

**Заключение.** Изложена концептуальная модель алгоритма деформационного метода расчета гибких стержневых систем произвольной геометрической структуры с учетом продольных и угловых деформаций, вызванных воздействиями на узлы и стержни системы нагрузки произвольной интенсивности, температурных воздействий, воздействий от предварительного натяжения.

Изложены особенности реализации алгоритма деформационного метода расчета гибких стержневых систем средствами программирования MathCAD в программе SdCAD с использованием системного интегратора MathConnex-2000.

Показана возможность создания алгоритма вычислительного комплекса SdCAD с программой «*Пользовательский интерфейс*», написанной на языках высокого уровня и функционирующей совместно с универсальным ядром из вычислительных MathCAD-блоков.

Программа деформационного метода расчета SdCAD представляет собой уникальный инструмент исследователя, а при разработке к ней удобного *пользовательского интерфейса* на алгоритмических языках высокого уровня будет востребована и внедрена в практику проектирования.

#### СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Надежность строительных конструкций. Общие принципы: СТБ ISO 2394-2007 (ISO 2394:1998, IDT). Введ. 29.12.2007, № 67. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2007. – 65 с.
2. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization. Central Secretariat, Brussels.

3. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-11: Design of steel structures with tension components. English version of DIN EN 1993-1-11:2007-02. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Germany.
4. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – Киев: Сталь, 2002. – 600 с.
5. Уласевич, В.П. Деформационный расчет гибких балочно-вантовых систем методом конечных элементов в среде MathCAD / В.П. Уласевич, О.В. Костюк // Вестник БрГТУ. – 2004. № 1(25): Строительство и архитектура. – С. 111–117.
6. Уласевич, В.П. Прямолинейный гибкий стержень как универсальный конечный элемент в расчетах гибких стержневых систем методом конечных элементов / В.П. Уласевич, О.В. Костюк // Вестник БрГТУ. – 2007. № 1(43): Строительство и архитектура. – С. 45–49.
7. Уласевич, В.П. Деформационный метод расчета балочно-вантовых систем и его роль в проектировании усиления конструкций перекрытий / В.П. Уласевич, О.В. Костюк // Вестник БрГТУ. – 2008. № 1(49): Строительство и архитектура. – С. 57–62.
8. Дьяконов, В. MathCAD 2000. Учебный курс / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2000. – 592 с.
9. Макаров, Е. Инженерные расчеты в MathCAD 14. – СПб.: Питер, 2007. – 592 с.

Материал поступил в редакцию 22.06.09

#### ULASEVICH W.P., KOSTYUK O.V., BOCHAROVA N.V. On the effectiveness of the development of an MathCAD-based algorithm for the design of elastic rod systems using the deformation design method

An MathCAD-based algorithm for the design of elastic rod systems using the deformation method developed in the SdCAD programme by MathCAD programming aids using MathConnex-2000 system integrator has been described.

A possibility for the development of a SdCAD-computer complex with a delegation of MathConnex-2000 functions to the user's interface written in high-level computer languages and functioning together with a universal computer nucleus consisting of MathCAD-blocks has been shown.

УДК 621.8

**Яцкив Ирина, Саврасов Михаил, Юршевич Елена**

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

**Введение.** Решение задач развития городской транспортной системы требует системного подхода, а это значит, что анализ развития городской транспортной инфраструктуры должен производиться вместе в анализом землепользования, установление закономерностей функционирования системы – вместе с мониторингом экологической ситуации и т.д. Ранее задача разработки концепций развития транспортной инфраструктуры города возлагалась на экспертов, и планирование зачастую осуществлялась только на базе экспертных оценок. На сегодняшний день решение такой сложной и комплексной задачи невозможно без использования информационных технологий. Современные эксперты-аналитики все чаще прибегают к системам поддержки принятия решений (DSS), содержащим серьезный аналитический инструментарий и качественную визуализацию, что позволяет принимать более эффективные и обоснованные решения. DSS позволяет улучшить эффективность процесса принятия решений в транспортном планировании с помощью поддержки всех его фаз: сбор и хранение необходимой транспортной информации, разработка транспортных стратегий, прогнозирование возможных последствий реализации той или иной стратегии, оценка результатов прогнозирования и выбор наилучшего варианта решения. DSS позволяет обеспечить поддержку решения задач комплексного характера, которые составляют основу транспортного планирования. На рис.1 представлена схема взаимодействия экспертов и DSS.



