

ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 64 за 2007 г.



ISSN 2071-2898 (Print) ISSN 2071-2901 (Online)

Г. Г. Малинецкий, В.В. Семёнов

Дорожное движение в контексте фундаментальных исследований

Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International



Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Малинецкий Г. Г., Семёнов В.В. Дорожное движение в контексте фундаментальных исследований // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2007. № 64. 29 с.

https://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2007-64



Г.Г. Малинецкий, В.В. Семенов

Дорожное движение в контексте фундаментальных исследований

Препринт №

Москва

Ордена Ленина ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ им. М.В. Келдыша Российской академии наук

Г.Г. Малинецкий, В.В. Семенов

ДОРОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Москва 2022

КИДАТОННА

Приведены результаты системного анализа проблем дорожного движения в России и Москве привлечением обширного статистического материала по рискам дорожного движения.

Работа выполнена как часть проекта «Разработка основных элементов комплексной системы научного мониторинга и прогнозирования природных, техногенных и природно-техногенных рисков чрезвычайных ситуаций. Создание моделирующего стенда комплексной системы научного мониторинга и прогнозирования природных рисков чрезвычайных ситуаций» в рамках Государственной программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года».

Результаты данной работы докладывались на круглом столе «Технические факторы безопасности дорожного движения», который проходил 19 сентября 2007 года в г. Дмитрове на испытательном полигоне ФГУП «НИЦИАМТ».

Georgy G. Malinetsky, Vladislav V. Semyonov The vehicular traffic as a problem in the fundamental science

ABSTRACT

The results of the system analysis at vast statistics basis for the vehicular traffic risk in Russia and Moscow are presented.

This work was executed as a part of the project "Development of basic elements for the complex scientific system of the natural emergency and man-caused risk forecasting and monitoring. The simulation test bench making for the complex scientific system of the natural emergency and man-caused risk forecasting and monitoring" in the frame of the State Program "Decreasing the risks and the natural emergency and man-caused fatal consequence reduction in Russian Federation till 2010".

The results of the work were reported on the round-table discussion "Technical factors of vehicular traffic safety" on September 19, 2007 at the vehicular testing area in Dmitroy.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №05-01-00852-а, №06-06-80503-а, №07-01-00618-а, №07-06-00330-а, 07-06-06001-г, №07-06-06045-г) и РГНФ (проекты №05-03-03188-а, №06-03-00355-а)

Содержание

Введение	4
Риски гибели и травматизма людей	4
Перегруженность транспортной системы Москвы и городов России	8
Что может дать наука в решении проблем?	13
Выводы	26
Литература	27

Введение

На первый взгляд проблема дорожного движения кажется тривиальной, состоящей из понятных ключевых подпроблем:

- Рисков гибели и травматизма людей.
- Перегруженности транспортной системы Москвы и ряда городов России.
- Планирования развития города и его транспортной системы.

К сожалению, на самом деле все обстоит гораздо сложнее. В этой работе мы показываем, что проблема дорожного движения является комплексной и системной.

Риски гибели и травматизма людей

По данным Всемирной Организации Здравоохранения [1], транспортные травмы представляют собой очень серьезную проблему для общественного здравоохранения и социального развития.

Ежедневно в мире погибает на дорогах более 3 тыс. человек.

Ежегодная статистика выглядит как сводка с поля боя:

- в России ежегодно погибает более 35 тыс. человек и более 200 тыс. остаются инвалидами;
- в мире ежегодно погибает 1,2 млн. человек от происшествий на дорогах и 50 млн. становится инвалидами.

Из всех систем, с которыми людям приходится сталкиваться повседневно, системы дорожного движения являются наиболее сложными и наиболее опасными. Прогнозы показывают, что эти цифры увеличатся примерно на 65% за последующие 20 лет, если не будут предприняты эффективные меры по предупреждению аварий.

Приоритеты рисков

Давайте посмотрим, какие существуют угрозы и от чего люди чаще всего гибнут (рис. 1) [22].

