

4. Global Recruiting Trends. (2023). LinkedIn. Insights on the latest trends and challenges in the global recruitment landscape. Retrieved from [business.linkedin.com](https://business.linkedin.com)
5. Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. Retrieved from [philosophy.oxfordjournals.org](https://philosophy.oxfordjournals.org)
6. Bersin, J. (2021). Artificial Intelligence in Talent Acquisition: A comprehensive view. Deloitte. Retrieved from [www2.deloitte.com](https://www2.deloitte.com)

УДК 550.603

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРО И МАКРО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

**Медведев Валерий Валерьевич**

*[maxwellhousebest@yandex.ru](mailto:maxwellhousebest@yandex.ru)*

Студент кафедры «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта»  
НАО «ЕНУ имени Л.Н.Гумилёва», Астана, Казахстан  
Научный руководитель - М.В. Долгов

В наши дни невозможно представить нашу жизнь без транспортной инфраструктуры, которая обеспечивает важные связи как внутри городов, так и между ними. Рост числа автомобилей требует оптимизации дорожной сети, чтобы удовлетворить потребности городов. Для минимизации рисков при инвестициях в эту область необходимо учитывать закономерности развития дорожной системы и равномерное распределение нагрузки на ее частях. Моделирование и оптимизация дорожной инфраструктуры становятся критически важными. Различные методы моделирования транспортных потоков разрабатываются для решения распространенных проблем в транспортной сфере. В большинстве случаев эти модели позволяют определить такие параметры, как интенсивность движения, среднюю скорость движения, задержки и временные потери.

В работах Р. Картабаева [1], В. Сильянова [2] и Ф. Хейта [3] в области транспорта изложены различные методы регулирования движения на сложных узлах дорог и скоростных магистралях, а также стратегии проектирования экономичных транспортных систем с высокой пропускной способностью. Работы этих авторов несомненно заслуживают внимания, однако их исследования проводились до 1983 года. К настоящему моменту наука в этой области сделала большой шаг вперед, что не могло не отразиться на способах управления транспортом. Сегодня существует большое количество специальных систем для моделирования транспортных потоков УДС, а также работы по этим темам такие как Сергеева К. Ф. [4] и Яцкив В. И. [5].

В данном исследовании предпринята попытка рассмотреть существующие модели транспортных потоков и классифицировать их по различным характеристикам.

Целью статьи стало описание и охарактеризование основных программ, используемых для имитационного микромоделирования и макро моделирования транспортного потока УДС в современной градостроительной практике и выявить лучшие программы для моделирования.

Во-первых давайте изучим «что такое моделирование?». Моделирование транспортных потоков - это создание рабочей модели дорожного движения, соответствующего движению в реальных условиях на автомобильных дорогах и улицах. Данная модель необходима для выработки и обоснования принятия решений в области организации и оптимизации дорожного движения.

Моделирование транспортных потоков включает в себя:

1. Оценку эффективности функционирования планируемых и существующих схем движения на различных участках улично-дорожной инфраструктуры через визуальный анализ;

2. Подробный анализ результатов моделирования по различным параметрам работы выбранных участков дорожной сети, включая среднюю скорость движения и среднее время задержки транспортных средств;

3. Представление результатов в виде сводных таблиц с числовыми значениями (суммарными или средними), полученными в ходе моделирования движения каждого транспортного средства.

В настоящее время существует значительное количество технических средств, предназначенных для построения моделей транспортного потока (таблица 1). Большинство этих программ ориентированы на создание моделей на микроуровне. Существует около 30 широко известных инструментов для моделирования дорожных ситуаций, включая транспортные узлы, такие как IHSDM, PARAMICS, AIMSUN, VISSIM, PLANSIM-T, AUTOBAHN, TRANSIMS, FLEXXSYT-II, INTEGRATION, SimTraffic 6, MITSIM [4]. В этой области множество специалистов постоянно работают над улучшением существующего программного обеспечения. Большинство пакетов обладают как преимуществами, так и недостатками. Программы обычно отличаются высокой степенью сложности, но при этом предоставляют удобный пользовательский интерфейс и обширный набор опций, необходимых для моделирования, проектирования, анализа и оптимизации транспортной сети. Давайте проведем анализ имеющегося программного обеспечения.