Рис. 1. Схема взаимодействия экспертов и DSS

Один из основных аналитических инструментов DSS - имитационное моделирование. Качественные и количественные показатели различных стратегий развития, получаемые в результате моделирования транспортных потоков, могут являться базой в процессе принятия решений, на которую опирается аналитик. В современной теории принятия решений рассматривают три уровня, на котором могут быть приняты решения – это оперативный, тактический и

**Яцкив Ирина**, профессор, заведующая кафедрой математического моделирования Института транспорта и связи.

**Саврасов Михаил**, аспирант кафедры математического моделирования Института транспорта и связи.

**Юршевич Елена**, аспирант кафедры математического моделирования Института транспорта и связи.

LV-1019, Латвия, г. Рига, ул. Ломоносова 1, тел.: +371 29654003. эл. почта: mms@tsi.lv

Таблица 1. Объекты и задачи исследования для разных уровней моделирования

Уровень	Объект исследования	Решаемые задачи
Микро	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Перекресток</li> <li>• Развязка</li> <li>• Группа перекрестков</li> <li>• Мосты</li> <li>• Туннели</li> <li>• Эстакады</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбор стратегии управления светофорами</li> <li>• Организация движения на перекрестке</li> <li>• Выбор оптимального места остановок общественного транспорта</li> <li>• Оценка уровня сервиса, длины очереди, задержки и ряда других параметров</li> </ul>
Мезо	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Группа перекрестков</li> <li>• Транспортный коридор</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оценка макроэкономических показателей на микроуровне</li> </ul>
Макро	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Район города</li> <li>• Город</li> <li>• Регион</li> <li>• Страна</li> <li>• Континент</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уровень загрузки дорог по всему городу</li> <li>• Интенсивность движения на дорогах</li> <li>• Оценка эффективности маршрутов общественного транспорта</li> <li>• Планирование расписания общественного транспорта</li> </ul>

стратегический уровень. Современные имитационные модели могут быть использованы на всех трех уровнях, однако необходимо различать классы транспортных моделей, знать их недостатки и преимущества, а также здраво и критически оценивать те результаты, которые предоставляются аналитику. В данной статье обобщается опыт разработки и использования имитационных транспортных моделей Институтом транспорта и связи для поддержки процесса принятия решений на примере использования макроэкономической модели города Риги и микроскопической модели транспортного узла.

**1. Классы транспортных моделей.** Эксперты в области транспортного планирования разделяют транспортные модели на три уровня детализации транспортных моделей (рис. 2).

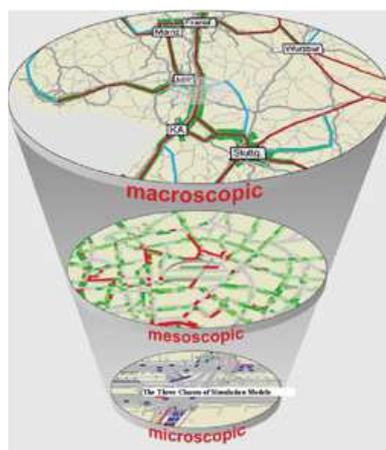


Рис. 2. Классы транспортных моделей [1]

Первый класс транспортных моделей подразумевает высокую степень детализации при описании транспортной инфраструктуры и высокую степень детализации при описании транспортных потоков [2]. Такие модели относят к классу микроскопических моделей. С точки зрения процесса принятия решения, микроскопические модели могут быть использованы на оперативном уровне принятия решений. Спектр задач, которые можно решать с использованием микроскопических моделей, представлен в таблице 1.