Количество погибших в чрезвычайных ситуациях в 2005 году (по данным Государственного доклада МЧС РФ)

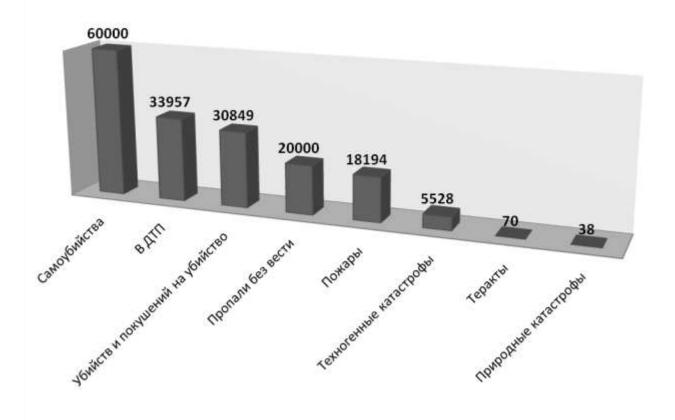


Рис. 1. Место дорожно-транспортных происшествий среди других чрезвычайных происшествий

В прессе часто пишут о терроризме, но в среднем в России от террористической угрозы гибнет 70 человек. Угроза человеческой жизни со стороны землетрясений, наводнений, засух и т.п., то есть от природных рисков имеет тот же масштаб. На воде тонет примерно 15 тысяч, в пожарах примерно 18 тысяч. А вот на дорогах гибнет около 35 тысяч человек в год.

Мировой рейтинг дорожной смертности

Давайте посмотрим, где место России в мировом пространстве (рис. 2) [4].

Число погибших в ДТП за 10 лет (в расчете на 1 млн. человек)

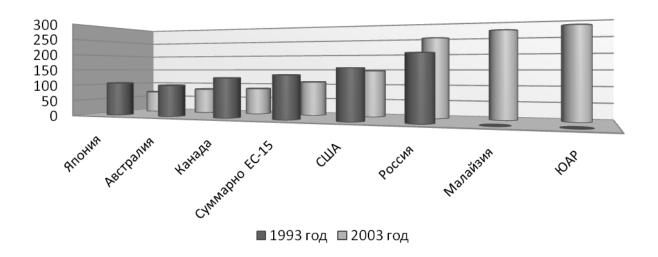


Рис. 2. Рейтинг дорожной смертности

Россия занимает в нем третье место, но, к сожалению, с конца. По опасности дорожного движения нас обогнала Малайзия и Южно-Африканская Республика.

Из диаграммы на рис. 2 видно, что имеет место крайне опасная тенденция: все развитые страны резко увеличили безопасность на своих дорогах, а в России — ситуация обратная. Поэтому российское состояние безопасности дорожного движения представляется не только не терпимым, но и ухудшающимся.

Следующая диаграмма показывает, кто из участников дорожного движения более всего рискует (рис. 3) [12].



Рис. 3. Сравнение рисков разных видов передвижения

Очевидно - пешеходы рискуют значительно больше, чем водители. Еще больше, чем пешеходы рискуют мотоциклисты.

Следующая диаграмма показывает, сколько средств требуется на ликвидацию последствий транспортных аварий (рис. 4) [2].

Расходы на ликвидацию последствий аварий на пассажиро-

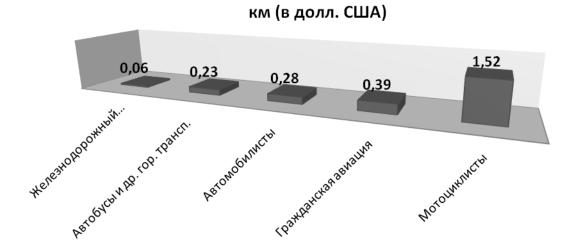


Рис. 4. Затраты на устранение последствий аварий

Здесь картина немного другая. Но мотоциклы также убедительно лидируют.

Скорость и алкоголь – основные факторы риска на дорогах

Есть некоторые универсальные факторы, которые роднят нас со всем миром. Они показывают, насколько возрастает риск при увеличении скорости дорожного движения и насколько он возрастает при увеличении содержания алкоголя в крови (рис. 5) [2].

Сравнение риска попадания в аварию в результате превышения скорости и в аварию, произошедшую в результате опьянения

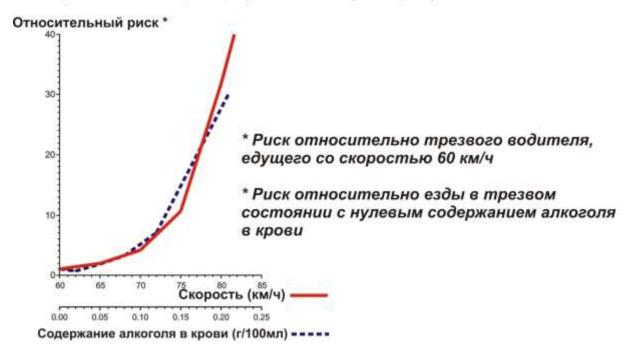


Рис. 5. Скорость и алкоголь - основные факторы риска на дорогах Эта ситуация характерна для всего мира.

