

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

УДК 004.942:656.11

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА И ВЕЛОСИПЕДИСТОВ В Г. ДНЕПР

Ильев И.М., Селиверстова Т.В.

Национальная металлургическая академия Украины

В статье рассматривается проблема передвижения велосипедистов по автодорогам и взаимодействия с другими видами транспорта. В работе показаны особенности VISSIM-модели. Программное обеспечение PVT VISSIM направлено на применение для планирования и организации движения транспортных потоков с учетом велосипедного движения. В работе смоделирован существующий перекресток г. Днепр. Проведенный анализ улично-дорожной ситуации, которая возникает в результате совместного движения автотранспорта и велосипедистов при наличии велосипедных дорожек и при их отсутствии. Показана целесообразность устройства данного перекрестка велосипедными дорожками.

Ключевые слова: транспортные потоки, VISSIM, имитационная модель, дорожное движение, прогнозирование, велосипедист.

Постановка проблемы. С каждым днем в связи с пропагандой здорового образа жизни на дорогах появляется все больше велосипедистов. При этом возникает проблема их передвижения по автодорогам и взаимодействия с другими видами транспорта. Это связано с ростом уровня использования автомобилей среди населения и приводит к многочисленным заторам, проблем с парковкой, повышению опасности движения (ДТП), особенно для пешеходов и велосипедистов, чрезмерного воздушного и шумового загрязнения, ухудшения здоровья жителей города, снижение привлекательности города и качества городской среды [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ публикаций показал возможность моделирования любых фрагментов дороги при различных вариантах транспортных потоков и развязок [2; 3]. В связи с увеличением количества автомобилей на дорогах, усложнения организации улично-дорожного движения, перспективным является использование симуляторов улично-дорожного движения. В настоящее время лидером среди подобного класса программного обеспечения является PVT VISSIM [3]. Привлекательность данного программного продукта состоит в возможности использования масштабируемых карт, описания манеры езды, транспортных потоков и т.д. [4]. Широкие возможности PVT VISSIM позволяют провести качественную симуляцию движения и взаимодействия автотранспорта и велосипедистов в г. Днепр с целью выработки рекомендаций по оптимизации улично-дорожного движения.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Анализ последних публикаций показал, что учет велосипедистов и взаимодействие их с транспортными потоками практически не ведется.

Цель статьи. Целью статьи является анализ с целью организации и эффективного взаимодей-

ствия автотранспорта и велосипедистов на перекрестках. В качестве объекта моделирования рассматривали улично-дорожную ситуацию на перекрестке проспекта Слобожанского и улицы Калиновой г. Днепр. Данный перекресток имеет большое количество полос и высокую плотность потока, что вызывает трудности передвижения для велосипедистов.

Как известно, моделирование является, по сути, построением рабочего аналога. При этом, моделирование базируется на практических исследованиях и состоит в построении рабочей модели, которая обладает свойствами подобия рассматриваемому реальному объекту. Использование виртуальных моделей улично-дорожного движения позволяет выявлять возможные коллизии, возникающие в процессе движения автотранспорта не в реальных условиях, а модельных. Таким образом, моделирование улично-дорожного движения позволяет сократить количество автодорожных происшествий, а так же избежать человеческих жертв.

В последние 50 лет было создано большое количество математических вероятностных моделей как на макроуровнях, так и на микроуровнях для моделирования транспортных потоков [5]. Некоторые из них, как например VISSIM, имеют коммерческую основу, другие развиваются в учебных заведениях и проектных институтах в учебных целях. Первые удерживаются в глубоком секрете, а другим не хватает удобства, простоты использования и визуализации.

Модели симулирования (имитации) движения транспортных потоков чаще всего разделяют на 4 класса, исходя из подхода к уровню детализации при описании деталей автодорожной ситуации и автотранспорта.