Мезоскопические модели представляют собой особый класс транспортных моделей. Особенность данного класса заключается в отсутствии точной формулировки того, что собой представляют транспортные модели на мезоуровне. По одним определениям мезоскопические модели – это модели, в которых транспортная инфраструктура имеет низкую степень детализации и описывается с использованием узлов и соединений, а транспортный поток имеет средний уровень детализации. Под средним уровнем детализации понимают следующее: в транспортном потоке выделяют отдельные транспортные средства, но их взаимодействие детализируется на высоком уровне абстракции [3]. Другое определение указывает на

то, что мезоскопические модели являются, по сути, гибридными моделями, которые могут объединять в себе микроуровень и макроуровень в одной модели. Некоторые специалисты утверждают, что мезоскопические модели представляют собой всего лишь оценку макроэкономических параметров на базе микроскопической модели. Отсутствие единого определения и теоретического фундамента обуславливает малое число программных продуктов, предназначенных для разработки мезоскопических моделей, что делает их редко применимыми.

Макроскопические модели подразумевают под собой низкий уровень детализации транспортного потока, когда в потоке не различают отдельные объекты и низкий уровень детализации транспортной инфраструктуры – строятся с использованием узлов и отрезков [4]. Модели такого рода предоставляют усредненные выходные показатели и чаще всего используются на тактическом и стратегическом уровнях принятия решения. Однако при этом могут являться частью системы поддержки принятия решения на оперативном уровне при управлении транспортными потоками [5].

**2. Пример использования макроэкономической модели города Риги.** Макроскопическая модель Риги была построена в 2008 году с использованием пакета PTV VISION VISUM [6]. Модель имеет средний уровень агрегации и включает в себя 20 внутренних транспортных зон и 8 кордонных районов. Основные транспортные узлы и дороги города отражены в модели путем использования более 170 узлов и 400 отрезков. Модель включает в себя только индивидуальный транспорт, информация о перемещении которого задается матрицей корреспонденций. Уровень детализации данной макроэкономической модели позволяет решать задачи стратегического характера – это прежде всего оценка сценариев развития, которые заложены в концепцию развития транспортной инфраструктуры города Риги (рис. 3).

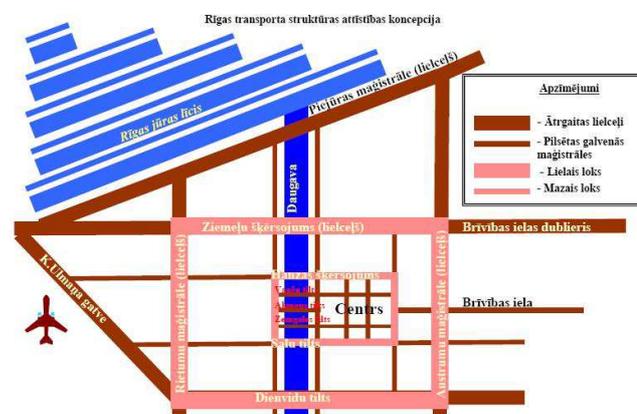


Рис. 3. Концепция развития транспортной инфраструктуры г. Риги [7]

