

М.Я. БЛИНКИН, Е.М. РЕШЕТОВА

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ НОВАЦИИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РУБЕНА СМИДА В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ РЕАЛИЙ

Блинкин Михаил Яковлевич, ординарный профессор, научный руководитель ФГРП НИУ ВШЭ, директор Института экономики транспорта и транспортной политики ФГРП НИУ ВШЭ; Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 11, тел.: +7 (495) 772-95-90*12375

E-mail: mblinkin@hse.ru

Решетова Екатерина Михайловна, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра экономики транспорта Института экономики транспорта и транспортной политики ФГРП НИУ ВШЭ; Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 11, тел.: +7 (495) 772-95-90*12378

E-mail: emreshetova@hse.ru

В статье проводятся сопоставления современных российских транспортных проблем (реалий, новаций) с результатами исследований классика английской и мировой транспортной науки Рубена Джейкоба Смиды, получившими широкую академическую и публичную известность в 40–60-х годах прошлого века.

Произведена оценка соответствия ретроспективных и актуальных российских данных о смертности в ДТП «закону Смиды», определяющему статистическую связь между уровнем автомобилизации населения и социальными рисками. На этой основе, в рамках базовой гипотезы Смиды о «транспортном самообучении нации», оценена степень успешности этого процесса в России в 1990–2018 гг.

Проведена оценка баланса спроса/предложения на ресурсы пропускной способности улично-дорожной сети города с применением «модели Смиды–1966»; при этом подтверждена валидность этой модели в планировочных и трафиковых условиях современной Москвы.

Проанализированы основные инструменты активного управления спросом на автомобильные поездки в рамках понятия «Road Pricing», введенного в научный оборот в Отчете Смиды-1964. Произведена оценка эффективности, целесообразности и особенностей их применения в крупных городах России.

Ключевые слова: транспорт; автомобилизация; транспортные риски; социальные риски; пропускная способность; улично-дорожная сеть; управление спросом; road pricing

Цитирование: Блинкин М.Я., Решетова Е.М. (2019) Институциональные новации и математические модели Рубена Смиды в свете современных российских транспортных реалий // Городские исследования и практики. Т. 4. № 1. С. 43–63. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp41201943-63>

Введение

Рубен Джейкоб Смед¹ (1909–1976) — известный британский ученый середины XX в., признанный лидер обширного сегмента мировой науки, изучающего мобильность городов, а также цену, которую горожане платят (вынуждены или должны платить) за это благо. Он был первым профессором по специальности «Traffic Studies»² в истории University College

¹ Reuben Jacob Smeed (1909–1976).

² Исследование движения транспортного потока.

London³, автором легендарного отчета «The Smeed Report on Road Pricing»⁴, кавалером ордена CBE⁵; в его память была учреждена премия Смида для наиболее успешных молодых ученых в сфере транспортных исследований и т. д. Тексты профессора Смида, посвященные проблемам безопасности дорожного движения, городскому транспортному планированию, реформированию системы платежей за пользование автомобильными дорогами, стали научной классикой, определившей ряд конкретных правительственных решений (как в Великобритании, так и за ее рубежами), а также ход дальнейших научных дискуссий по главным направлениям обозначенных предметных областей.

Имя и труды Рубена Смида хорошо известны в России; он поддерживал профессиональные и дружеские связи с профессором В.Ф. Бабковым — крупнейшим русским ученым в области проектирования автомобильных дорог и безопасности дорожного движения; по приглашению Бабкова в 1970 г. Сמיד посетил Москву и прочел публичную лекцию в техническом университете МАДИ.

Идеи транспортной политики, предложенные Р. Смидом, приобрели особую актуальность в России в 2000–2010 гг., по мере достижения российскими городами рубежей автомобилизации населения, пройденных развитыми странами мира в 1960–1970-е гг., то есть в период наибольшей творческой и публичной активности британского классика.

Объект исследования — идеи и модели транспортной политики, сформулированные Смидом.

Задачи исследования

Апробация теоретических основ транспортной политики, сформулированных Р. Смидом в середине XX в., в современных российских условиях:

— убывание транспортных рисков по мере роста автомобилизации населения. Подтверждение этого положения фактическими данными зарубежных стран и Российской Федерации в зависимости от уровня автомобилизации населения;

— оценка потенциальной вместимости улично-дорожной сети города или городского центра на основании «формулы Смида» 1966 г. на примере территорий г. Москвы;

— применение непосредственных платежей за пользование автомобильными дорогами (все виды платежей и сборов, так или иначе связанных с автомобильными поездками по улично-дорожной сети городов и внегородским автомобильным дорогам) в качестве компенсации ущерба, наносимого транспортными средствами на примере г. Москвы.

В ходе исследования авторы ставят задачу определить валидность и значимость выдвинутых Смидом положений в современных российских условиях, а также, опираясь на расчеты с использованием моделей английского ученого, предложить решения, учитывающие современные транспортные и урбанистические реалии нашей страны.

§ 1. Хронологически первым из череды трудов Рубена Смида, получивших мировую известность, стала его статья 1949 г., посвященная поискам статистических связей между уровнем автомобилизации населения и смертностью в дорожно-транспортных происшествиях [Smeed, 1949]. В ней автор проанализировал взаимосвязи двух названных показателей по 20 странам мира, располагавших накануне Второй мировой войны значительным автомобильным парком. Он пришел к выводу, что транспортные риски, исчисленные по количеству погибших в ДТП в расчете на 10 тыс. автомобилей (Transportation Risks, *TR*), убывают по мере роста автомобилизации населения гиперболическим образом:

$$TR=3(ML/1000)^{-\frac{2}{3}},$$

где *ML* — количество автомобилей на 1000 жителей.

Два подгоночных параметра этой модели были вычислены по статистике указанных стран за 1936–1938 гг. Один из них задавал динамику убывания транспортных рисков, второй — обо-

3 Лондонский университетский колледж.

4 Отчет Смида о платежах за пользование автомобильными дорогами.

5 The Most Excellent Order of the British Empire, CBE — рыцарский орден, учрежденный королем Георгом V 4 июня 1917 г.

значил планку, к которой транспортные риски должны были бы стремиться в некотором отдаленном будущем: не более трех погибших на 10 тыс. автомобилей.

Много позже, в конце 1980-х годов, профессор Джон Адамс подтвердил исходную гипотезу Смиды на базе новейших к тому времени фактических данных различных стран мира. Кроме того, Адамс, приняв во внимание тот факт, что по мере развития транспортной статистики в развитых странах уровень транспортных рисков стали измерять количеством погибших в ДТП в расчете на 100 млн автомобиле-километров пробега, констатировал, что замена аргумента в модели Смиды не разрушает исходную гипотезу: транспортные риски, исчисленные на единицу суммарного пробега, снижаются по мере роста автомобилизации населения. Исходя из этого, Адамс назвал функцию Смиды «кривой национального самообучения» (National Learning Curve)⁶ [Adams, 1987].

Модель Смиды с удивительной для простой эмпирической модели точностью подтверждалась фактическими данными десятков стран мира в течение более чем 50 лет, вплоть до первого десятилетия XXI в. Весьма поучительно сопоставить с исходными данными за 1938 г., использованными в статье Р. Смиды, российские данные за 1980–2005 гг., то есть за период, когда уровень автомобилизации населения России находился в диапазоне значений графика Смиды (рис. 1).

Легко видеть, что точки, соответствующие показателям Российской Федерации за 1980–2005 гг., практически идеальным образом ложатся на исходный график Смиды. Так что здесь российская тенденция мало чем отличается от аналогичных тенденций, наблюдававшихся в те или иные периоды в иных странах мира [С. Koren, A. Borsos, 2010].

К настоящему времени базовая гипотеза Смиды утратила валидность для ряда развитых стран мира, в которых автомобилизация населения (ML) практически не растет (иногда даже падает), в то время как транспортные риски (TR) продолжают снижаться, причем не к уровню «трех единиц», а к значениям ниже единицы.

Причина очевидна: Р. Смед, так же как и его коллеги в середине прошлого века, закономерно ориентировались на институты (практики, механизмы) обеспечения безопасности дорожного движения, характерные для ранних стадий развития автомобилизации, а также на возможности автомобильной техники своего времени. Напомним, что вся «довоенная» статистика Смиды определялась, наряду с прочими объективными факторами, еще и качествами старинных автомобилей, соответствующих категориям С «Vintage» и D «Postvintage» по классификации FIVA⁷.

В то же время для стран «поздней» (или «догоняющей») автомобилизации закон Смиды сохраняет крайне важное значение в качестве условной мировой линии, по отношению к которой оцениваются успехи/неудачи страны в деле «национального самообучения», включая, разумеется, освоение наиболее продвинутых институций (практик, механизмов) обеспечения безопасности дорожного движения. Для России, как и для других стран «догоняющей автомобилизации», сравнение с кривой Смиды осуществляется для определения успеха (или неуспеха) в деле транспортного самообучения.