Первый класс – обычные макроскопические модели, второй класс – микроскопические модели (наиболее часто используемые), третий

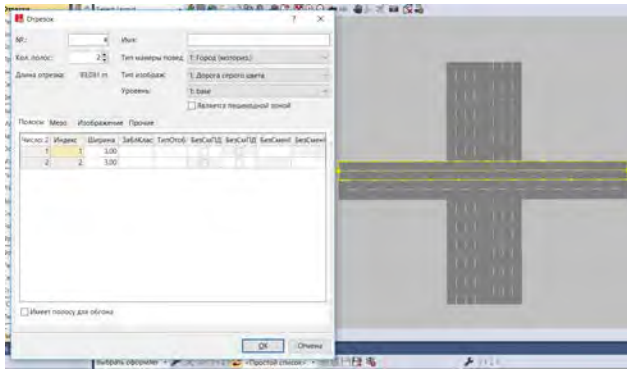


Рис. 1. Х-образний перехресток

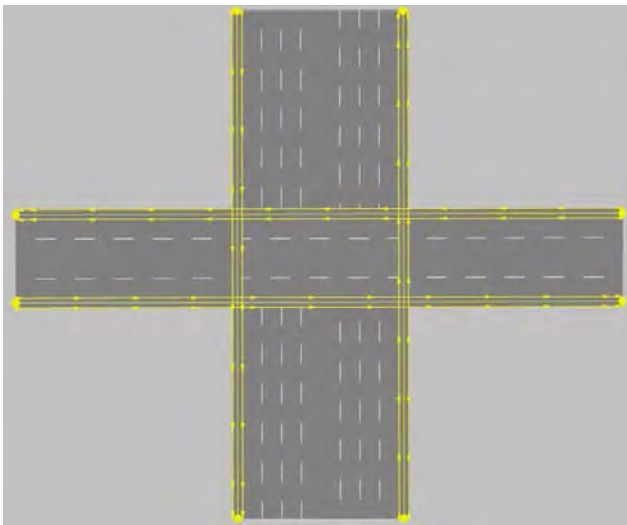


Рис. 2. Х-образний перехресток с велосипедными дорожками

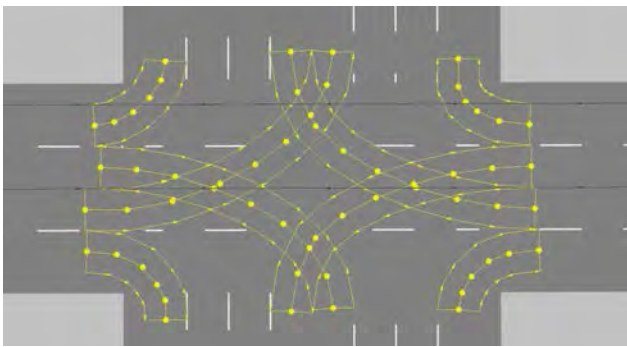


Рис. 3. Возможные варианты движения ТС на перехрестке

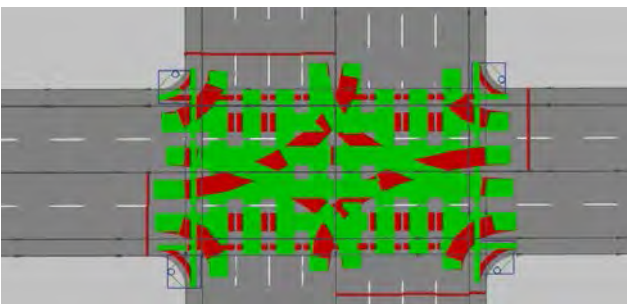


Рис. 4. Конфликтные зоны на Х-образном перехрестке

класс – мезоскопические (средний класс между макромоделями и микромоделями), четвертый класс – подмикроскопические модели (найвысший уровень детализации).

Для реализации поставленных выше целей выбрана Модель WIEDEMANNa в составе программного комплекса PTV Vision VISSIM. Система имитационного моделирования VISSIM состоит из двух отдельных программ, которые взаимодействуют с помощью интерфейса, который обеспечивает обмен данными измерений детекторов и данными про состояние систем регулирования. Результат имитации VISSIM – это анимация движения транспорта в виде графика в режиме реального времени с последующей подачей различных транспортно-технических параметров (распределение времени в пути, время ожидания и пр.).

Симулятор транспортного потока VISSIM содержит модель прохождения сзади идущего транспортного средства (ТС) с целью адекватной демонстрации движения в колонне за впереди идущим ТС по одной полосе, с учетом ТС, движущихся по соседним полосам при смене полосы движения.

В зависимости от движения транспорта по дорогам логика регулирования моделируется с помощью внешних программ регулирования свето-сигнальными установками.