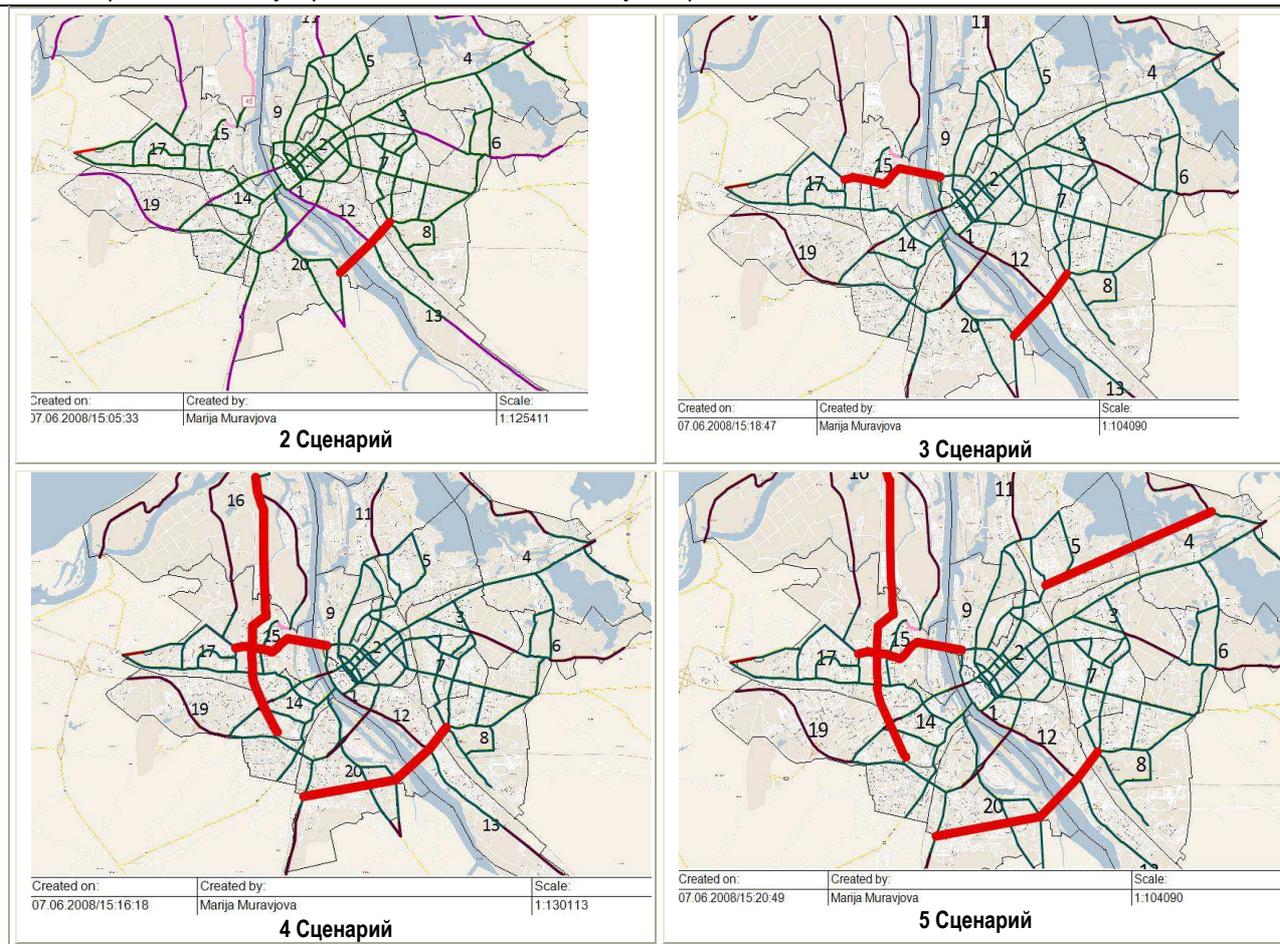


Рис. 4. Сценарии развития транспортной инфраструктуры г. Риги, реализованные в модели

На базе представленной концепции были сформированы следующие сценарии развития, которые были реализованы и проанализированы на модели и проиллюстрированы на рис. 4.

- Первый сценарий (назовем его базовый) не предусматривает никаких изменений в транспортной инфраструктуре города и использует данные о потоках на 2018 год (новая матрица корреспонденций).
- Второй сценарий основывается на базовом с учетом строительства Южного моста через Даугаву.
- Третий сценарий включает в себя базовый с учетом добавления северной магистрали - продолжение улицы Ханзас (Hanzas ielas šķersojums) через Даугаву и реконструкция подходов к магистрали:
  - а. с левого берега от проспекта Курземес через улицу Даугавригас;
  - б. с правого берега от улицы Ханзас (Андрейсала).
- Четвертый сценарий включает в себя третий сценарий плюс строительство Западной магистрали. Как дополнение к основному сценарию достроен подъезд к Южному мосту от Виенибас гатве до улицы Баускас.
- Пятый сценарий включает в себя четвертый сценарий и строительство дублера улицы Бривибас от пересечения улиц Миера и Гауяс до Яунциема гатве.