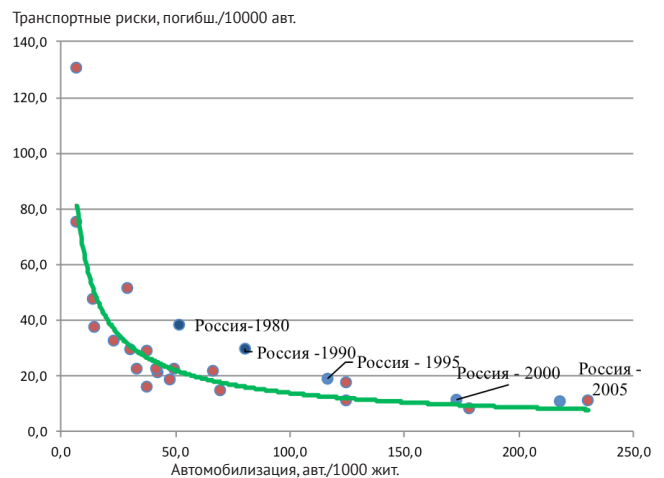


Рис. 1. Закон Смиды и реальные данные по 20 странам (1938 г.) и России за период 1980–2005 гг.

Источник: [Smeed, 1949], данные Росстат, расчеты авторов.

6 Кривая национального самообучения.

7 Federation Internationale des Vehicules Anciens, FIVA – Международная федерация владельцев старинных автомобилей.

- Если координатные точки транспортных рисков по мере роста автомобилизации находятся выше кривой Смида, то отношение нации к гибели людей на дорогах следует считать вполне амбивалентным, а национальное самообучение — заведомо неэффективным.
- Если те же точки лежат в разумно узком коридоре от кривой Смида, то национальное самообучение в целом соответствует среднемировым тенденциям. При этом отступления от кривой Смида в ту или иную сторону обуславливаются особенностями национального менталитета.
- Если те же точки находятся радикально ниже кривой Смида, то процесс национального самообучения следует признать успешным и, соответственно, автомобилизированное сообщество уверенно идет по пути «Towards Zero»⁸.

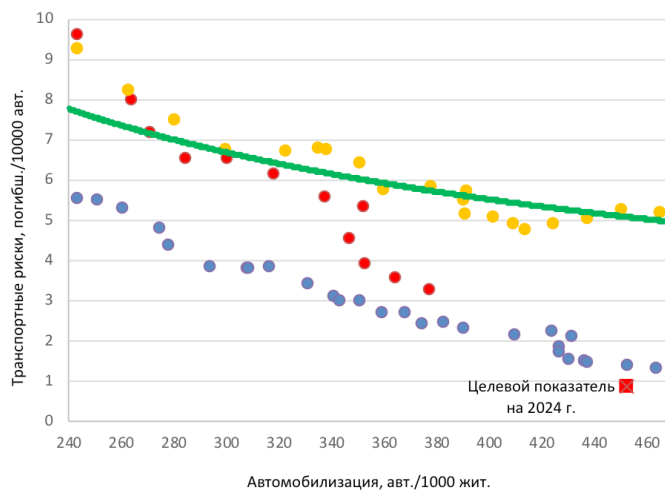


Рис. 2. «Закон Смида» (зеленая линия); транспортные риски в США в 1946–1958 гг. (желтые точки); в Великобритании в 1979–1992 гг. (синие точки); в России в 2007–2018 гг. (красные точки), плюс — целевой показатель на 2024 г.

Источник: IRTAD⁹, Росстат, Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», расчеты авторов.

Как показано на рис. 2, транспортные риски в России снижаются по мере роста автомобилизации в примерном соответствии с общим мировым трендом; начиная с 2011 г. — лучше мирового тренда. При этом весьма любопытно сопоставить российские данные последних лет с аналогичными данными по США и Великобритании за те годы, когда уровень автомобилизации населения этих стран находился в том же диапазоне значений < 240 — 380 >, что и в России в 2007–2018 гг. В США это период пришелся на 1946–1958 гг., в Великобритании — на 1970–1993 гг.

Как видим, координатные точки, соответствующие современным российским данным, расположены на графике строго между последовательностями точек США 60-летней давности и точек Великобритании 40-летней давности.

⁸ «К нулю». Имеется в виду к нулевому значению показателя смертности в ДТП, принятому в рамках концепции нулевой смертности на дорогах — Vision Zero. Это шведская программа по повышению безопасности дорожного движения и снижению смертности в ДТП, утвержденная в октябре 1997 г. Базовым принципом программы является недопустимость дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом. Данный принцип еще называют принципом «нулевой терпимости», согласно которому нельзя относиться к смертям на дороге как к неизбежному злу, связанному с автомобилизацией.

⁹ The International Traffic Safety Data and Analysis Group, IRTAD — постоянная рабочая группа по безопасности дорожного движения в рамках Международного транспортного форума (International Transport Forum). База данных IRTAD собирает и агрегирует международные данные о ДТП (прежде всего, о ДТП с человеческими жертвами), а также о численности, структуре и пробегах парка автомобилей.

Адамс в упомянутой выше статье объяснял такую особенность следующим образом: «Большинство транспортных средств, используемых в 1980 г., были произведены после 1966 г. Это утверждение особенно справедливо для большинства стран третьего мира, где высоки как темпы роста численности автомобильного парка, так и показатели аварийности. Тем не менее в странах третьего мира, использующих современные транспортные средства, впитавшие в себя 80-летнюю технологию безопасности, показатели смертности на дорогах, приведенные к численности парка автомобилей, столь же высоки или даже выше, чем в Великобритании и США в начале XX в., в эпоху Model T Fords.

В этом бесспорно верном суждении следует только внести правки в даты и модели автомобилей с учетом времени, прошедшего после публикации Адамса. В самом деле, абсолютное большинство автомобилей, эксплуатируемых в настоящее время в России, — это «современные транспортные средства, включающие в себя 100-летнюю технологию безопасности». Тем не менее, когда они эксплуатируются в России, показатели смертности в ДТП в расчете на 10 тыс. автомобилей находятся примерно на том же уровне, как в США в эпоху Cadillac Series 62 (Third Generation)¹⁰, и заметно хуже, чем в Британии эпохи Range Rover («Classic»)¹¹.

Другими словами, «выигрыш», полученный нами за счет многолетних инновационных достижений мирового автопрома, мы «перекрываем» весьма скромными успехами по части освоения продвинутых институций (практик, механизмов) обеспечения безопасности дорожного движения.

Как бы то ни было, координатные точки России опустятся ниже рубежа Смиды, то есть менее трех погибших на 10 тыс. автомобилей, в ближайшие годы. Однако возникает вопрос: насколько вероятен выход России на уровень безопасности дорожного движения, достигнутый сегодня в развитых странах, то есть на показатели транспортных рисков порядка единицы (не более одного погибшего на 10 тыс. автомобилей)?

В российских официальных документах¹² в качестве директивной цели предусмотрен выход на уровень социальных рисков (Social Risk, SR) — не более 4 погибших на 100 тыс. жителей и выход на нулевую смертность в ДТП к 2024 г. Транспортные и социальные риски связаны соотношением:

$$TR=100* \frac{SR}{ML} .$$

Прогнозная автомобилизация населения России на 2024 г. оценивается на уровне 450 автомобилей на 1000 жителей. Соответственно, директивная цель по транспортным рискам составляет на 2024 г. 0,9 единицы против 3,27 по факту 2018 г. Как показано на *рис. 2*, эта отметка находится на уровне показателей Великобритании образца 1998 г., достигнутых при сопоставимом уровне автомобилизации населения.

Заметим, что в Великобритании рубеж 4 погибших на 100 тыс. жителей был пройден к 2009 г., к 2017 г. этот показатель снизился до уровня 2,7 единицы. В США (в условиях рекордного в мире уровня автомобилизации населения — свыше 850 автомобилей на 1000 жителей) показатель социальных рисков составляет порядка 12 единиц, что несколько лучше, чем в России в 2017 г., но радикально хуже, чем целевая установка для России в 2024 г.

В *табл. 1* представлены фактические и прогнозные данные по социальным рискам в России и ряде стран — мировых лидеров в сфере безопасности дорожного движения.

10 Cadillac Series 62 представляет собой серию автомобилей, которые производились корпорацией Cadillac с 1940 по 1964 г.

11 Range Rover Classic — полноприводный, среднего размера внедорожник; производился первоначально корпорацией Rover (затем Land Rover) с 1970 по 1996 г. На протяжении большей части своей истории он был известен как «Range Rover». Оба названных автомобиля обладали показателями пассивной и активной безопасности, отражающими лучшие инновационные достижения своего времени.