Существенным для точности системы имитации является качество модели потока транспортного движения с помощью которого рассчитывается передвижение транспортных средств в сети. В отличие от более простых моделей, в которых за основу берутся постоянная скорость и одинаковое поведение впереди идущего ТС PTV Vision® VISSIM использует психофизиологическую модель восприятия Р. Вайдемана. Основная особенность данной модели заключается в том, что водитель транспортного средства, который движется с большей скоростью, начнет тормозить при достижении своего индивидуального порога восприятия удаленности от впереди идущего ТС, когда дистанция начнет им восприниматься как очень малая. Так как водитель ТС не может точно оценить скорость впереди идущего транспорта, то его скорость будет падать быстрее, чем у впереди идущего ТС. Аналогичная ситуация возникает при ускорении впереди идущего ТС. Это ведет к постоянному торможению и ускорению. С помощью функций распределения скорости и дистанции имитируется разное поведение водителей. Современные исследования показывают, что за последние годы изменилась манера езды и технические возможности ТС, которые корректно отображаются в данной модели.

На многополосной дороге водитель в VISSIM-модели учитывает не только впереди идущие ТС, а и ТС на обеих соседних полосах. Особое внимание у водителя вызывает впереди стоящий светофор и стоп-линия.

Таким образом, имитационное моделирование является мощным инструментом для оценки и анализа движения ТС и пешеходных потоков. PTV Vision® VISSIM позволяет упростить работу проектировщика и создать достоверную модель для проектирования дорожно-транспортных и градостроительных объектов [3].

С использованием комплекса PTV Vision® VISSIM было проведено моделирование улично-дорожной ситуации на перекрестке проспекта Слобожанского и улицы Калиновой г. Днепр в соответствии с Правилами Дорожного Движения Украины [6].

На рисунке 1 показан процесс построения X-образного перекрестка из примитивов PTV Vision® VISSIM. Объект моделирования содержит пересечение четырех полос в двух направлениях, что соответствует проспекту Слобожанский, и двух полос в каждую сторону, отображающих движение по улице Калиновой.

С целью анализа улично-дорожной ситуации на данном перекрестке при наличии велосипедных дорожек, добавили разметку для велодорожек (рис. 2).

Следующим этапом моделирования улично-дорожной ситуации на перекрестке проспекта Слобожанского и улицы Калиновой г. Днепр является построение возможных маршрутов движения ТС (рис. 3).

На рисунке 4 приведены потоки движения ТС на перекрестке, а так же указаны приоритеты при прохождении конфликтных зон.

Важным атрибутом улично-дорожного движения являются светосигнальные устройства (ССУ). Для настроек параметров ССУ используются соответствующие настройки PTV Vision® VISSIM «ССУ-регулирование/Светосигнальные установки...». Следующим шагом задается «Сигнальная программа». Для этого выбираем соответ-

ствующий пункт меню «Сигнальные программы», и создаем тестовую «Сигнальную программу 1».

Настройки второй группы сигналов делаются исходя из условий согласованной работы с первой группой ССУ, что приведено на рисунках 5, 6.

После того как были настроены все ССУ, использованные в имитационной модели, была установлена нагрузка транспортных потоков. Лишь после этого, целесообразно переходить к симуляции улично-дорожного движения на данной модели.

На рисунке 7 приведен результат моделирования движения транспортных потоков на перекрестке без полос для велосипедистов.

Отсутствие велосипедных полос на перекрестке вызывает создание аварийных ситуаций с участием велосипедиста (при необходимости в совершении левого поворота с ул. Калиновой на пр. Слобожанский велосипедист вынужден останавливаться в центре перекрестка и ждать прохождения встречного потока), а на перекрестке, оборудованном велосипедной дорожкой, где велосипедист имеет право ехать только прямо или направо аварийные ситуации практически не возникают, что подтверждается результатами имитационного моделирования, приведенными на 8 рисунке.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. На данный момент, в связи с постоянным увеличением количества велосипедистов на дорогах возникла острая необходимость реформирования существующих дорог с выделением полос для велосипедистов. Показано, что исполь-