Перегруженность транспортной системы Москвы и городов России

В 2003 году 21 % москвичей считали, что одна из главных проблем Москвы – это пробки и проблемы дорожно-транспортного движения. По данным опроса, проведенного весной 2007 года таковых стало 56 % (рис. 6).

Соцопрос жителей Москвы (в %): «Самая важная проблема – транспортные заторы»

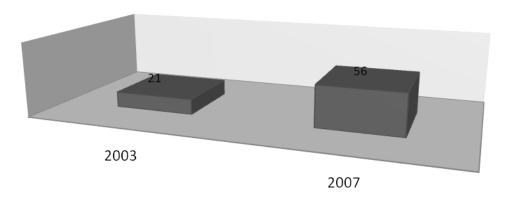


Рис. 6. Перегруженность транспортной системы Москвы А теперь давайте посмотрим на Москву подробнее (рис. 7) [5].



Рис. 7. Сравнение генпланов и реального состояния

В советские времена машин было мало, т.е. дороги были недогружены. Начиная с 1990-х годов произошел резкий рост числа машин. По сути, мы имеем дело с тихой революцией (см. рис. 8).

Рост числа машин в Москве 350 300 250 250 150 100 50 1970 1985 2000 2007

Рис. 8. Рост числа машин в Москве

По графику видно, что машин становится больше, больше и больше. По существу, идет неконтролируемый рост.

О Москве в цифрах

10% всего автомобильного парка России – это Москва.

В Москве зарегистрировано примерно 3,5 миллиона транспортных средств и одновременно движутся по улицам города более 350 тысяч.

Москва — это бурно растущий мегаполис¹. 40 % всего строительства в России — это вновь Москва. Поэтому московские проблемы, на самом деле, являются не общими проблемами. Они являются исключительно сложными и специфическими проблемами.

Дороги – беда России

Причем - беда не субъективная, потому, что их не умеют строить. Это объективная беда. Европейская норма, связанная с причинами разрушения дорог — 6 замерзаний-размерзаний в год. В средней полосе России — 50 замерзаний-

¹ Общеизвестное понятие мегаполиса является искажением слова «мегалополис». Последнее является термином, введенным французским географом Жаном Готтманном (1915-1994), опубликовавшего в 1961 г. классическое исследование урбанистического ареала северо-востока США (Gottmann Jean.Megalopolis. The Urbanised Northeastern Seaboard of the United States.Cambridge Mass., MIT Press, 1961).

размерзаний в год. То есть, Россия в области дорог находится в экстремальной ситуации.

Москва – болевая точка России

Москва — это особая болевая точка, потому что ей досталась феодальная структура города (рис. 9). В Москве есть город-крепость, есть Садовое кольцо, есть Кремль, а далее - спальные кварталы [5].

Москва в 30-е годы планировалась как город, рассчитанный в основном на общественный, а не на личный транспорт.



Рис. 9. Кольцевая структура Москвы

В таких условиях городское движение работает как гигантский маятник: с утра - все в центр, вечером – все из центра.

Очевидно, эта проблема не решается на уровне ГИБДД. Это расплата за те решения, которые были сделаны в градостроении Москвы более 70 лет назад.

Москва на фоне столиц мира

Давайте сравним нашу столицу с другими столицами и мегаполисами мира. Обратим внимание, насколько Москва больше Чикаго, Нью-Йорка, Лондона, Парижа (см. рис. 10).

Плотность населения в мировых мегаполисах, чел./га (по данным www.irn.ru)

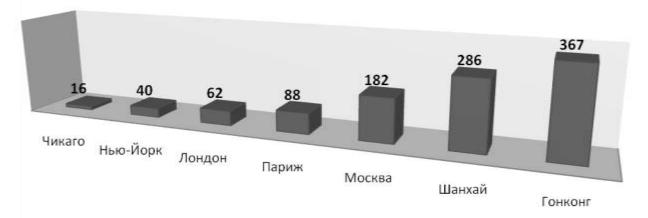


Рис. 10. Сравнение плотности населения столиц мира

По плотности населения мы находимся рядом с Шанхаем и Гонконгом. В этой ситуации каждый гектар московской земли должен рассматриваться серьезно и отдельно. Точечная застройка и масса других импровизаций, которые делаются вне генерального плана, при такой плотности застройки недопустимы. Здесь действительно требуются системные решения.