12 Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Таблица 1. Социальные риски в странах мира: фактические данные и официальные прогнозы

Страна	Фактические данные						Прогноз Еврокомиссии (двукратное снижение от базы 2010 и 2020 г.)/ целевые показатели, опреде- ленные Указом Президента РФ		
	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2020	2024	2030
Швеция	9,1	6,7	2,8	2,7	2,5	3,2	1,4		0,7
Великобритания	9,4	6,1	3,0	2,8	2,8	2,7	1,6		0,8
Нидерланды	9,2	7,3	3,9	3,7	3,1	3,0	1,8		0,9
Германия	14,2	9,1	4,5	3,9	3,9	4,0	2,3		1,15
Ирландия	13,6	11,0	4,7	3,9	3,3	2,9	2,4		1,2
Испания	23,3	14,4	5,3	4,0	3,9	3,9	2,7		1,35
Россия	24,0	20,1	18,6	13,9	13,0	12,4	10,9	4,0	0,0

Источник: International Transport Forum. Road Safety Annual Report 2011, European Commission – Fact Sheet: 2016 road safety statistics, European Commission – Fact Sheet: 2017 road safety statistics, Росстат.

Фактические и прогнозные данные по социальным рискам в ряде стран — мировых лидеров в сфере безопасности дорожного движения демонстрируют, что снизить более высокие значения социальных рисков до рубежа 3–4 единиц возможно в среднем за 15–20 лет. Такой же временной интервал требуется для снижения показателя с 3–4 случаев до рубежа менее 1.

До рубежа 3–4 погибших на 100 тыс. населения социальные риски снижаются более высокими темпами, 2–6% в год. После этого темпы снижения смертности значительно замедляются. При всей популярности лозунга “above zero”, сокращение социальных рисков до нулевой отметки относится скорее к области благих пожеланий. В связи с этим большинство стран из числа лидеров мирового рейтинга безопасности дорожного движения, где рубеж социальных рисков, характерных для России в настоящее время, был преодолен еще на рубеже 1990–2000-х гг., не считают реалистической целью выход на отметку социальных рисков менее 1.

В российских же условиях для достижения целевого показателя — 4 единицы — остается всего 5 лет и еще 6 лет для снижения социальных рисков до 0, что несколько напоминает популярный советский лозунг 1960-х гг. «Догнать и перегнать наиболее развитые капиталистические страны...».

При этом в целевых программных документах по безопасности учитываются преимущественно мероприятия инженерного обустройства дорог и административно-управленческой практики, но не учитываются такие значимые институты и практики, как, например:

- внедрение стандартов «грамотного, ответственного и дружелюбного транспортного поведения» в том виде, как они складывались в лучших зарубежных практиках: постоянной готовности уступить дорогу, неуместности агрессивной манеры вождения или произвольного маневрирования, доставляющего неудобства другим участникам движения, четкому соблюдению очередности при слиянии потоков и т. д. и т. п. [Cummins, 2003];
- критически важное для безопасности дорожного движения значение фактора равенства прав и ответственности всех пользователей автомобильных дорог (эгалитаризм) вне зависимости от должностного и имущественного статуса;
- перенос акцентов в сферу навыков, умений и психологии водителей, их адекватных поведенческих установок.

Отставание России в развитии институтов автомобилизации, формирующих транспортное поведение российских водителей, полностью нивелирует весь выигрыш, получаемый от импортированных образцов и норм в сфере автомобильной техники, инженерного обустройства дорог и административно-управленческой практики, а также от средств управления и контроля движения.

Таким образом, установленные для России сроки слишком сжаты с точки зрения международного опыта и существующего уровня смертности. Исходя из сопоставлений с мировым опытом, реальные целевые показатели для России могут составить порядка 6,5 на 2024 г. и в самых оптимистических предположениях — 3 на 2030 г.

§ 2. В цикле работ, опубликованных в 1960-х гг. [Smeed, 1961; 1966], Р.Д. Смида сделал попытку сопряжения категорий математической теории транспортного потока с категориями, принятыми в науке и практике “City Planning”. Такое сопряжение позволило ему дать вполне надежные оценки потенциальной вместимости улично-дорожной сети города в целом или же городского центра в частности. Ключевую роль в его вычислениях играл параметр “the fraction of the ground area devoted to roads”¹³, f . В современных публикациях, в частности в документах United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), этот же параметр именуют Land Allocated to Streets (LAS)¹⁴, или же Street Area Percentage (SAP)¹⁵, [Litman, 2018]. Термин «процент территории под улицами» использовался также в русских нормативных документах и научных публикациях первой половины XX в. [Дубелир, 1912; Левченко, 1947; Поляков, 1953; 1965]. В более поздний период этот ключевой параметр выходит из употребления и заменяется малоинформативным показателем «плотность улично-дорожной сети», измеряемый в километрах дорог, приходящихся на 1 кв. км городской территории.

В статье Р.Д. Смида отмечено, что число транспортных средств, которые могут свободно циркулировать в течение часа в центральном деловом районе города, составляет:

$$\approx (33 - 0,003 \cdot v^3) \cdot f \cdot A^{1/2},$$

или, поскольку скорость движения обычно находится в диапазоне от 5 до 20 миль в час, находится в границах между $6 \cdot f \cdot A^{1/2}$ и $33 \cdot f \cdot A^{1/2}$,

где f — доля площади улиц и дорог в центральном деловом районе; A — общая площадь земельного участка центрального района.

Мы применили формулу Смида–1966 к московскому центральному району — фрагменту территории города, ограниченной Садовым кольцом — магистральной улицей протяженностью 15,6 км, конфигурация которой близка к идеальной окружности. Площадь этой территории составляет 19,37 кв. км, то есть примерно равна современной лондонской Congestion Charge Zone (21 кв. км).

Показатель f (или LAS) для этой территории является рекордно высоким по российским меркам и составляет 0,18. Дело в том, что центральная часть Москвы унаследовала (хотя бы в частичной мере!) планировочные параметры досоветского времени¹⁶. Кроме того, в результате многочисленных реконструкций 1930–1980-х гг. проезжая часть магистральных улиц московского центра была расширена за счет сноса или передвижки ряда капитальных строений, а также ликвидации разделительных газонов. Современные показатели российских городов в целом радикально ниже, в пределах 8–10%.

Расчеты по формуле Смида–1966 [Smeed, 1966], проведенные в диапазоне скоростей, характерных для часов пик, дают результаты, представленные в табл. 2. Для сравнения с реальными московскими данными приведены также значения средней плотности транспортного потока на каждом из условных однополосных однокилометровых лотов. Количество таких лотов определяется исходя из площади улично-дорожной сети в пределах Садового кольца — 3 486 988 м² ($= A \cdot f = 19 372 156 \cdot 0,18$), а также средней ширины полосы движения (w). Указанная величина находится в пределах от 3,75 м (непосредственно на Садовом кольце) до 3,0–3,25 м — на улицах, расположенных в пределах кольца. Приняв среднее значение $w \approx 3,25$, мы насчитаем в пределах Садового кольца ≈ 1070 условных однополосных однокилометровых лотов.

¹³ Доля земельных участков, отведенных под дорожную сеть.

¹⁴ Land Area in Streets and Roads (LAS), сейчас чаще Land Area in Roads (LAR) — показатель, отражающий долю площади улиц и дорог в общей площади селитебной территории населенного пункта.

¹⁵ Процент территории под улицами.

¹⁶ Строительный Устав Российской империи не содержал прямых указаний по этому вопросу, однако уже в конце XIX в. российские планировщики ориентировались на 30-процентную норму LAS «для средних условий». См. [Дубелир, 1912].

Таблица 2. Результаты расчетов по формуле Смиды-1966 для центра Москвы в пределах Садового кольца

Средняя скорость, км/час	Расчетное (по формуле Смиды-1966) количество автомобилей, циркулирующих в пределах Садового кольца	Расчетная плотность транспортного потока авт./км
24	59 913	56,0
25	56 544	52,8
26	52 894	49,4
27	48 952	45,7
28	44 707	41,8
29	40 148	37,5
30	35 264	33,0

Источник: расчеты авторов.

На рис. 3 представлены диаграмма «плотность–скорость», соответствующая данным из табл. 2, а также реальные усредненные показатели плотности и скорости транспортного потока, рассчитанные на основе данных фото-, видеофиксации.