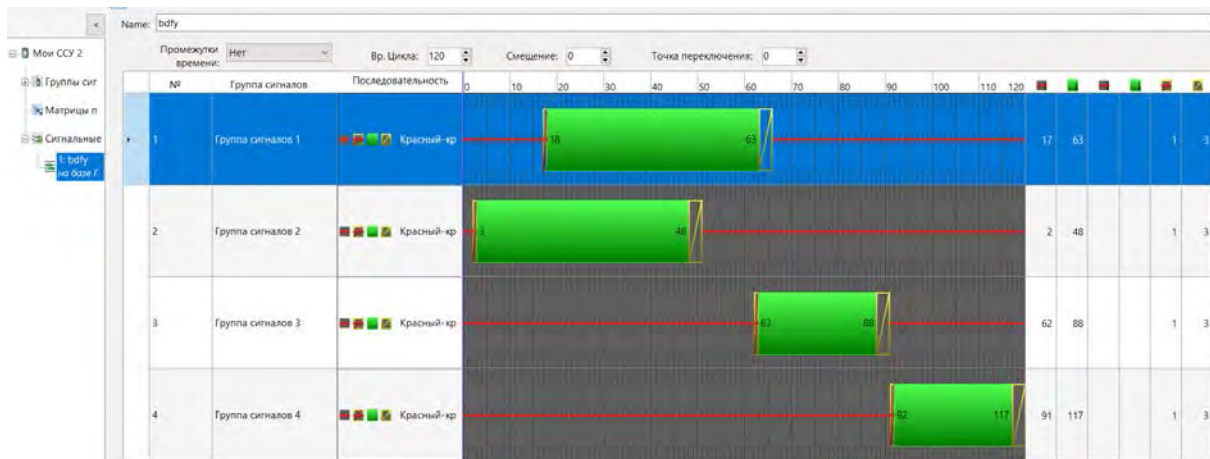


Рис. 5. Настройки работы сигнальных программ ССУ



Рис. 6. Модель X-образного перекрестка оборудованного ССУ

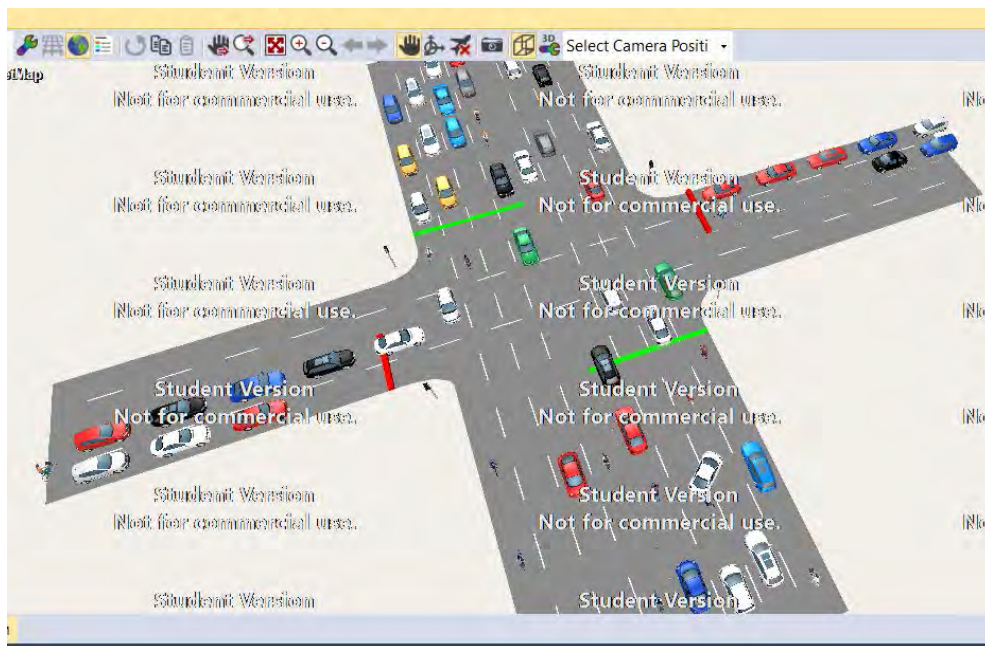


Рис. 7. Модель движения автотранспорта и велосипедистов на перекрестке, не оборудованном велосипедными полосами

