатации железнодорожного транспорта.

УДК 656.0

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

*А. В. ЕЛИСЕЕВ, В. Ю. КОВЕГА, М. С. КУЗЬМЕНКОВА, В. В. КУТУЗОВ  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь*

В настоящее время транспорт в современном мире имеет большое значение. Если оставить человека без транспорта, и в частности без автодорожного, нормальное функционирование будет затруднено. Следовательно, жизнь человека уже немыслима без транспорта. Однако он не только помогает человеку в деятельности. Загрязнение окружающей среды, отчуждение плодородных земель, использование большого количества материальных и человеческих ресурсов являются следствием использования транспорта. В результате этого появляется острая необходимость внедрения передовых технологий в области дорожного движения, ориентированных на принятие управляющих воздействий по снижению вероятности возникновения отрицательных последствий, возникающих при работе автодорожного транспорта.

При использовании автомобильного транспорта в настоящее время актуальным является вопрос управления транспортными потоками, особенно в больших городах. Увеличение количества транспортных средств (как личных, так и общественных) привело к перегруженности городских дорог, многочасовым пробкам, затруднению движения пешеходов, увеличению количества аварий и т. д.

Объект управления в системе управления дорожным движением – транспортный поток, который состоит из технических средств (автомобилей, автобусов, мотоциклов и так далее). В то же время водители автомобилей ведут себя на дороге и реагируют на различные события по-разному, не всегда предсказуемо, что значительно усложняет анализ такой системы. Оценка данных транспортных потоков и интенсивности движения требует либо наличия датчиков транспортных потоков на всех направлениях движения, либо использования данных аэрофотосъемки, либо проведения трудоемкого ручного обследования.

Проектирование дорожной инфраструктуры – всегда непростая задача. Необходимо предотвращать заторы, предусматривать рост трафика и при этом учитывать возможности бюджета и особенности конкретных населенных пунктов.

Прежде чем вносить изменения в дорожную сеть, необходимо принять в расчёт все факторы, которые могут оказать влияние на дорожную ситуацию. Размещение и синхронизация светофоров, расположение объектов дорожной сети (парковок, остановок общественного транспорта, выделенных полос) – всё это оказывает непосредственное влияние на трафик и пропускную способность дорог, а значит, тоже должно быть принято во внимание.

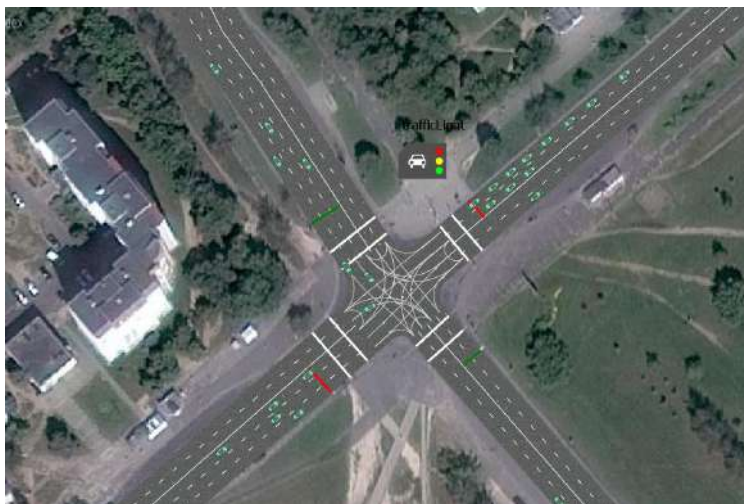


Рисунок 1 – Симуляция движения

В данной работе рассмотрен перекресток между улицами Симонова и Николая Островского в г. Могилеве. В программе AnyLogic была смоделирована транспортная ситуация на основании существующего режима движения и работы светофора (рисунок 1). В блоки введены данные интенсивности движения на разных потоках (рисунок 2), а также режим работы светофора.

В данной работе рассмотрен перекресток между улицами Симонова и Николая Островского в г. Могилеве. В программе AnyLogic была смоделирована транспортная ситуация на основании существующего режима движения и работы светофора (рисунок 1). В блоки введены данные интенсивности движения на разных потоках (рисунок 2), а также режим работы светофора.