Используя разработанную макроскопическую модель, сценарии развития транспортной инфраструктуры, а также прогноз транспортных потоков были оценены предложенные сценарии развития с точки зрения их эффективности. В качестве критерия эффективности были выбраны следующие характеристики, получаемые на модели:

- Средняя скорость движения транспортных средств.
- Среднее время движения по сети.
- Среднее время перемещения до центра.

На рис. 5 приведены графики, которые отражают изменения двух вышеперечисленных характеристик в зависимости от сценария развития. Помимо уже названных характеристик, модель позволяет получить целый ряд локальных показателей, таких как: интенсивность движения, уровень загрузки отдельных узлов и магистралей и др.

На основе полученных данных можно делать выводы о целесообразности внедрения тех или иных изменений в инфраструктуре города. Базовый сценарий, использованный в исследовании, предполагает резкое увеличение объема транспортного потока без внесения изменений в инфраструктуру. Результаты анализа этого сценария позволили выявить наиболее критичные участки транспортной сети. Далее рассматриваемые сценарии включали в себя те или иные изменения транспортной сети с целью добиться снижения уровня загрузки городских улиц, а, следовательно, улучшить различные параметры движения. Наиболее высокий уровень эффективности показал сценарий номер 3, благодаря которому удается существенно снизить уровень загрузки двух наиболее загруженных мостов через Даугаву – Вантового и Каменного и, как следствие, прилегающих к ним улиц на 35%-40%. Внедрение этого сценария дает также хорошие результаты с точки зрения изменения средней скорости движения по сети и среднего времени движения между зонами.

**3. Пример использования микроскопической модели транспортного узла.** Микроскопическая модель транспортного узла мост Славу – улица Маскавас – улица Краста (далее СМК) была разработана в 2007 в рамках европейского проекта LOGON [8]. В связи с проектом Южного моста через р. Даугава предусматривалась тотальная перепланировка данного узла с использованием многоуровневых развязок. Такая микромодель может служить инструментом анализа предложенной топологии транспортного узла и инструментом поддержки принятия решения по изменению начального архитектурного решения (справедливости ради отметим, что данная модель использовалась уже после утверждения архитектурного решения).

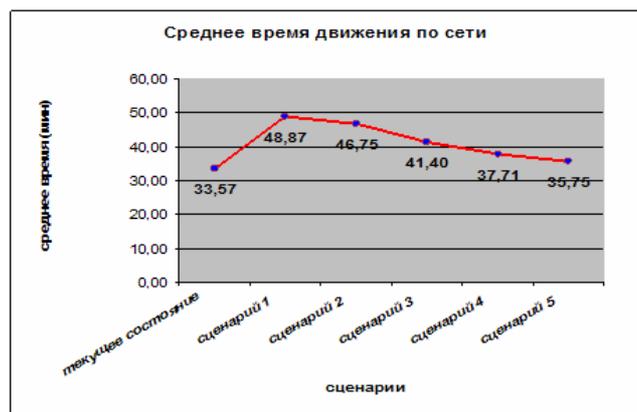
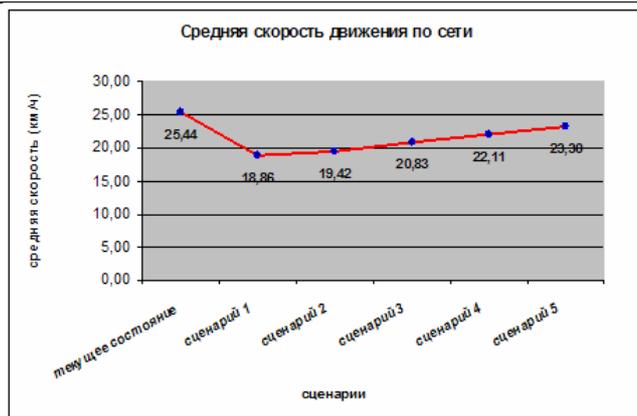