Mempo

Автомобильный транспорт нельзя рассматривать сам по себе. Как правило, перелет между аэропортами занимает 1,5 часа, а дорога из аэропорта домой - 3 часа.

Москву в этом отношении спасает метро. Однако уже сейчас Москва находится в предынфарктном состоянии. Метро в Москве перегружено примерно на 30% (см. рис. 11).



Рис. 11. Московское метро перегружено на 30%

По существу, чтобы решить задачи, связанные с транспортным движением, нужно решать массу проблем, связанных с метро. Причем метро также должно развиваться форсировано.

ЧТО МОЖЕТ ДАТЬ НАУКА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА?

Мы все обычно просим денег для той или иной программы. Но дело не в деньгах. На самом деле у нас очень много денег. Каждый рубль, вложенный в прогноз чрезвычайных ситуаций и каждые 10 рублей, вложенных в их предупреждение, позволяют сэкономить 100 рублей, которые нужно было бы вложить в ликвидацию последствий уже произошедших бед (см. рис. 12).

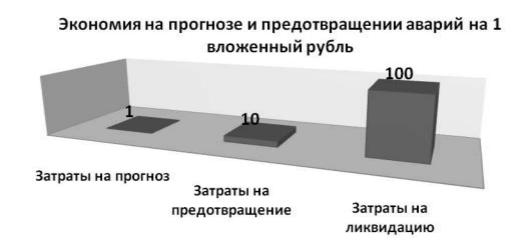


Рис. 12. Отдача денежных средств, вложенных в прогноз и предотвращение

По существу, вкладывать в прогноз и предупреждение исключительно выгодно. Это способ сэкономить огромные деньги.

Наука о транспортных потоках

Проблемы дорожного движения в мире сейчас рассматриваются как важнейших задач фундаментальной науки. Американские исследователи говорят: «Мы сейчас больше знаем о возникновении вселенной, чем о возникновении пробок на дорогах». Это задача, которую американцы рассматривают как одну из приоритетных фундаментальных научных задач. К сожалению, в России ситуация иная.

Вообще говоря, транспортная наука родилась именно в России. В 1912 году первые исследования — пионерские - были выполнены в России профессором Г.Д. Дубелиром².

Следующая веха – 1955 год, первая математическая модель транспортного движения.

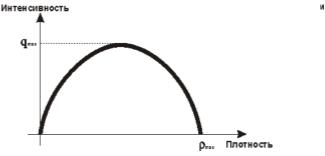
А с начала 90-х годов, лидерство держат Соединенные Штаты Америки. Огромные государственные программы направлены на построение и имитационное моделирование транспортных потоков, для того чтобы ими управлять.

Современное состояние этой науки показывают следующие графики (рис. 13).

Его первые работы относятся к электротранспорту, городским дорогам и планировке городов. Основные труды посвящены проектированию и эксплуатации автомобильных дорог. Под его руководством впервые систематизированы требования к проектированию дорог с учётом взаимодействия автомобиля и дороги, составлены первые технические условия на сооружение автомобильных дорог и мостов (1938). Разработал нормы стока с малых бассейнов для расчёта малых мостов и труб.

² Григорий Дмитриевич Дубелир [20.8(1.9).1874, Петербург, - 10.9.1942, Янгиюль Ташкентской области], советский учёный, специалист в области дорожного строительства. В 1898 окончил Институт путей сообщения в Петербурге. Профессор этого института (1916-30), Ленинградского автодорожного института (1930-40), Московского автодорожного института (с 1941).

Теоретическая идеализация Лайтхилла-Уизема Эмпирическая диаграмма (автотрасса A 43 в Германии)



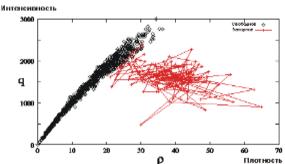


Рис. 13. Отличие реальных и идеализированных параметров транспортного потока

Когда дороги свободные, то вообще говоря, зависимость между плотностью автомобилей и потоком такая, как показана слева (рис. 13). Это описывает в частности классическая модель Лайтхилла-Уизема.

При построении модели были приняты следующие допущения [15]:

- транспортный поток непрерывен, его плотность ho(x,t) есть число машин занимающих единицу длины дороги;
- величина потока q(x,t) равна числу машин пересекающих черту х за единицу времени, определяется локальной плотностью ρ :

$$q = Q(\rho) \tag{1}$$

- скорость потока равна $V(\rho) = \frac{Q(\rho)}{\rho}$, т.е. средняя скорость является функцией плотности $V(x,t) = V_e(\rho(x,y))$;
- на участке дороги без съездов-въездов количество машин сохраняется (7).