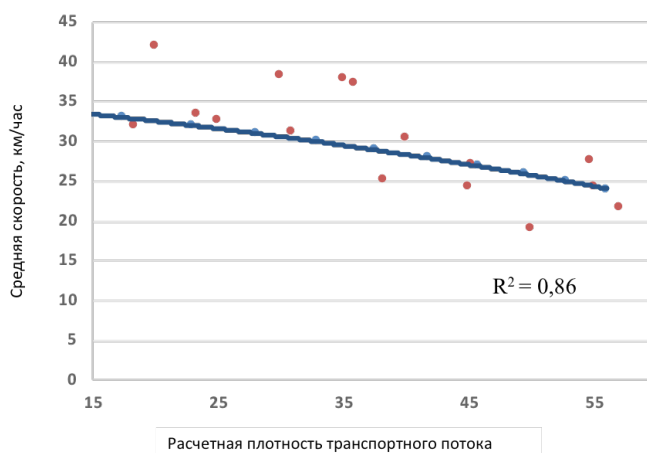


Рис. 3. Сравнение реальных данных с диаграммой «плотность–скорость»¹⁷, построенной на основе формулы Смиды–1966

Источник: расчеты авторов.

С учетом эскизности исходной модели Смиды, построенной полвека назад для городов с принципиально иными планировочными характеристиками, соотношение фактических данных с моделью можно считать вполне удовлетворительным.

Режим пропускной способности достигается при плотности потока DEN_{opt} порядка 35–40 автомобилей на 1 км одной полосы движения. Соответственно, исходя из заданного количества лотов (1070 единиц), на рассматриваемом фрагменте улично-дорожной сети одновременно может передвигаться при сохранении устойчивого равновесия трафика порядка 38–42 тыс. автомобилей.

При этом количество автомобилей, циркулирующих на улично-дорожной сети московского центра, ограниченного Садовым кольцом, заметно превышает эту рациональную норму.

¹⁷ Диаграмма «плотность–скорость», как и ее прямое следствие – диаграмма «плотность–интенсивность», называемая «основной диаграммой транспортного потока», сыграла важную роль в обосновании выводов знаменитого Отчета Смиды (Smeed Report), к которому мы обратимся ниже.

В условиях неустойчивого равновесия многочисленные московские видеоредакторы регистрируют здесь до 50–55 тыс. автомобилей, подтверждая тем самым незримое присутствие британского ученого в современной Москве.

В развитие обозначенной темы проведем расчет тех же показателей для улично-дорожной сети Москвы в ее «старых» административных границах, действовавших до 2012 г., то есть по контуру МКАД (протяженностью 108,9 км).

Расчет трафика по формуле Смиды 1966 г., жестко привязанной к специфике центральных деловых районов города, здесь не проходит. В любом CBD (Central Business District), включая московский, потоки распределены более-менее равномерно. В то же время в кейсе «Москва в пределах МКАД» (в отличие от кейса Садового кольца) мы обязаны учесть фактор неравномерности, в первую очередь характерные для Москвы (и для многих прочих городов) центростремительные потоки «периферия–центр» в утренние часы пик.

Площадь улично-дорожной сети в старых границах Москвы (f^*A в терминах Смиды) составляет 101,7 млн кв. м¹⁸; соответственно московское значение $LAS \approx 0,09$, что радикально меньше показателей, рекомендованных как в старинных русских руководствах [Дубелир, 1910], так и в современных документах [UN-Habitat, 2013]. Приняв среднее значение $w \approx 3,5$ (несколько больше, нежели в центре города), мы насчитаем на территории города $\approx 29\,060$ условных однополосных километровой лотов.

В целях учета естественной неравномерности распределения трафика по сети примем гипотезу, что распределение количества автомобилей, находящихся на однополосном километровой лоте, является Пуассоновским с параметром λ , значение которого — заведомо двузначное число. В этих условиях Пуассоновское распределение идеально аппроксимируется нормальным распределением со сдвигом λ и $\sigma = \sqrt{\lambda}$. Тогда условие гарантированного невысечения оптимального количества автомобилей на 1 км одной полосы движения запишется уравнением:

$$\lambda + 3\sqrt{\lambda} \leq \text{DEN}_{\text{opt}}.$$

Для принятого выше значения $\text{DEN}_{\text{opt}} = 35$ (соответственно 40) имеем $\lambda = 21,2$ (соответственно 25,0).

В этих предположениях имеем $F_{\text{cap}} \approx 616–726$ тыс. автомобилей, что вполне корреспондируется с данными московского Центра организации дорожного движения, получаемыми по результатам ежедневного аппаратного мониторинга.

Обе названные цифры крайне скромны по сравнению с 8 млн автомобилей с московской, подмосковной и иной регистрацией, которые формируют спрос на ресурсы столичной улично-дорожной сети¹⁹. Имеет место радикальный дисбаланс спроса/предложения ресурсов улично-дорожной сети города. Баланс спроса/предложения достигается при условии одновременного выезда на улично-дорожную сеть всего-то 8–9% автомобильного парка города.

При выходе спроса на рубеж хотя бы 12–15% (или же снижении пропускной способности еще на те же 4–6 процентных пункта) в городе наступает реальный транспортный коллапс.

Если ли шансы на перемены к лучшему?

В текущем десятилетии в Москве реализуется грандиозная (даже по мировым меркам) программа дорожного строительства. Инвестиционная емкость программы составляла до 250 млрд руб. в год; трассировочные и проектные решения были, как правило, хорошо продуманными и вполне эффективными. Были реконструированы основные магистрали, обеспечивающие въезд-выезд из города, заметно улучшены показатели связности улично-дорожной сети, ликвидирована значительная часть сетевых узких мест. При этом среднегодовой прирост суммарной площади сети (f^*A в терминах Смиды) составлял 1,0–1,5% против 3–5% ежегодного прироста автомобильного парка. В этих условиях трудно ожидать сдвига в лучшую сторону макроэкономического баланса спроса/предложения.

18 Пояснительная записка к проекту закона города Москвы «О бюджете города Москвы на 2020 год и плановый период 2021 и 2022 годов».

19 По данным ГИБДД в 2019 г. количество зарегистрированных машин в Москве и области составляет 7,7 млн автомобилей. Это только те транспортные средства, которые зарегистрированы москвичами, тогда как в будни количество транспорта в городе существенно возрастает за счет приезжих из регионов.

В качестве примера оценим размер инвестиций, необходимых для увеличения LAS города Москвы на один процентный пункт, то есть с отметки 0,09 до 0,1 (с 9 до 10% застроенной территории города).

Площадь УДС Москвы составляет 101,7 млн кв. м, выход на отметку $LAS = 0,1$ потребовал бы прироста сети на 11,3 млн кв. м, то есть почти на 3 магистральных участка, размером с МКАД.

Среднемировые цены строительства городских магистральных дорог находятся в диапазоне \$ 3,6–6,3 млн²⁰ на 1 км одной полосы движения. Соответственно, цена 1 кв. м прироста площади проезжей части составляет \$ 960–1680²¹.

Таким образом, стоимость прироста LAS на один процентный пункт составила бы \$10,8–19 млрд.

В этих условиях город вынужден прибегнуть к инструментам активного управления спросом, прежде всего к инструментам “Road Pricing”²², вопрос о практическом применении которых впервые был поставлен профессором Смидом и его британскими коллегами в середине прошлого века.

§ 3. В цикле работ, суммированных в знаменитом Отчете Смида [*Smeed, 1964*], английский классик обратился к вопросу введения непосредственных платежей за пользование автомобильными дорогами (“Road Pricing”).

Впервые эту идею выдвинул сэр Алан Уолтерс: “...economic welfare would be increased if road use, perceived as a “free” good, were charged for...”²³ Им же был сформулирован фундаментальный принцип: «Пользователь автомобильных дорог должен оплатить расходы, понесенные другими лицами по факту его автомобильных поездок» [*Walters, 1961*].

«Отчет Смида» стал результатом работы Комитета по реформированию системы платежей за пользование автомобильными дорогами (Road Pricing Committee), учрежденного премьер-министром сэром Алексом Дугласом–Хьюмом. В этом отчете идея Алана Уолтерса получила официальный статус и была доведена до определенной экономико-математической конкретики. В перечень расходов, обозначенных Уолтерсом, были включены: бюджетные расходы на строительство, ремонт и содержание (в том числе освещение) автомобильных дорог; социальные издержки, связанные с транспортной и экологической безопасностью; цена времени, которое теряют прочие участники дорожного движения по мере снижения скоростей сообщения, обусловленного ростом загрузки дорог.

В более позднем отчете [*Road Pricing Feasibility Study, 2004*] появились дополнительные позиции, отражающие практики, нарабатанные в 1980–2000-х годах: компенсация ущерба, наносимого автомобильным дорогам грузовыми автомобилями с высокой осевой нагрузкой; компенсация расходов частных компаний — участников ГЧП-проектов по сооружению платных автомобильных дорог.

Формально говоря, категория «Road Pricing» включает в себя все виды платежей и сборов, так или иначе связанных с автомобильными поездками по улично-дорожной сети городов и внегородским автомобильным дорогам.