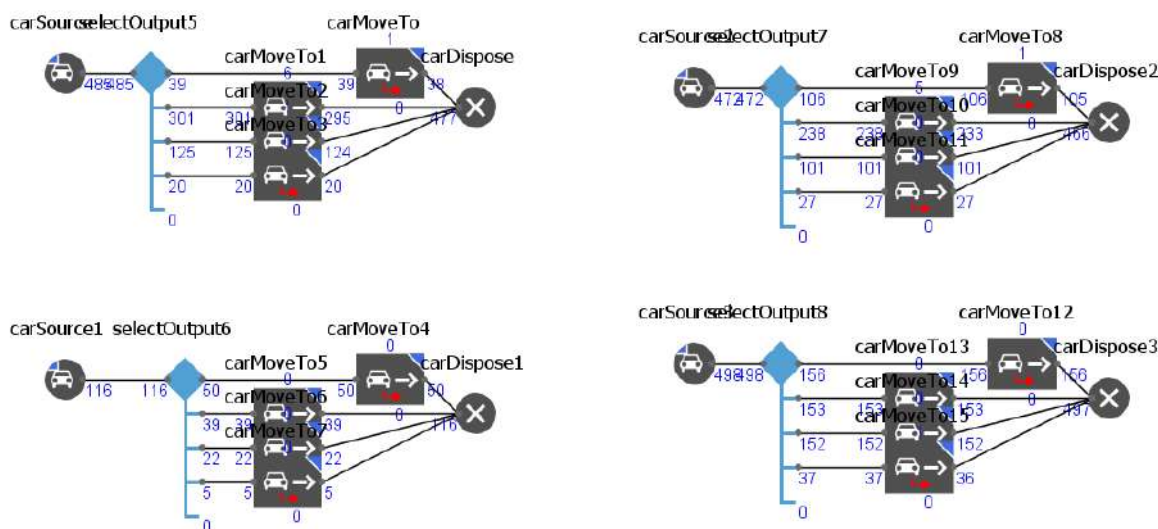


Рисунок 2 – Блоки данных

По данной ситуации была построена гистограмма и получена информация о прохождении перекрестка транспортом за 1 час (рисунки 3, 4).

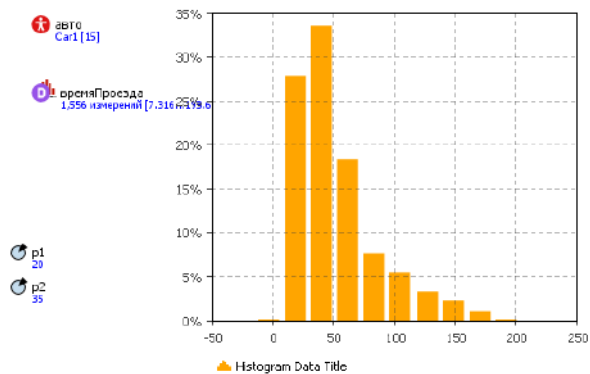


Рисунок 3 – Гистограмма

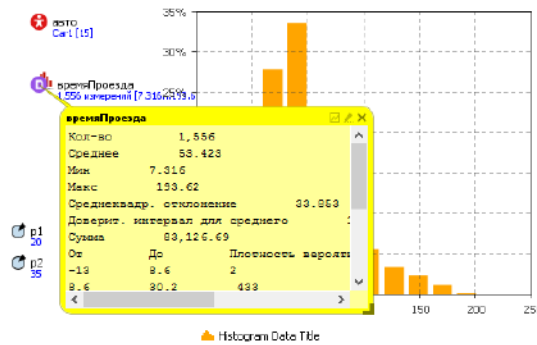


Рисунок 4 – Информация о времени проезда перекрестка

Далее был запущен эксперимент оптимизации режима работы светофора для уменьшения застоя и времени прохождения перекрестка с интервалом времени в 20–40 секунд. В ходе эксперимента были получены следующие данные (рисунок 5).

|                                   | Текущее | Лучшее |
|-----------------------------------|---------|--------|
| Итерация:                         | 25      | 2      |
| Функционал: ↓                     | 42.738  | 38.004 |
| <b>Параметры</b>                  |         |        |
| p1                                | 40      | 20     |
| p2                                | 35      | 20     |
| Копировать лучшее решение в буфер |         | copy   |

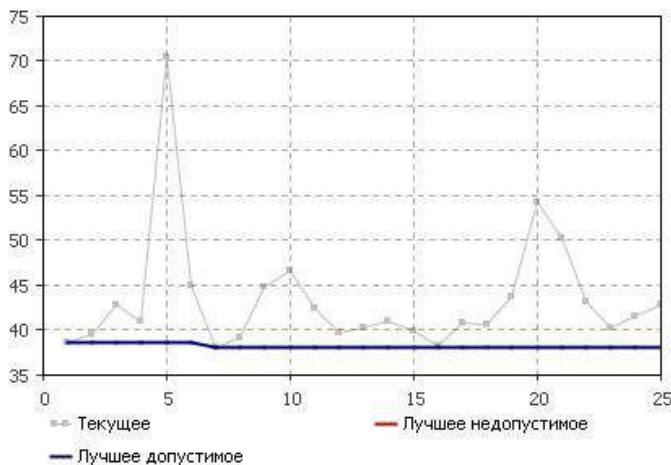


Рисунок 5 – Результат эксперимента оптимизации режима работы светофора

Полученные данные были внесены в симуляцию режима работы перекрестка. Результат представлен на рисунке 6.