Основное уравнение модели имеет вид:

$$\rho_t + c(\rho)\rho_t = 0, (2)$$

где $c(\rho)=Q'(\rho)=V_{e}(\rho)+\rho V'_{e}(\rho)$ - скорость распространения возмущений.

Справа на рис. 13 показана реальная немецкая трасса А 43 [6].

Новая парадигма

Как видно из рисунка 13, используемое теоретическое приближение слишком далеко от истинной ситуации. Анализ теории транспортных потоков позволил придти к следующему заключению:

Парадигма XX века	Парадигма XXI века
Пустые дороги – естественное состоя-	Переполненные дороги – естествен-
ние, заторы – отклонение от нормы.	ное состояние движения по улицам
Исследуется переход от свободного	города.
движения к заторному движению.	Исследуется переход от затора к свободному движению.

Минимальная модель новой парадигмы транспортных потоков – очередь машин.

В новой парадигме реализована модель нерегулируемого пересечения главной (№1) и второстепенной (№2) дорог демонстрирует наблюдаемое в реальности быстрое образование заторов [14].

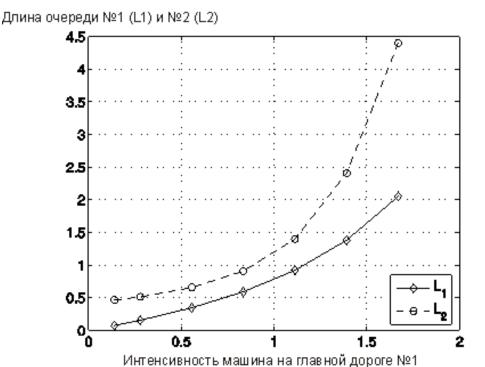


Рис. 14. Отличие реальных и идеализированных параметров транспортного потока

Поскольку система является несимметричной, то есть автомобили первой дороги обладают приоритетным преимуществом на проезд через пересечение по сравнению с автомобилями второй дороги, рост интенсивности движения на первой (приоритетной) дороге практически не вызывает образование и рост очереди на главной дороге. Иными словами, увеличение интенсивности поступления транспортных средств на первой (приоритетой) дороге практически не влияет на очередь, тогда как рост интенсивности на второй (второстепенной) дороге приводит к образованию очереди и быстрому ее увеличению при значениях близких к величине предельной пропускной способности. Заметим, что в Москве подобную ситуацию можно часто наблюдать на нерегулируемых участках въезда на МКАД.

Состояние проблемы в России и мире

Для того чтобы моделировать транспортные потоки нужна вся мощь суперкомпьютеров, нужны новые алгоритмы, нужен мониторинг. К сожалению, эти вопросы сейчас перед Академией наук просто не поставлены. Мы делаем вид, что этой проблемы как существенной, глубокой и интересной фундаментальной научной задачи, просто не существует.

Хочется также обратить внимание вот на какую иллюзию. Помните слова Интернационала: «... никто не даст нам избавления, ни бог, ни царь и не герой...». У нас принято уповать, либо на Совет безопасности, либо на бога, либо на доброго царя. К сожалению, наука убедилась, что там, где дело касается дорожного движения, роста городов, организация имеет очень небольшую роль. Гораздо более важна самоорганизация. Города растут по своим законам: вы принимаете какие-то административные решения, но какие-то из них выполняются, которые соответствуют законам самоорганизации, а какие-то - нет. Аналогично – с дорогами.

На каком уровне сейчас решаются эти проблемы в мире? На каком уровне их сейчас надо было бы решать в России? Вот пример. В Соединенных Штатах Америки для управления транспортными потоками в крупных городах создана система имитационного моделирования (рис. 15) [7].

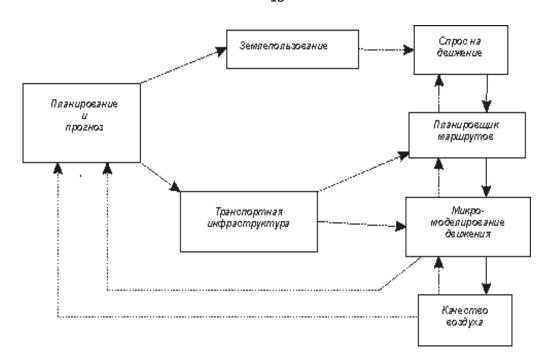


Рис. 15. Структурная схема программного комплекса TRANSIMS

В эту систему включен не только транспорт. Здесь есть землепользование, загрязнение, спрос на движение, планирование маршрутов, моделирование движения и качество воздуха. Это тот уровень, на котором сейчас должны бы решаться транспортные проблемы. В некоторых городах одновременно работают до 7-ми таких систем, потому что это крайне ответственная вещь. Движение — это либо миллиардные прибыли, либо — миллиардные убытки.