В эту категорию входит традиционная, общепринятая в большинстве стран мира система целевых платежей за это благо, построенная на топливных акцизах и прочих налогах и сборах, привязанных к владению и использованию автомобилем как таковым. Традиционная система целевых платежей во многих зарубежных странах, в том числе в Великобритании, успешно справляется с покрытием бюджетных расходов на строительство, ремонт и содержание улично-дорожной сети городов и внегородских автомобильных дорог. Та же традиционная система в ряде случаев включает в себя экологически окрашенные платежи.

К категории «Road Pricing» относятся также:

— сборы за проезд по платным дорогам и мостам;

— сборы за километр пробега грузовых автомобилей с высокой осевой нагрузкой в рамках систем типа HGВ Road User Charging Schemes, к которым относится, в частности, отечественная система «Платон»;

20 Решетова Е.М. (2015) Механизмы финансирования дорожной инфраструктуры в России и в мире. М.: Издательский дом Высшей школы экономики.

21 При расчетах ширина полосы движения принималась равной 3,75 м.

22 Платежи, взимаемые по факту использования ресурсов УДС.

23 «Экономическое благосостояние возрастет, если за пользование дорогами, воспринимаемыми как “бесплатное” благо, будет взиматься плата».

— парковочные платежи — исторически первый и, разумеется, недостаточный инструмент компенсации издержек, обусловленных ростом загрузки городской улично-дорожной сети;
 — платежи, взимаемые непосредственно по факту высокой загрузки тех или иных фрагментов улично-дорожной сети, в том числе в рамках введения платного въезда в центр города;
 — «Pay-as-You-Go-Tax» — универсальный формат платы за километр пробега, взимаемой по дифференцированным ставкам, зависящим от типа автомобиля, категории дороги, времени совершения поездки, загрузки участка дороги на момент совершения поездки и т. п. Этот формат, появившийся в 2000-х гг., является непосредственным продолжением идей из Отчета Смиды и исчерпывающим решением задач, поставленных в этом отчете.

Принципиально новой в Отчете Смиды была идея установления платежей, взимаемых по факту высокой загрузки тех или иных фрагментов улично-дорожной сети, попросту говоря — платежей за заторы. Эта идея была, бесспорно, «взрывоопасной» в момент ее выдвижения. В лекции, посвященной юбилею Отчета Смиды [Glaister, 2014], цитируется запись на титульном листе этого документа, сделанная самым высокопоставленным его читателем — премьер-министром Великобритании Алексом Дуглас-Хьюмом перед своим уходом в отставку: «Даю обет, что в случае переизбрания мы никогда больше не будем заказывать исследования, подобные этому». Судя по сведениям, приводимым в той же лекции, эта идея остается «взрывоопасной» даже полвека спустя.

Здесь следует обратить внимание на тот факт, что в Великобритании сумма целевых налоговых платежей автомобилистов в разные годы в 2–3 и более раз превышала совокупные государственные расходы на дорожное хозяйство; при этом разница между платежами пользователей и расходами на дороги направлялась на покрытие прочих бюджетных расходов [Glaister, 2014, p. 7]. То есть в Великобритании (как и во многих других развитых странах) всегда соблюдалось условие

$$\frac{\text{Users Payment}}{\text{Road Cost}} \gg 1.$$

По крайней мере с 1976 г. общие центральные и местные расходы на дороги всегда значительно уступали вкладу Казначейства от акцизных сборов с транспортных средств и топливной пошлины. Разница быстро увеличивалась в середине и конце 1990-х гг., а затем снова увеличилась при коалиционном правительстве. Некоторое сокращение налоговых поступлений (в постоянных ценах) из-за замораживания ставок пошлин и экологизации парка транспортных средств было перевешено сокращением государственных расходов.

В этих условиях британские дискуссии по поводу целесообразности реформирования системы платежей за пользование автомобильными дорогами были связаны не столько с абсолютными поступлениями от этих платежей, сколько с проблемой их приспособления к задачам управления спросом.

Суть дела в том, что цена за литр моторного топлива, как фискальная составляющая в этой цене, нечувствительна к месту и времени совершения автомобильной поездки. Соответственно, налоговый платеж автомобилиста за единицу пробега автомобиля практически одинаков, что в центре столичного города в часы пик, что на пустынной сельской дороге. Так что традиционные налоги и сборы, уплачиваемые владельцами автомобилей, крайне незначительно влияют на их транспортное поведение и во всяком случае не оказывают влияния на выбор способа совершения ежедневных деловых поездок.

«Дорожные налоги», заложенные в цену моторных топлив, в рамках которых во многих странах мира обеспечивается баланс

$$\frac{\text{Users Payment}}{\text{Road Cost}} > 1,$$

вошли мировую практику в 1910-х гг. Отмеченную выше их недостаточную гибкость и эффективность призваны были устранить более гибкие разновидности “Road Pricing” — парковочные платежи (вошедшие в мировую практику в 1930-е гг.), плата за въезд в центр города (начало 2000-х) и в первую очередь перспективный формат «Pay-as-You-Go-Tax» с дифференцированными ставками за километр пробега.

В России, и особенно в российской столице, ситуация принципиально иная. Совокупные платежи московских автомобилистов по акцизам на бензин, транспортному налогу, платежам

за парковку покрывают менее четверти расходов городского бюджета на строительство, реконструкцию, ремонт и содержание улично-дорожной сети (*табл. 3*), то есть

$$PCR = \frac{\text{Users Payment}}{\text{Road Cost}} \ll 1.$$

Более того, в рамках бюджетных назначений 2020–2022 гг. целевые платежи автомобилистов (231,8 млрд руб.) не покрывают не только инвестиционные расходы на развитие УДС, но даже текущие расходы на ремонт, разметку и содержание дорог и улиц (328 млрд руб.).

Таблица 3. Соотношение совокупных платежей автомобилистов и расходов бюджета на инфраструктуру автомобильных поездок

Целевые платежи автовладельцев, млрд руб.	Год			
	2020	2021	2022	Итого за 2020–2022
Акцизы на нефтепродукты, распределяемые через Управление Федерального казначейства по г. Москве	26,0	27,2	28,3	81,5
Транспортный налог	26,1	26,8	27,7	80,6
Доходы от предоставления парковочных мест	7,3	7,4	7,7	22,3
Денежные взыскания (штрафы) за правонарушения в области дорожного движения	15,3	15,8	16,3	47,4
Всего «Users Payment»	74,8	77,1	79,9	231,8
Статьи расходов на инфраструктуру автомобильных поездок, млрд руб.				
Автомобильные дороги и улично-дорожная сеть	320,4	316,7	328,9	966,1
Создание единого парковочного пространства	7,0	7,2	7,5	21,7
Организация движения, ИТС	23,2	22,6	21,6	67,4
Всего «Road Cost»	350,7	346,5	357,9	1055,2
Соотношение целевых платежей автовладельцев и расходов на инфраструктуру автомобильных поездок, %	21,3	22,3	22,3	22,0

Источник: расчеты авторов по данным Закона «О бюджете города Москвы на 2020 год и плановый период 2021 и 2022 годов» в части программы «Развитие транспортной системы».

Указанное в *табл. 3* соотношение целевых платежей автовладельцев и бюджетных расходов на инфраструктуру автомобильных поездок означает по сути дела, что столичный автомобилист становится получателем значительных бюджетных дотаций по факту владения и пользования автомобилем. Ситуация в регионах России несколько иная, здесь

$$PCR = \frac{\text{Users Payment}}{\text{Road Cost}} \approx 0,6-0,7,$$

то есть значительно выше московского. Это обстоятельство, однако, обусловлено вовсе не более высокими платежами автомобилистов, но кратно более низким в сравнении с Москвой уровнем затрат на строительство, ремонт и содержание дорог.

Таким образом, условия имплементации идей Отчета Смида в Великобритании и в России отличаются разительным образом.

Для британских автомобилистов платежи, взимаемые по факту высокой загрузки тех или иных фрагментов улично-дорожной сети, были бы, что называется, *extra pay*. В то время в отечественных условиях любые дополнительные платежи автомобилистов означали бы разве что

приближение показателя РСР к общепринятому в мире уровню. Тем не менее российские официальные лица реагируют на предложения экспертов по означенному вопросу вполне аналогично Алексу Дугласу-Хьюму. Реакция властей в ходе обсуждения предложений к правительственным стратегическим программам, соответственно на 2020 и 2024 гг. по поводу пилотных проектов внедрения формата «Pay-as-You-Go-Tax», сводилась к лозунгу «Господа эксперты, не ссорьте нас с населением!».

Такой реакции не приходится удивляться: оставляя за скобкой политические мотивы, обратим внимание на академическую сторону дела; согласно классическому учебнику Самуэльсона и Нордхауса, изданному много позже Отчета Смиды, дороги следовало считать «...important examples of production of public goods»²⁴ [Samuelson, Nordhaus, 1985].