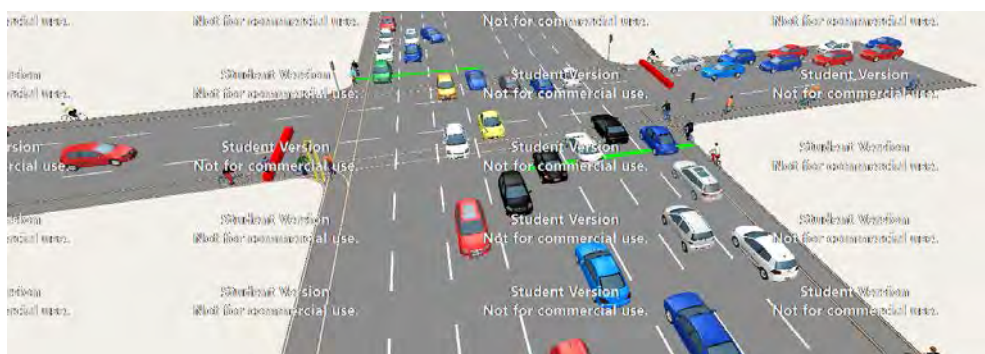


Рис. 8. Модель движения автотранспорта и велосипедистов на перекрестке, оборудованном велосипедными полосами

зование комплекса PTV Vision® VISSIM позволяет строить сложные модели улично-дорожных ситуаций с участием автотранспорта и велосипедистов. Проведено моделирование автомобильного и велосипедного движения на перекрестке проспекта Слобожанский и улицы Калиновой,

г. Днепр. Анализ результатов симуляции автомобильного потока и велосипедов подтвердил целесообразность организации велосипедных дорожек на данном перекрестке, что предупредит появление возможных коллизий между участниками улично-дорожного движения.

Список литературы:

1. Програма розвитку велосипедної інфраструктури м. Дніпропетровська на 2015–2030 роки. Дніпропетровськ, 2014 р.
2. Якимов М.Р. Общий алгоритм работы четырёхшаговой транспортной модели / М.Р. Якимов. Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 1(48). – С. 132–138.
3. Беспалов Д.А. Методы моделирования транспортных потоков. URL: <http://bespalov.me/2012/07/16/metody-modelirovaniya-transportnyh-potokov/>.
4. Литвин В.В., Мирошниченко А.Н. Имитационное моделирование транспортных потоков с помощью программного обеспечения PTV Vision Vissim Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2014». – Д.: НГУ, 2014. – 588 с. 251–260.
5. Гасников А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / А.В. Гасников. Москва: МЦНМО, 2012. – 230 с.
6. Правила Дорожного Движения Украины с изменениями и дополнениями в соответствии с Постановлениями Кабинета Министров Украины. 2018 г.

Ільєв І.М., Селівьорстова Т.В.

Національна металургійна академія України

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗУ РУХУ АВТОТРАНСПОРТУ ТА ВЕЛОСИПЕДИСТІВ В М. ДНІПРО

Анотація

У статті розглядається проблема пересування велосипедистів по автодорогах і їх взаємодії з іншими видами транспорту. У роботі показані особливості VISSIM-моделі. Програмне забезпечення PVT VISSIM направлено на застосування для планування і організації руху транспортних потоків з урахуванням велосипедного руху. В роботі змодельоване існуюче перехрестя у м. Дніпро. Проведений аналіз вулично-дорожньої ситуації, що виникає внаслідок сумісного руху автотранспорту та велосипедистів при наявності велосипедних доріжок та при їхній відсутності. Показана доцільність облаштування даного перехрестя велосипедними доріжками.

Ключові слова: транспортні потоки, VISSIM, імітаційна модель, дорожній рух, прогнозування, велосипедист.

Iliev I.M., Selivyorstova T.V.

National Metallurgical Academy of Ukraine

PECULIARITIES OF SIMULATION AND ANALYSIS OF MOVEMENT OF MOTOR TRANSPORT AND BICYCLES IN DINPRO

Summary

The article deals with the problem of the movement of cyclists along the roads and interaction with other modes of transport. The features of VISSIM-model are shown in the paper. The PVT VISSIM software is aimed at the application for planning and organizing traffic flows taking into account cycling. An existing intersection of the city of Dnepr has been modeled in the work. The analysis of the street-road situation, which arises as a result of the joint movement of motor vehicles and cyclists with the presence of bicycle tracks and in their absence. It is shown the expediency of the arrangement of this crossroads by cycling paths.

Keywords: traffic flows, VISSIM, simulation model, traffic, forecasting, cyclist.