К сожалению, нужно сказать следующее: наши попытки заинтересовать этим Министерство внутренних дел, другие ведомства, Минтранс остались безуспешными. У нас опять есть упования на либо строгие штрафы, либо на технические средства. Однако решение многих проблем движения не связано с техникой, оно связано со стратегией. Со стратегией развития общества.

«Вся Швейцария»

Еще система, которая тоже должна быть построена в России. Это уже европейский пример - Швейцария (рис. 16) [8].

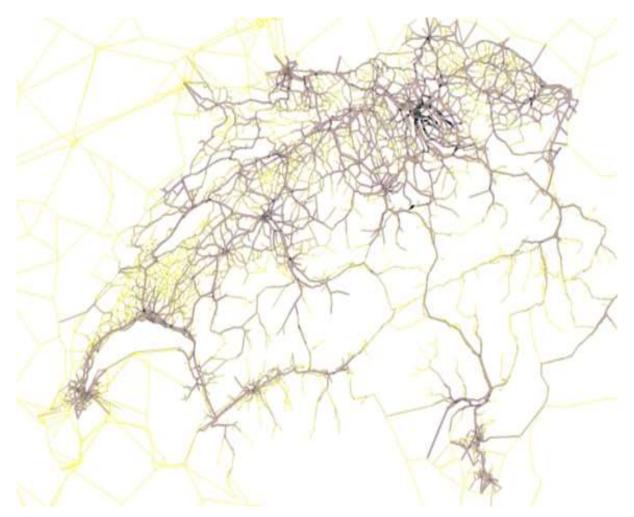


Рис. 16. Модель транспортного потока Швейцарии в 8.00 утра

Швейцария в реальном режиме времени моделирует транспортные потоки во всей Швейцарии. Обратите внимание, они прогнозируют, где у них будут пробки (черный цвет на рис. 15) и, исходя из этого, управляют дорожным движением в оперативном режиме. У нас есть и научный потенциал, и суперкомпьютеры и исследователи, и соответствующие технологии. Иными словами - у нас все есть. Все, кроме желания чтобы проблемы транспортного движения были по-настоящему решены в Москве и в России.

Сравнение Москвы

Мы так любим свой город, что его не любим его сравнивать ни с чем. Однако давайте все-таки проведем небольшое сравнение Москвы и Парижа. Черты сходства Москвы и Парижа - рис. 17.

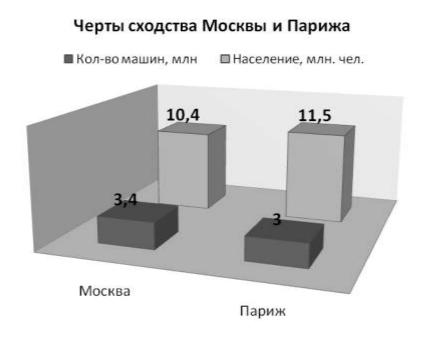


Рис. 17. Черты сходства

Это примерно такое же количество машин — по 3 миллиона. Примерно такое же количество населения — по 10 миллионов. Это то, чем Москва похожа на Париж.

А теперь - черты различия (см. рис. 18).



Рис. 18. Черты различия

Как видно из диаграммы, в Москве действительно имеет место инфраструктурный кризис и Москве действительно необходимы серьезные и неотложные меры.

Человеческий фактор

Приведем пример Боготы, столицы Колумбии [9]. Она имеет «московскую» кольцевую дорожную структуру. Казалось бы, в ней должна быть масса пробок. Но в реальности их нет. Почему?

Когда ученые Колумбийского университета посмотрели, как водят машины в Боготе, выяснилось, что масса вопросов может быть снята, если учесть темперамент водителей.