Рис. 5. Оценка средней скорости движения по сети и среднего времени перемещения по сети для различных сценариев развития транспортной инфраструктуры г. Риги

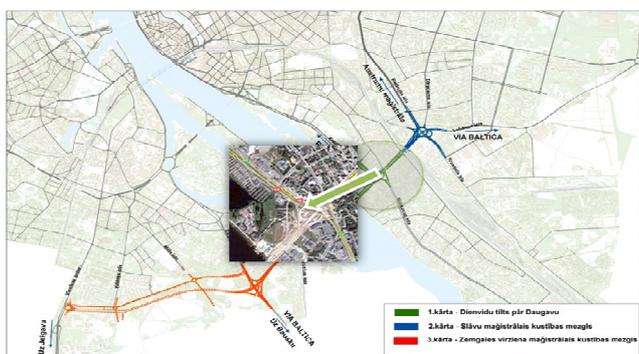


Рис. 6. Объект моделирования

Используя информацию о планируемой инфраструктуре, прогнозе интенсивности и структуре транспортного потока, была разработана микроскопическая модель. Модель разрабатывалась в пакете имитационного моделирования PTV VISION VISSIM [6]. Результаты прогона имитационной модели выявили несколько узких мест данного транспортного узла. Выявленные узкие места транспортной развязки показаны на рис. 7.

Один из важнейших показателей, который может анализироваться в системе DSS для транспортного планирования на базе результатов микроскопической модели – это уровень сервиса (LOS). Для данного примера уровень сервиса критического узла изменился с класса F на класс A (является наилучшим согласно Intersection Capacity Utilization) [9]. Так как на сегодня транспортное планирование требует обязательного анализа планируемых изменения на экологию, была предусмотрена оценка на модели и группы показателей экологического характера. При предлагаемом решении выбросы в атмосферу вредных веществ уменьшаются на 18%.

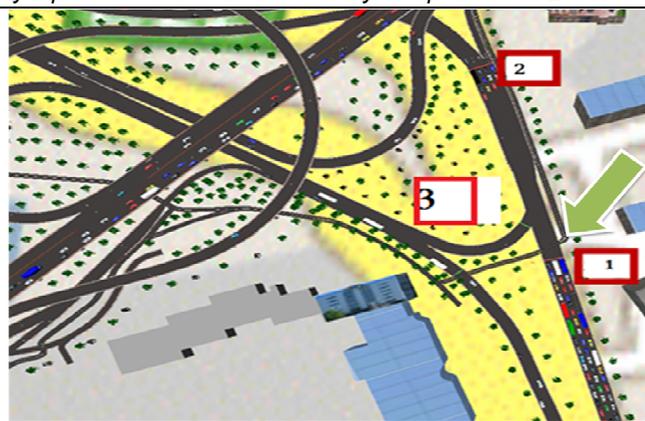


Рис. 7. Выявленные проблемные зоны транспортной развязки

Основная проблемная зона находится в точке 1 (рис. 7) и связана со светофорным управлением. Светофор в этой точке предназначен для пешеходов и является основной причиной затора. Логична ликвидация светофорного управления (вариант AR). Результаты прогнозов данного варианта по сравнению с базовым (вариант BR) представлены на рис. 8.