Так что следует согласиться с утверждением, высказанным в упомянутой выше юбилейной лекции [Glaister, 2014], о том, что продвижение идей, заложенных в Отчете Смиды, идет крайне медленно.

Единственное преимущество в имплементации идей Уолтерса — Смиды, которым политики, эксперты и транспортные инженеры нашего времени обладают перед их коллегами 1960-х гг., заключается разве что в широчайших технологических возможностях, связанных с наступлением века цифровых технологий. К примеру, на каждый километр магистральной улично-дорожной сети Москвы уже сегодня приходится не менее одной единицы оборудования, способного идентифицировать каждый едущий автомобиль и замерить его скорость. Соответственно, введение в Москве формата «Pay-as-You-Go-Tax» ограничено соображениями политической целесообразности, но вовсе не трудностями технической реализации.

В то же время в части институциональных аспектов особого продвижения не наблюдается. Восприятие дорог и улиц в качестве «общего блага» («free good») универсально для автовладельцев всех стран мира, но особенно сильно в странах поздней, «догоняющей» автомобилизации.

Обратим внимание на показательный факт. В ежегодных рейтингах WEF «The Global Competitiveness Report» Россия неизменно входит в первую десятку по развитию мобильной связи, в то время как по качеству автомобильных дорог — лишь во вторую сотню. Такое положение вещей объясняется тем, что в части мобильной связи (принципиально нового сегмента инфраструктуры, не существовавшего еще 30 лет назад) пользователь готов платить как за приобретение оконечного устройства, так и за трафик. Именно эта «готовность платить» позволила в кратчайшие сроки создать полноценную инфраструктуру для этой отрасли за счет частных инвестиций.

Таким образом, идея, которую можно было бы назвать «Mobile Connection Pricing», — очевидная реинкарнация идеи «Road Pricing» с успехом вошла в российскую практику. В части автомобильных дорог пользователь приобретает «оконечное устройство» (автомобиль), но продолжает считать, что дорога — это бесплатное общественное благо («free good»).

Особый интерес представляет бытование этого архетипа в Москве, где тотальное фрирайдерство, закрепленное, как было отмечено выше, в налогово-бюджетной практике, уверенно присутствует также и в общественном сознании.

Восприятие улично-дорожной сети города как общественного исключительно бесплатного блага было вполне безобидным делом до тех пор, пока показатель автомобилизации населения Москвы и других крупнейших городов России оставался невысоким. Как было показано в § 1, на рубеже 1980–1990 гг. этот показатель находился на уровне, достигнутом в США в первой четверти XX в., или в Великобритании в конце 1930-х гг.

За 1991–2018 гг. уровень автомобилизации населения вырос до 300 автомобилей на 1000 жителей, в крупнейших городах России — перешел отметку 350–400 и более единиц. Уже на рубеже 1990–2000 гг. множество городских улиц и головных участков магистральных дорог приобретали все признаки конкурентного, или даже остро-конкурентного блага.

Сложнее всего ситуация складывалась в городских центрах. Планировочная структура Москвы, также как и других крупнейших городов России, моноцентрическая; здесь всегда сосредоточено множество точек притяжения трафика: бизнес-центры, торгово-развлекательные центры, государственные и муниципальные учреждения, учебные и медицинские заведения и др. Сопоставление лондонских трафиковых проблем, предшествовавших введению платного

24 «... важными примерами производства общественных благ».

въезда в центр города, с современной московской ситуацией приводит к выводу, что хорошо известные аргументы в пользу платного въезда были бы еще более убедительными для фрагмента территории Москвы, ограниченного Садовым кольцом.

При этом вплоть до 2011 г. в городах России сохранялся режим повсеместной бесплатной парковки. В федеральном законодательстве была закреплена норма: «территориями общего пользования (в том числе площадями, улицами, проездами, набережными, скверами, бульварами) беспрепятственно пользуется неограниченный круг лиц»²⁵. Ссылка на эту норму позволяла городским прокурорам объявлять незаконными любые попытки московской и ряда прочих городских администраций по установлению платы за притротуарную парковку.

Ситуация изменилась только в 2011 г., когда в двух базовых федеральных законах «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности ...»²⁶ и «О безопасности дорожного движения...»²⁷ появилась норма, согласно которой владелец дороги вправе устанавливать режим платной парковки в зоне этой дороги. Для городов, где владельцем улично-дорожной сети является городская администрация, эта норма впервые в российской практике давала возможность администрациям городов вводить плату за притротуарную парковку.

Данная законодательная норма стала предметом острой дискуссии, состоявшейся в 2015 г. в Совете по правам человека. Острой критике были подвергнуты «нарушения конституционных прав автомобилистов на свободу передвижения». Протесты против платных парковок становились базой для создания общественных движений, проводились митинги, подписывались протестные петиции. Сама идея взимания платы за парковку на улицах сравнивалась с «платой за воздух». Упомянем также многочисленные попытки московских автовладельцев оспорить в судах (с теми же ссылками по поводу нарушения свободы передвижения) организацию выделенных полос для движения общественного транспорта.

В 2016 г. в проект федерального закона «Об организации дорожного движения» была включена, причем в крайне осторожной формулировке, норма, допускающая возможность введения платного въезда в центр города. Обсуждение этого законопроекта свелось к единодушно-му гневному осуждению заявленной «антинародной» новации. В итоге упоминание о платном въезде было исключено из законопроекта.

В указанных условиях исключительно важен опыт Москвы, где в 2012–2019 гг. практически синхронно расширялась зона платной парковки и ареал использования выделенных полос для общественного транспорта.

Здесь уместна еще одна отсылка к трудам Рубена Смиды и его коллег [*Smeed, Wardrop*²⁸, 1964], существо которых было кратко описано в инаугурационной лекции Фила Гудвина, прочтенной им осенью 1997 г. перед занятием позиции профессора транспортной политики в Лондонском университетском колледже [Гудвин, 2009]:

«Используя зависимость между плотностью и скоростью транспортного потока, Смид и Уордроп пришли к выводу, что, поскольку для перемещения заданного количества людей требуется гораздо больше автомобилей, нежели автобусов, пересадка с автомобиля на автобус позволит увеличить скорость движения, причем столь значительно, что в определенных обстоятельствах этот выигрыш будет компенсировать дополнительное время, затраченное на ожидание автобуса, подход к остановочному пункту и тому подобное.

Но здесь есть подвох: как бы ни вели себя другие индивиды, для отдельно взятого конкретного человека поездка на своем автомобиле всегда представляется более быстрой и удобной и, как правило, у него нет мотивов для иного выбора. Это один из тех случаев, когда индивиды, преследующие свои собственные интересы по Адаму Смиту²⁹, нарушают принцип Джереми Бентама³⁰.

25 Ч. 1 ст. 1 ГК РФ // Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.

26 Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

27 Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» от 10.12.1995 № 196-ФЗ.

28 Джон Уордроп (John Glen Wardrop, 1920–1989), английский математик, автор знаменитых «принципов Уордропа» — аналога принципа равновесия по Нэшу для транспортного потока на дорожной сети.

29 Согласно Адаму Смиту, преследующий собственные выгоды человек «невидимой рукой» направляется на цели всего общества, способствуя его развитию, «самопроизвольная организация экономического мира под действием личного интереса» (Прим. авт.).

30 Имеется в виду принцип «наибольшего счастья наибольшего числа индивидуумов» — призыв к достижению личной пользы, выгоды, удовольствия и добра, увеличивающего общую сумму счастья (Прим. авт.).

Успех может быть достигнут только либо путем вмешательства в распределение общественного пространства (к примеру, за счет организации выделенных полос для маршрутных автобусов и тому подобных мер), либо посредством установления платежей за пользование общественным пространством.

Актуальный опыт Москвы показывает, что успех в самом деле может быть достигнут только путем вмешательства в распределение общественного пространства» посредством использования обеих мер: как установления платы за парковку, так и организации выделенных полос для общественного транспорта.

Логическая конструкция Смиды — Уордропа может быть формализована посредством следующей модели, основанной на вычислении обобщенной цены поездки, соответственно, на собственном автомобиле и на общественном транспорте. Согласно общепринятому определению, обобщенная цена поездки определяется формулой

$$GCT_{i,j} = \text{Out of Pocket Price}_j + \text{Value of Time}_i * \text{Travel Time}_{i,j} \text{ (DEN)},$$

где i — индекс пользователя, совокупность которых упорядочена по убыванию цены времени: $j = 1$ соответствует автомобильной поездке; $j = 2$ — поездке на общественном транспорте; DEN — плотность потока, зависящая, в свою очередь, от количества пользователей, предпочитающих автомобильные поездки.