Таблица 1.

Основные компьютерные программы используемые для моделирования транспортного потока

<b>Инструмент</b>	<b>Разработчик</b>	<b>Страна разработки</b>	<b>Официальный сайт разработчика</b>
IHSDM	Turner-Fairbank Highway Research Center	США	<a href="http://www.fhwa.dot.gov/">http://www.fhwa.dot.gov/</a>
PARAMICS, S- PARAMICS	Quadstone Paramics	Великобритания	<a href="http://www.paramics-online.com/">http://www.paramics-online.com/</a>
AIMSUN	Transport Simulation System (TSS)	Испания	<a href="http://www.aimsun.com/">http://www.aimsun.com/</a>
Vissim, Visum	PTV AG	Германия	<a href="http://www.ptvgroup.com/">http://www.ptvgroup.com/</a>
PLANSIM-T	Transportation, Division of (DOT)	США	<a href="http://www.dupageco.org/">http://www.dupageco.org/</a>
AUTOBAHN		Германия	<a href="http://www.autobahn.nrw.de/">http://www.autobahn.nrw.de/</a>
TRANSIMS	TMIP	США	<a href="http://www.fhwa.dot.gov/">http://www.fhwa.dot.gov/</a>
FLEXXSYT-II	Society for Computer Simulation	Бельгия	<a href="http://trid.trb.org/">http://trid.trb.org/</a>
SimTraffic 6	Trafficware Corporation	США	<a href="http://trafficware.infopop.cc/">http://trafficware.infopop.cc/</a>
MITSIM	MIT Intelligent Transportation Systems (ITS)	США	<a href="http://www-mtl.mit.edu/">http://www-mtl.mit.edu/</a>
ПК ФП	Экономико-математический институт РАН, ЗАО «Петербургский НИПИ град»	Санкт-Петербург	<a href="http://www.nipigrad.ru/">http://www.nipigrad.ru/</a>

Известными программами для моделирования дорожных ситуаций на микроуровне являются VISSIM, PARAMICS и AIMSUN, пользующиеся широкой популярностью. Давайте рассмотрим основные характеристики этих программ, которые отражают уровень

детализации описания моделируемой ситуации и её отдельных компонентов, а также способность пакета взаимодействовать с другими программами и качественно представлять полученные результаты.

PARAMICS (PARAllel MICroscopic Simulation) [5] - комплексный пакет программ, разработанный в Великобритании для построения микромоделей дорожных ситуаций. Программа даёт возможность подробного моделирования перегруженных магистралей, транспортных узлов, регулируемых и нерегулируемых перекрёстков, предоставляет возможность анализа и оптимизации движения транспортного потока. Пакет наиболее используем в Америке и Великобритании.

VISSIM(PTVAG) [6] - разработанный немецкой компанией PTV AG, представляет собой многофункциональный пакет для создания моделей дорожных ситуаций на микроуровне. Этот пакет входит в состав компьютерной среды PTV Vision TrafficSuite, которая также включает PTV Visum для анализа и прогнозирования дорожных ситуаций, а также PTV Vistro для изучения шумовых характеристик транспортных средств. Многофункциональность VISSIM проявляется в его способности отображать пять категорий взаимодействующих участников дорожного движения: транспортные средства (автомобили, автобусы, грузовые транспортные средства), общественный транспорт (трамваи и автобусы), велосипеды и мотоциклы, пешеходы, рикши. Программа использует данные модели Видерманна для анализа поведения водителей. Возможности программы включают возможность построения транспортных сетей различного масштаба, однако она ограничена вычислительными ресурсами. Этот инструмент может быть полезен на всех этапах инженерных работ, включая проектирование дорог, градостроительные проекты и разработку противопожарных проектов, также программа предоставляет отчеты в форме трехмерных изображений. VISSIM широко применяется в различных странах мира, в том числе в Северной Америке и Европе.