Иерархия городов

Следует заметить, что Москва находится на территории России, но не наоборот (рис. 19) [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

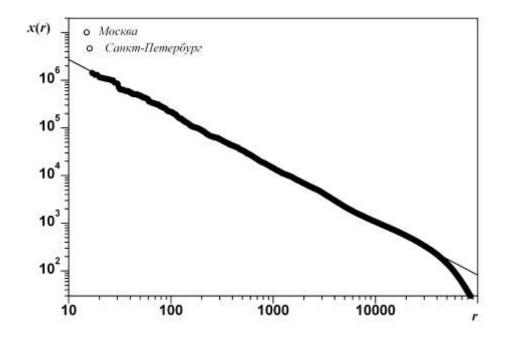


Рис. 19. Диаграмма ранг-размер 43 тысяч населенных пунктов России

Сейчас мы имеем дело с парадоксальной ситуацией. Если по одной оси отложить численность населения, по другой — ранг города — первый, второй, третий, четвертый и т.д. (рис. 18), то в нормальной, согласованной, гармонично развитой стране все населенные пункты ложатся на одну прямую. В России на одну прямую ложатся 43 тысячи населенных пунктов, и выпадают только два — Москва и Санкт-Петербург.

Грубо говоря, две наши столицы живут в ином пространстве. Для них нужны иные решения. Иными словами, единых решений для всей России нет.

Давайте обратим внимание на города-спутники России. Как говорят, «Хорошо у нас в Обнинске. У нас только одна проблема - тяжелый пригород — Москва». 70% работающих в Обнинске ездят на работу в Москву. Аналогично в массе городов-спутников. Поэтому масса проблем будет решаться, если Москва, согласованно действуя с областью, будет думать о рабочих местах на месте жительства людей.

Важным направлением решения проблем перегруженности является поиск путей сокращения транспортного трафика, например, путем создания виртуальных офисов, виртуальных институтов, развития электронной системы покупки авиа и железнодорожных билетов и т.д.

Теория эволюции транспортных сетей

Профессор С.А.Тархов (Институт географии РАН) показал, что транспортные сети различных видом сухопутного транспорта обладают способностью к саморазвитию. Сетям разных видов сухопутного транспорта присущи два вида изоморфизма [11]:

- топологический сети они состоят из однотипных элементов и компонентов;
- временной одинаковая последовательность стадий усложнения и упрощения структуры, одни и те же процессы сетеобразования и сетеразрушения.

Закономерности строения и эволюции сетей не зависят от охватываемой территории и характера сетей.

На рисунке 20 (воспроизведен с [11]) показан пример роста сети железных дорог Финляндии (1862 – 2000 гг.).

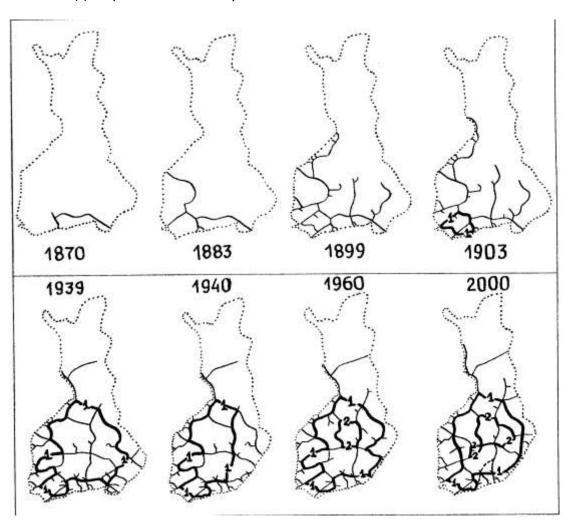


Рис. 20. Рост сети железных дорог Финляндии

Комментарии к рисунку 19:

- 1 линии железных дорог;
- 2 строящиеся линии Хельсинки-Лахта-Миккели;
- 3 и 4 внешние границы 1-го и 2-го топологических ярусов (подробнее см. в [11 12]);
- 5 государственные границы.

Разработанная проф. С.А.Тарховым теория может быть использована [11]:

- при проектировании развития транспортных систем;
- при оценке последствий развития транспортных сетей;
- для определения приоритета транспортного строительства;
- для идентификации топологических дефектов в структуре транспортных сетей и предложение путей их устранения.

Пример реализации научно технического проекта для МЧС

Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ всерьез занялось рисками бедствиями, катастрофами. Понимая, что от локальных сиюминутных мер зависит немногое, они заказали в Институте прикладной математики и ряде других институтов комплексный моделирующий стенд (рис. 21, воспроизведен с [13]).