В модели использована категория «Out of Pocket Price», отражающая тот факт, что в своем транспортном поведении горожанин склонен ориентироваться на затраты сегодняшнего дня: для общественного транспорта — на оплату проезда (что вполне очевидно), для автомобиля — на плату за бензин и парковку, но вовсе не на исторические затраты, связанные с приобретением, хранением, страховкой автомобиля (это менее очевидно, но столь же верно).

В модели мы используем две фундаментальные закономерности.

Во-первых, мы учитываем закономерность из § 2, согласно которой время автомобильной поездки ($Travel Time_{i,1}$) зависит от плотности потока (DEN). Во-вторых, мы предполагаем, что цена времени горожанина ($Value of Time_i$) распределена согласно закону Ципфа [Gabaix, 2009]. Обе эти кривые мы калибруем по реальным данным, соответственно, о режимах движения на столичных улицах и распределении доходов жителей Москвы.

Понятно, что $Travel Time_{i,1}$ зависит от фактора коллективного поведения горожан-автомобилистов, определяющего значения DEN ; это значение, разумеется, одинаково для всех пользователей, то есть не зависит от индекса i .

Время поездки на общественном транспорте ($Travel Time_{i,2}$) зависит от DEN в случае движения автобуса в общем потоке транспортных средств (то есть в условиях ROW-C), и не зависит от DEN при наличии обособленных полос (то есть в условиях ROW-B).

Субъективное восприятие $Travel Time_{i,2}$ лицами, осуществляющими выбор способа передвижения, является экспериментальным фактом: состоятельные горожане (то есть лица с наиболее высокими значениями $Value of Time$) имеют, как правило, выраженное негативное отношение к общественному транспорту. Соответственно, в наших расчетах мы делаем поправку на это обстоятельство, вводя некоторую штрафную надбавку к $Travel Time_{i,2}$ для значений i , относящихся к началу рангового списка.

Формально говоря, i -тый пользователь выбирает способ поездки из соображений $\min(GCT_{i,p}, GCT_{i,2})$, причем его выбор зависит не только от индивидуального значения $Value of Time_p$, но и от плотности транспортного потока, детерминированной фактором коллективного поведения горожан-автомобилистов.

Здесь возникает некоторый порочный круг: индивидуальный выбор i -того пользователя зависит от ожидаемого значения DEN ; значение DEN , в свою очередь, зависит от количества горожан, предпочитающих автомобильные поездки. Выход на равновесное значение DEN_{eq} происходит как в реальности, так и в математической модели, посредством некоторого итерационного процесса. Интуитивно понятно и математически доказано [Blinkin, Gasnikov, 2016], что после некоторого количества итераций этот процесс сходится к равновесному состоянию.

Применительно к нашим рассуждениям важно отметить следующее.

В режиме бесплатной парковки обобщенная цена маятниковой (на работу и обратно) автомобильной поездки ниже, чем на общественном транспорте, во всем диапазоне индивидуальных цен времени.

Введение обособленных полос обеспечивает заметное снижение времени поездки на общественном транспорте $Travel Time_2$, а также практическую независимость этого параметра от загрузки улично-дорожной сети DEN_{eq} [Vuchic et al., 1995]. Однако применение этой меры в условиях бесплатной парковки приводит к переключению на общественный транспорт исключительно горожан, находящихся в конце рангового списка, упорядоченного по убыванию индивидуального значения цены времени (рис. 4).

Масштабные изменения потребительского выбора в пользу общественного транспорта начинают проявляться исключительно при введении чувствительно высоких парковочных тарифов, приводящих к радикальному возрастанию цены автомобильной поездки $Out of Pocket Price_1$ (рис. 5) [Вучик, 2011].

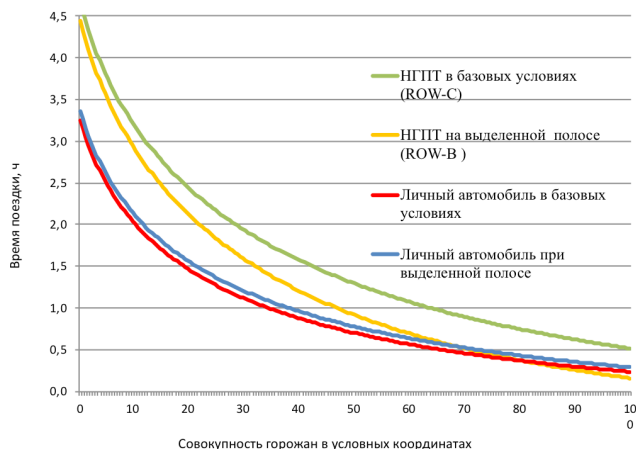


Рис. 4. Обобщенная цена маятниковой поездки (GCT) на автомобиле и наземном общественном транспорте (парковка бесплатная)

Источник: составлено авторами.

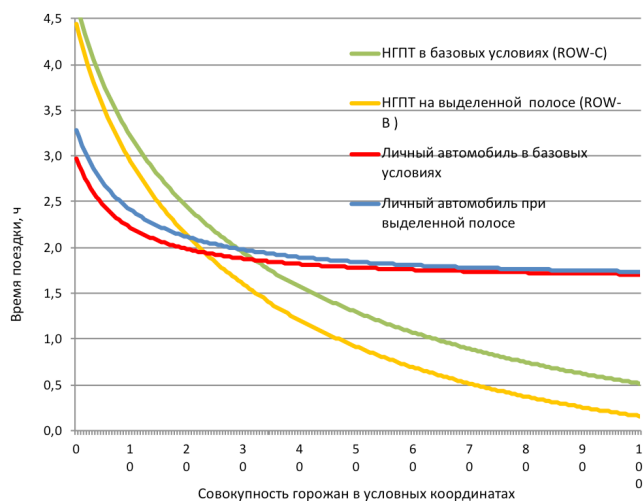


Рис. 5. Обобщенная цена маятниковой поездки (GCT) на автомобиле и наземном общественном транспорте (парковочный тариф 100 руб. в час)

Источник: составлено авторами.

Теоретически получается ситуация системного оптимума [Wardrop, 1952] (в определенном смысле — всеобщего выигрыша): автомобилисты с наиболее высокими значениями цены времени как бы обменивают чувствительно высокую плату за парковку на более комфортные усло-

вия движения и, соответственно, снижение времени поездки; автомобилисты с более скромной ценой времени взамен отказа от автомобильной поездки получают услугу общественного транспорта с принципиально лучшим значением времени поездки; горожане — традиционные пользователи общественного транспорта выигрывают, так сказать, по определению.

Тем не менее массовое появление выделенных полос, сопровождаемое введением платной парковки, вызвало бурю негодования у автомобилистов. Представители автомобильного лобби утверждали, что выделенные полосы следует устраивать не за счет перераспределения проезжей части, то есть «ущемления их законных прав», но посредством строительства новых дополнительных полос движения.

Задолго до московских событий дискуссии на означенную тему имели место в Великобритании и других развитых странах; в ходе этих дискуссий выяснилось, что устройство обособленных полос за счет нового строительства провоцирует увеличение суммарного пробега автомобилей и, соответственно, является весьма малоудачным средством для борьбы с пробками [Leman, Shiller, Pauly, 1994].

Впрочем, для Москвы эти дискуссии имели исключительно абстрактный смысл: московские планировочные реалии таковы, что сооружение дополнительных полос на большинстве магистральных улиц физически невозможно без масштабного сноса сложившейся застройки.

Возвращаясь к практической стороне дела, стоит отметить, что введение платной парковки и организация выделенных полос в самом деле привели к некоторому сокращению маятниковых автомобильных поездок «дом–работа» и, соответственно, к увеличению средней скорости трафика. Впрочем, количественные данные по этому вопросу, представленные теми или иными официальными организациями и внешними наблюдателями, расходятся.

Введение платной парковки имело также ряд важных косвенных, но вполне бесспорных последствий. Были созданы предпосылки для значительного увеличения спроса на таксомоторные перевозки и развития каршеринга. Оба этих процесса были мотивированы сравнением альтернативных затрат: для многих типичных городских поездок (в частности, для культурно-развлекательных) плата за такси или тем более за каршеринг стала заметно меньше платы за парковку собственного автомобиля близ театра, кинотеатра, иного популярного места в центре города.

Одновременно в Москве полностью исчез обширный в недавнем прошлом рынок нелегальных такси: ожидание клиента у тротуара в наиболее выгодных местах города при высоком часовом тарифе за парковку (100 руб. и выше) стало убыточным, особенно на фоне острой конкуренции с легальными сервисами: Яндекс.Такси, Gett или Uber.

Но, пожалуй, главным результатом стал заметный прирост количества платных пассажиров (то есть пассажиров, не имеющих социальной карты), притом не только в метрополитене, но и на маршрутах наземного общественного транспорта. Прирост объемов перевозок в категории платных пассажиров, означает, что заметная часть работающего населения города в самом деле пересела на общественный транспорт.