AIMSUN [7]- это программа для моделирования транспортных потоков и дорожных ситуаций. Разработана компанией TSS-Transport Simulation Systems и предназначена для создания микроуровневых моделей движения транспорта. AIMSUN предоставляет возможности моделирования различных видов транспортных средств, пешеходов и общественного транспорта. Программа позволяет анализировать эффективность инфраструктуры, проводить исследования по улучшению транспортных потоков и оптимизации дорожной инфраструктуры. Важной особенностью AIMSUN является ее способность интеграции с другими программами и системами для более комплексного анализа и принятия решений в области транспортного планирования.

Пакеты микромоделирования транспортных потоков активно развиваются в связи с увеличением вычислительных мощностей, расширением возможностей трехмерной визуализации и обработки обширных объемов данных, собираемых с миллионов транспортных средств. Это позволяет эффективно учитывать информацию о скоростях и маршрутах автомобилей. В свою очередь, пакеты для макромоделирования обладают функциональностью, которая позволяет решать разнообразные задачи, такие как планирование транспортной инфраструктуры и общественного транспорта, визуализация сетей, анализ и оценка транспортных систем, прогнозирование запланированных мероприятий, а также создание основы для транспортных информационных систем.

SIM Traffic [8] - программа на макроуровне предоставляет мощные инструменты для моделирования и анализа транспортных потоков в масштабе города или региона. Ее функционал включает в себя создание обширных макроуровневых моделей дорожной инфраструктуры, оценку общей проходимости и эффективности транспортной сети. SIM Traffic на макроуровне также позволяет проводить прогнозирование и анализ воздействия различных стратегий развития транспорта на городское движение. С интуитивным пользовательским интерфейсом и разнообразными опциями, программа является важным

инструментом для планирования и оптимизации транспортной инфраструктуры на уровне города или региона.

VISSIM [6]—пакет оценивался на основе возможностей визуализации (анимации). В частности, пакет тестировался для моделирования движения автобусов. Пакет поддерживает широкие возможности 3-D визуализации транспортных потоков.

В таблице 2 представлены результаты нескольких независимых исследований, сравнивающих известные пакеты для моделирования [9].

Таблица 2.

Сравнение пакетов моделирования

Авторы	Пакеты	Выводы
Middelton, Cooner, 1999	CORSIM (FRESIM component), FREQ and INTEGRATION	Пакеты исследовались для моделирования движения транспорта на автостраде. Все пакеты показали адекватные результаты для исследуемой задачи. Установлено также, что исследуемые пакеты не могут быть использованы для моделирования в условиях перегруженности движения.
Barrios и др. 2001	CORSIM, VISSIM, PARAMICS, SimTraffic	Пакеты оценивались на основе возможностей визуализации (анимации). В частности, пакеты тестировались для моделирования движения автобусов. В конечном счете, выбор авторов остановился на пакете VISSIM, поддерживающем широкие возможности 3-D визуализации транспортных потоков.
Trueblood, 2001	CORSIM, SimTraffic	Результаты обзора показали небольшое различие между системами при моделировании магистралей с низким и умеренным трафиком. Статья устанавливает необходимость детального анализа моделей и важность процедуры валидации моделей.
Kaskeo, 2002	VISSIM, CORSIM, Sim Traffic	При моделировании сравнивались три типа объектов: автострады, развязки и магистрали с согласованием сигналов. Сделан вывод, что CORSIM является самым зрелым и широко используемым пакетом, а VISSIM - наиболее мощным и универсальным. Исследование показало также, что VISSIM обладает наименее дружественным интерфейсом и при его использовании требуются дополнительные усилия для пост-обработки результатов. Sim Traffic оказался самым простым в использовании.
Bloomberg и др., 2003	CORSIM, VISSIM, INTEGRATION, PARAMICS, MIT- SIMLab, WATSIM	Все шесть систем исследовались на основе возможностей их использования при моделировании регулируемых перекрестков и автострад. Исследование показало, что все модели дают адекватные результаты.
Hardy, Wunderlich, 2007	30 пакетов, включа- ющая VISSIM, Cube, HEADSUP, ETIS, OREMS, Paramics PCDYNEV, Tran- SCAD, TRANSIMS	В обзоре исследуются возможности пакетов при исследовании чрезвычайных ситуаций, моделировании планов эвакуации. Двадцать восемь пакетов используются для планирования эвакуации на уровне макромоделирования. Из пакетов, не относящихся к макромоделированию, рекомендуется пакет CUBE.