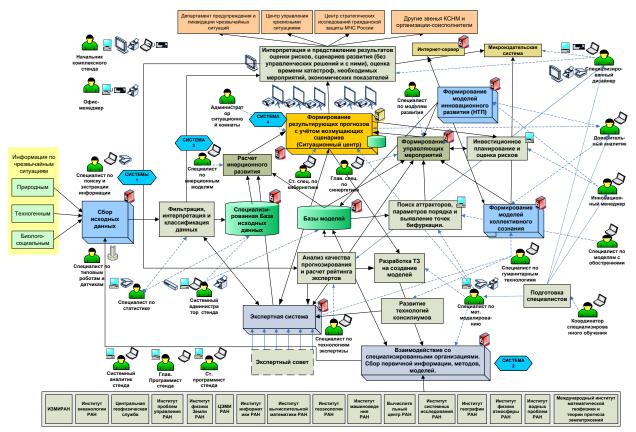


Рис. 21. Комплексный стенд научного мониторинга и прогнозирования рисков для МЧС РФ

Этот стенд не действует в режиме реального времени, но он показывает, как меняются риски, как меняются угрозы, и это все во многих случаях позволяет принимать обоснованные решения и на основе научного анализа выдвигать крупные, значимые инициативы.

Сделать то же самое для транспортного движения и в регионах, и в Москве, на наш взгляд, совершенно необходимо.

Выводы

Лимит возможности руководить, как руководится, и идти неизвестно куда, не строя ни социализма, ни капитализма, уже исчерпан. Чтобы принимать сиюминутные оперативные решения нам нужно видеть дальнюю перспективу. Сейчас Москва расхлебывает те ошибки, которые были заложены примерно 60 лет назад. Так, например, сейчас в России в тяжелом, близком к аварийному, состоянии находится 50 водохранилищ. Эта проблема тоже была заложена почти полвека назад.

Сегодня только комплексные меры и помощь заинтересованных крупных государственных и муниципальных транспортных организаций может помочь в выработке и реализации мер по систематическому осуществлению комплексного мониторинга параметров и условий дорожного движения в Москве и области, сбору и анализу данных мониторинга с помощью моделирующего стенда и поддержке решений по оперативному управлению, а также выработке экспертных оценок решений по развитию города, его дорожной сети, управлению дорожным движением.

Сейчас было бы крайне важно начать двигаться в верном направлении, понять, куда мы хотим придти и, исходя из этого, начать принимать правильные решения. Для корабля, порт приписки которого неизвестен, нет попутного ветра. Мы надеемся, что совместными усилиями, мы сможем увидеть наш порт приписки. Потенциал и Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН и других научных организаций Академии в полной мере может быть использован для анализа и решения этого круга проблем.

Литература

- 1. World Report on Road Traffic Injury Prevention. World Health Organization, 2004, www.who.int/violence_injury_prevention.
- 2. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма, ВОЗ, 2004.
- 3. Государственный доклад МЧС России, 2005 г.
- 4. М. Блинкин, А. Сарычев, Монетизация вечных ценностей, Forbes, октябрь, 2005, с. 92 95.
- 5. Журнал «Вещь», № 4, 2006, с. 3 10.
- 6. Nagel K., Wagner R., Woesler R. Still flowing: Approaches to traffic flow and traffic jam modeling. 2003.
- 7. K. Nagel, S. Rasmussen, C. Barrett, Network Traffic as a Self-Organized Critical Phenomena, 1996.
- 8. K. Nagel, Cellular Automata Models for Transportation Applications, http://portal.acm.org/citation.cfm?id=647299.721134.
- 9. Компьютерра, № 26 27 (550-551), 20 июля 2004 г., с. 16.
- 10.Нелинейность в современном естествознании/ Сборник статей под ред. Г.Г. Малинецкого. М: УРСС, 2008 (в печати).
- 11.С.А. Тархов, Пространственные закономерности эволюции транспортных сетей, Автореферат, 2002.
- 12.С.А. Тархов Эволюционная морфология транспортных сетей. М.: Институт географии АН СССР, 1989. 221 с.
- 13.Малинецкий Г.Г., Митин Н.А., Шишов В.В., Отоцкий П.Л., Ткачёв Н.В., Кузнецов Е.П., Десятов И.В., Науменко С.А., Зульпукаров М.Г. М., Бурцев М.С., Подлазов А.В., Кузнецов И.В., Киселев М.И., Чивилёв Я.В., Серебряков Д.С., Иванов О.П., Ахромеева Т.С., Посашков С.А., Экспериментальный стенд Комплексной системы научного мониторинга. Структура и функции. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, № 47, 2007.
- 14.Семенов В.В. Математическое моделирование транспортного потока на нерегулируемом пересечении, // Математическое моделирование, 2007 (принято к печати).

15.Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны // М.: Мир, 1977.