Особенности транспортных систем делают невозможным построение адекватной аналитической модели, позволяющей исследовать варианты управления в этой системе и ее характеристики в различных условиях. В то же время имитационное моделирование как метод исследования подобных объектов представляется перспективным для решения этой проблемы: оно позволяет быстро и с высокой точностью прогнозировать характеристики сложных систем подобной природы и оптимизировать существенные параметры, выбирая соответствующие параметры оптимизации.

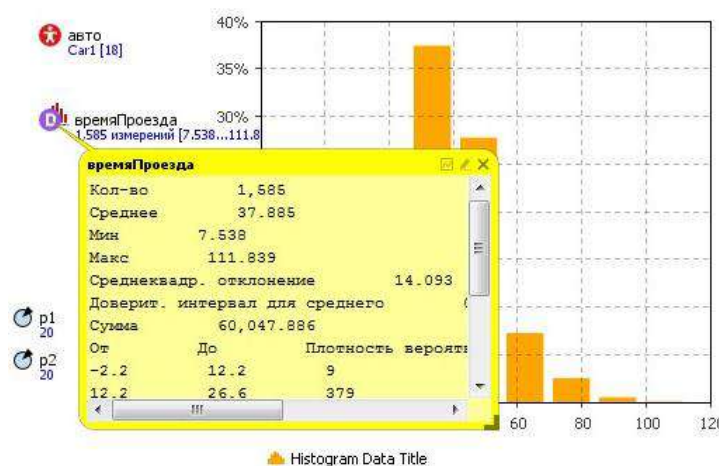


Рисунок 6 – Информация о времени проезда перекрестка после оптимизации

Внесение изменений в дорожную сеть всегда имеет экономические эффекты, и они могут быть крайне тяжелыми, если проводить эксперименты над реальной системой. Поэтому так важно находить оптимальные решения до того, как вносить изменения.

AnyLogic позволяет моделировать дорожные сети, используя Библиотеку дорожного движения – гибкий и мощный инструмент для создания реалистичных имитационных моделей и принятия наиболее эффективных решений при проектировании и оснащении дорог. Визуализация помогает быстро построить модель и оценить её работу: карты плотности показывают загруженность дорог, а анимация демонстрирует поток машин и узкие места. AnyLogic даёт полную свободу в экспериментах и позволяет оптимизировать модель в виртуальной среде для последующей успешной реализации проекта в реальном мире.

#### Список литературы

- 1 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
- 2 Введение в математическое моделирование транспортных потоков / под ред. А. В. Гасникова, МЦНМО, 2014. – 427 с.
- 3 Семенов, В. В. Математическое моделирование транспортных потоков / В. В. Семенов. – М., 2003. – 26 с.
- 4 Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А. В. Гасников [и др.]. – М. : МФТИ, 2010. – 363 с.
- 5 Маркуц, В. М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц / В. М. Маркуц. – Тюмень, 2008. – 108 с.

УДК 656.2

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*А. А. ЕРОФЕЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. В. ГОЛЕНКОВ*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск*

Железнодорожный транспорт на протяжении десятилетий является передовым в области внедрения информационных технологий. На Белорусской железной дороге только в последние годы внедрён ряд уникальных программных продуктов. Информационно-аналитическая система поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП) обеспечивает специалистов и руководителей всех уровней оперативной и достоверной информацией о производимых и выполненных грузовых перевозках, состоянии и дислокации вагонного и локомотивного парков. Корпоративная Интегрированная Система Управления Финансами и Ресурсами» (ЕК ИСУФР) на базе продуктов компании SAP SE предназначена для эффективной информационной поддержки процессов планирования, моделирования и оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью подразделений БЖД [1].

На линейном уровне действуют АСУС, АСУЛР, САПОД. В Центре управления перевозками диспетчерское управление реализуется с использованием программных и технических средств «Неман».

Внедрение перечисленных выше систем позволило создать достаточно детальную и полную базу данных по перевозочному процессу и железной дороге в целом. Вместе с тем действующие на железнодорожном транспорте информационные технологии позволяют реализовать только отдельные элементарные функции цикла управления (сбор информации, анализ, контроль), возлагая процедуры формирования, оценки и принятия управленческих решений (УР) полностью на человека.

Наибольшие проблемы возникают при существенных отклонениях от заранее разработанных технологий (задержка пассажирского поезда, дефицит пропускной способности парка станции, недостаток порожних вагонов под погрузку и др.). Именно в те моменты, когда человеку нужна помощь в принятии управленческих решений, современные автоматизированные системы недостаточно эффективны. В таких условиях человек, как правило, при поиске рационального УР прибегает к своему опыту, основанному на частично неформализованных знаниях и эмпирическом опыте и в меньшей степени полагается на помощь информационных систем.

Причиной этому служат заложенные в «традиционных» информационных технологиях архитектурные и функциональные недостатки.

1 Многообразие семантически эквивалентных форм (языков) представления (кодирования) обрабатываемой информации (знаний) в памяти компьютерных систем, что приводит к дублированию