В заключении статьи хотелось бы выделить программу моделирования AIMSUN как передовое и наиболее эффективное решение в данной области. Ее мощные возможности по симуляции как микро- так и макро-аспектов дорожного движения делают ее неотъемлемым инструментом для инженеров и планировщиков. Гибкость и точность AIMSUN позволяют не только адаптировать модели к конкретным условиям города, но и проводить виртуальные эксперименты для предвидения и решения возможных проблем, таких как заторы, неэффективное использование дорожной инфраструктуры и повышение безопасности движения.

Таким образом, используя именно эту программу для моделирования можно также улучшить дорожное движение в г. Астана, добавив правосторонний съезд на проспекте Кабанбай Батыра и на улице Сыганак, смоделировав эту проезжую часть и удостоверившись о том что это хорошее решение, приступить к постройке правостороннего съезда. Также можно смоделировать ул. Акмешит и ул. Туркестан сделав их односторонними и сделать выводы на счет создания новых правил в дорожном движении г. Астана.

Таким образом, использование программы моделирования AIMSUN [7] становится не просто опцией, а стратегическим решением для тех, кто стремится к наилучшей организации дорожного движения в современных условиях. Ее вклад в повышение эффективности и безопасности дорожного движения делает ее неотъемлемым инструментом в арсенале городских планировщиков, направленных на создание более устойчивых и интеллектуальных транспортных систем.

Такой интегрированный подход не только способствует повышению эффективности дорожного движения, но также может содействовать улучшению экологической устойчивости и общего качества городской среды. Важно продолжать исследования в этой области и развивать новые методы моделирования, чтобы справляться с растущими вызовами управления транспортной инфраструктурой в будущем.

#### Список использованных источников

1. Картабаев Р. С. Машинная имитация движения транспортных потоков для проектирования автомобильных дорог в горной местности, Фрунзе : Илим, 1982 – 330с.
2. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения, Москва, Транспорт, 1977 – 303с
3. Хейт Ф.(Haight) Математическая теория транспортных потоков: моногр. Теории транспортных потоков, Перевод с английского Е. Г. Коваленко Под редакцией д-ра техн. наук // Я. Коваленко ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР» Москва 1966 – 288с
4. Сергеева К. Ф. Анализ и оптимизация транспортных потоков с помощью моделирования /Сайт Междунар. молод. школы-семинара «БИКАМП: Будущее Информатики, Космического, Авиационного и Медицинского Приборостроения». - 2013.
5. Яцкив В. И. Использование возможностей имитационного моделирования для анализатранспортных узлов [Электронный ресурс). - Режим доступа: <http://www.gpss.ru>.
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnyye-sovremennye-instrumenty-imitatsionnogo-modelirovaniya-transportnyh-potokov/viewer>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Paramics\\_Discovery](https://en.wikipedia.org/wiki/Paramics_Discovery)
8. [https://ptv-traffic.com/products/ptv\\_vissim/?ysclid=lpwf52anyh600278791](https://ptv-traffic.com/products/ptv_vissim/?ysclid=lpwf52anyh600278791)
9. <https://www.aimsun.com/>