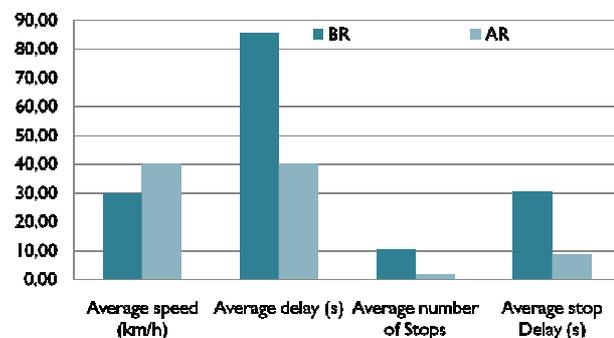


Рис. 8. Сравнение характеристик до и после предложенных изменений

### Заключение

- Итак, были представлены примеры использования различных классов транспортных моделей в процессе поддержки принятия решений в градостроительстве. Наличие нескольких классов моделей позволяет эффективно покрыть все уровни принятия решений, начиная с оперативного и заканчивая стратегическим уровнем. В результате использования описанных выше моделей ответственным лицом может принимать решение на базе качественных и количественных результатов моделирования, что должно повысить качество и эффективность принимаемых решений.
- На сегодняшний день недостатка программного обеспечения для разработки транспортных моделей на микро- и макроуровне нет. Существующие решения сложились исторически и развиваются синхронно с фундаментальными исследованиями в области анализа транспортных потоков. В качестве систем для макроскопического моделирования можно назвать следующие программные решения: PTV VISION VISUM, EMME/2, CUBE TRIP, STAN. Систем для микромоделирования транспортных потоков гораздо больше, перечислим лидеров в этой области: PTV VISION VISSIM, AIMSUN, PARAMICS, CORSIM.
- Наиболее проблематичным с точки зрения построения моделей является сбор и обработка статистических данных об объекте исследования. Основной проблемой в макроскопических моделях является получение матрицы корреспонденций и статистических данных по транспортным районам. Получение этих данных требует проведения полноценных и ежегодных обследования домашних хозяйств и обследования мобильности населения. Данные для микроскопических моделей являются более доступными, но также требуют проведения обследования, однако оно носит более локальный характер и менее трудоемко.

- С другой стороны микроскопические модели и макроскопические модели могут взаимно дополнять друг друга входными данными, что делает их использование более гибким и менее затратным с точки зрения сбора статистических данных.
- DSS для транспортного планирования, построенная на базе имитационных моделей, позволяет улучшить эффективность процесса принятия решений в транспортном планировании с помощью поддержки решений на всех его фазах.
- Примеры использования макроскопических моделей можно найти в [10,11,12], а примеры микроскопических моделей - в [13].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [http://www.its.dot.gov/icms/docs/knowledgebase/html/news\\_winter08.htm](http://www.its.dot.gov/icms/docs/knowledgebase/html/news_winter08.htm)
2. Kutz M. "Handbook of transportation engineering", McGraw-Hill Professional. 2004. – 1000 p.
3. Burghout W. "Hybrid microscopic-mesoscopic traffic simulation" Doctoral Dissertation Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2004.
4. Juan de Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen. Transport Modelling. 3-rd edition. – Wiley: NY, 2005. – 499 p.
5. Vortisch P. "Use of PTV software in the traffic management center (VMZ) Berlin: Presentation on 11<sup>th</sup> PTV user's group meeting" Berlin, 2001.
6. <http://www.english.ptv.de>, Официальный сайт компании PTV

7. План развития Риги на 2006–2018 год – [http://www.rdpad.lv/att\\_plan\\_izpetes/](http://www.rdpad.lv/att_plan_izpetes/)
8. I.Yatskiv, E.Yurshevich, M.Savrasov. "Practical aspects of modelling in the transport node reconstruction in Riga", 23<sup>rd</sup> European Conference on Modelling and Simulation (ECMS 2009), 2009. – Madrid, Spain. – P. 295–300.
9. ICU2003 <http://www.trafficware.com/assets/pdfs/ICU2003.pdf>
10. I, Yatskiv, M. Savrasov "Riga-Minsk transport corridor simulation model development". 9<sup>th</sup> International Conference, Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 2009.-394-403 lpp.
11. M.Savrasovs, "Development of Liepaja city macroscopic model for decision-making". Transport and Telecommunication, 2007, Volume 8, No 2. – P. 38–46.
12. I.Yatskiv, A. Medvedev, M. Savrasov. "Analysis and Forecast of the Urban Public Transport Flow in Jurmala City". 7<sup>th</sup> International Conference, Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 2007. – P. 79–93.
13. I.Yatskiv, E.Yurshevich, M.Savrasov. "Investigation of Riga Transport Node Capacity on the Basis of Microscopic Simulation", 21<sup>st</sup> European Conference on Modelling and Simulation (ECMS 2007), 2007, Prague, Czech Republic. – P. 584–589.

Материал поступил в редакцию 05.11.09

#### YACKIV IRINA, SAVRASOV MICHAEL, YURSHEVICH ELENA Use of transport models during support acceptance of the decisions

In the article examples of using different transport model classes in the process of decision making in townbuilding were presented. Presence of several model classes allows to cover all levels of decision making from operational to strategic level. In the result of using these models one could take a decision on the base of qualitative and quantitative modeling results, which should elevate quality and effectiveness of accepted decisions.

УДК 539.293

**Паращук В.В., Беляева А.К., Баранов В.В., Телеш Е.В., Русаков К.И.,  
Vu Doan Mien, Vu Van Luc, Pham Van Truong**

## ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОАДГЕЗИОННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МОЩНЫХ ДИОДНЫХ ЛАЗЕРОВ

**Введение.** Мощные лазерные диоды и лазерные диодные решетки (линейки), излучающие световую мощность от единиц до десятков и сотен ватт в непрерывном режиме, требуют интенсивного отведения тепла от активной области полупроводниковой гетероструктуры. Как показано в настоящей работе, в качестве эффективных теплопроводящих оснований для лазерных диодов могут быть использованы кристаллы алмаза – как природного, так и синтетического. Теплопроводность алмаза принадлежит к его наиболее выдающимся свойствам и в несколько раз превышает теплопроводность всех других твердых материалов – металлов, полупроводников и диэлектриков [1, 2], в том числе меди, которая наиболее часто используется для монтажа лазерных диодов. При этом использование синтетических монокристаллов алмаза предпочтительнее природных ввиду их меньшей стоимости при тех же процессах обработки. Ранее сообщалось о перспективности алмазных технологий для

других полупроводниковых приборов [3, 4].

Вместе с тем, сверхтвердые материалы, к которым относится алмаз, представляют собой вещества с устойчивыми электронными конфигурациями атомов, химически инертные по отношению к большинству металлов и припоев. В качестве компонентов, обладающих адгезионной активностью к алмазу, должны использоваться металлы с высоким химическим сродством к углероду, причем предпочтительнее такие, которые образуют с этим элементом соединения, обладающие "металлической" межатомными связями и металлическими свойствами (хром, титан, ниобий, цирконий, тантал, молибден, вольфрам). Разработка технологии создания высокоадгезионных металлических покрытий алмаза представляет собой важную проблему, во многом еще не решенную.

Согласно данным наших предварительных исследований, эффективность алмазных теплопроводящих оснований (АТО) определя-

**Паращук Валентин Владимирович**, ведущий научный сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.

**Беляева Ада Казимировна**, научный сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.

Беларусь, 220072, г. Минск, пр. Независимости, 68, e-mail: v\_shchuka@rambler.ru.

**Баранов Валентин Владимирович**, д.т.н., профессор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

**Телеш Евгений Владимирович**, преподаватель Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Беларусь, БГУиР, 22013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.

**Русаков Константин Иванович**, профессор кафедры физики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Vu Doan Mien**, к.ф.-м.н. (Ph.D), доцент (assoc. prof.), заведующий лабораторией полупроводниковых лазеров (Head of Laboratory of semiconductor lasers), Institute of Materials Science, Vietnamese Academy of Science and Technology, Hanoi.

**Vu Van Luc**, к.ф.-м.н. (Ph.Sc.), ведущий научный сотрудник, доцент (assoc. prof.), Institute of Materials Science, Vietnamese Academy of Science and Technology, Hanoi.

**Pham Van Truong**, научный сотрудник лаборатории полупроводниковых лазеров (scientist), Institute of Materials Science, Vietnamese Academy of Science and Technology, Hanoi.