Заключение

Авторы спроецировали ряд идей, моделей и конкретных мер транспортной политики, сформулированных классиком транспортной науки Рубеном Смидом в середине XX в., на современные российские реалии. Был проведен анализ весьма разнородных идей и теорий.

1. По мере роста автомобилизации транспортные риски в десятках стран мира, в том числе и России, сокращаются в соответствии с законом Смида–1949. Эта тенденция сохранялась на протяжении более чем 50 лет, вплоть до первого десятилетия XXI в. К настоящему времени базовая гипотеза Смида утратила валидность для ряда развитых стран мира в связи с изменением основных институциональных инструментов обеспечения безопасности дорожного движения, а также технологических характеристик и возможностей современной автомобильной техники. Транспортные риски начинают снижаться по мере роста автомобилизации лучше и быстрее, чем в приведенном классиком сценарии. В России начиная с 2011 г. темпы сокращения смертности в ДТП опережают мировой тренд. Тем не менее для снижения транспортных и социальных рисков до уровня 1 и ниже в России помимо мероприятий инженерного обустройства дорог и административно-управленческих практик, полученных нами за счет

многолетних инновационных достижений мировой науки и техники, должны приниматься во внимание институциональные аспекты БДД.

2. Расчеты потенциальной вместимости улично-дорожной сети центральной части города, ограниченной Садовым кольцом, проведенные по формуле Смиды–1966 в диапазоне скоростей, характерных для часов пик, дают вполне удовлетворительное соотношение фактических данных с моделью.

Несущественное отклонение от модели происходит в связи с тем, что исходная модель Смиды была построена полвека назад для городов, в которых транспортные потоки распределены более-менее равномерно. Для столицы же с ее принципиально иными планировочными характеристиками свойственно неравномерное распределение транспортных потоков: центростремительные потоки «периферия–центр» в утренние и вечерние часы пик.

Тем не менее расчеты по формуле Смиды–1966 для улично-дорожной сети Москвы в границах МКАД с учетом фактора неравномерности корреспондируются с данными московского Центра организации дорожного движения, получаемыми по результатам ежедневного аппаратного мониторинга.

Авторами доказательно обосновано положение о том, что ожидать изменений макроскопического баланса спроса-предложения в лучшую сторону, опираясь исключительно на мероприятия инженерного характера, в Москве не приходится. И обосновано применение следующей идеи Смиды и его коллег, сформулированных в середине 1960-х гг.

3. Использование платежных инструментов, а также инструментов активного управления спросом посредством «вмешательства в распределение общественного пространства». Основные инструменты — установление платежей, взимаемых по факту высокой загрузки тех или иных фрагментов улично-дорожной сети (платежи за заторы, плата за парковку), и организация выделенных полос для общественного транспорта.

Логическая конструкция Смиды и его коллег формализована авторами посредством модели, основанной на вычислении обобщенной цены поездки, соответственно, на собственном автомобиле и на общественном транспорте. Сделан важный вывод о существовании решения, обеспечивающего системный оптимум, то есть всеобщий выигрыш всей совокупности пользователей городской транспортной системы.

Проанализировано применение предложенных Смидой инструментов на примере столичного мегаполиса и рассмотрены положительные последствия превращения столичного автомобилиста из получателя значительных бюджетных дотаций по факту владения и пользования автомобилем в полноправного участника возмещения расходов на инфраструктуру автомобильных поездок.

Таким образом, в статье современные тенденции в транспортной науке объяснены авторами посредством апробированных идей и моделей английского исследователя. Сделаны выводы о валидности концептуальных предложений Смиды и научно обоснованы отклонения от расчетных моделей с учетом принципиально иных современных условий и стандартов в части технических и технологических особенностей инфраструктуры и автомобильного парка, планировочных параметров и особенностей, институций, стандартов транспортного поведения населения.

Источники

- Вучик В.Р. (2011) Транспорт в городах, удобных для жизни. М.: Территория будущего.
- Гудвин Ф. (2009) Решение проблемы пробок: инаугурационная лекция в Лондонском университетском колледже/пер. с англ. под ред., с предисл. и примеч. М. Блинкина//Polit.ru. Режим доступа: <https://polit.ru/article/2009/03/24/probki/> (дата обращения: 30.10.2019).
- Дубелир Г.Д. (1910) Планировка городов. СПб.: Слово.
- Дубелир Г.Д. (1912) Городскія улицы и мостовыя. Киев: Типография А.М. Пономарева.
- Левченко Я.П. (1947) Планировка городов. Техничко-экономические показатели и расчеты. М.: Издательство Академии архитектуры СССР.
- Поляков А.А. (1953) Городское движение и планировка улиц. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре.
- Поляков А.А. (1965) Организация движения на улицах и дорогах. М.: Транспорт.

- Поляков А.А. (1967) Транспорт крупного города. М.: Знание.
- Решетова Е.М. (2015) Механизмы финансирования дорожной инфраструктуры в России и в мире/под науч. ред. М.Я. Блинкина. М.: Изд. дом ВШЭ.
- Adams J.G.U. (1987) Smeed's Law: some farther thoughts//Traffic Engineering & Control. Vol. 28 (2). P. 70–73.
- Blinkin M., Gasnikov A. et al. (2016) Toy model for traffic flow splitting. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/301880694_Toy_model_for_traffic_flow_splitting/download (дата обращения: 26.11.2019).
- Cummins G. (2003) The History of Road Safety. Drive and Stay Alive. Режим доступа: <http://www.driveandstayalive.com/info%20section/history/history.htm> (дата обращения: 17.12.2019).
- Gabaix X. (2009) Power Laws in Economics and Finance. Finance Stern School. New York University//The Annual Review of Economics. Vol. 1. Режим доступа: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.economics.050708.14290> (дата обращения: 26.11.2019).
- Glaister S. (2014) The Smeed Report at Fifty: will road pricing always be ten years way? Smeed Memorial Lecture.
- Koren C., Borsos A. (2010) Is Smeed's law still valid? A world-wide analysis of the trends in fatality rates//Journal of society for transportation and traffic studies. Vol. 1 (1). P. 64–76.
- Leman C.K., Shiller P.L., Pauly K. (1994) Rethinking HOV: high-occupancy vehicle facilities and the public interest. Annapolis, MD: Chesapeake Bay Foundation.
- Litman T. (2018) Transportation Land Valuation. Evaluating Policies and Practices that Affect the Amount of Land Devoted to Transportation Facilities (16 November). Victoria Transport Policy Institute.
- Road Pricing Feasibility Study (2004)
- Samuelson P., Nordhaus W. (1985) Economics. McGraw-Hill.
- Smeed R.J. (1949) Some statistical aspects of road safety research// Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). Vol. 112 (1). P. 1–34.
- Smeed R.J. (1961) The Traffic Problem in Towns. Manchester: Manchester Statistical Society.
- Smeed R.J. (1964) Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities/Report of a Panel set up by the Ministry of Transport. London: Her Majesty's Stationary Office.
- Smeed R.J. (1966) Road Capacity of City Centers//Traffic Engineering and Control. Vol. 8 (7). P. 455–458.
- Smeed R.J., Wardrop J.G. (1964) An Exploratory Comparison of the Advantages of Cars and Buses for Travel in Urban Areas//Journal of the Institute of Transportation. Vol. 30 (9).
- UN-Habitat (2013) Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity.
- Vuchic, V.R., Kikuchi S., Krstanoski N., Shin Y.E. (1995) Negative impacts of busway and bus lane conversions into high-occupancy vehicle facilities//TR Record 1496. P. 75–86.
- Walters A.A. (1961) The theory and measurement of private and social cost of highway congestion//Econometrica: Journal of the Econometric Society. Vol. 29 (4). P. 676–699.
- Wardrop J.G. (1952) Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research//Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. 1 (3). P. 325–362.

MIKHAIL BLINKIN, EKATERINA RESHETOVA

INSTITUTIONAL INNOVATIONS AND MATHEMATICAL MODELS OF REUBEN SMEED IN LIGHT OF MODERN RUSSIAN TRANSPORT REALITIES

Mikhail Y. Blinkin, PhD, Tenured Professor, Director, Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies at Faculty of Urban and Regional Development; Academic Supervisor, Faculty of Urban and Regional Development, HSE University; 9/11 Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation.

E-mail: mblinkin@hse.ru

Ekaterina M. Reshetova, PhD, Senior Research Fellow at Centre for Transport Economics, Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies, Faculty of Urban and Regional Development, HSE University; 13c4 Myasnitskaya Street, Moscow, 101000, Russian Federation.

E-mail: emreshetova@hse.ru

Abstract

This article analyses the problems, realities and innovations of modern Russian transport using the research heritage of Smeed. A conformity assessment of retrospective and current Russian data on road accident mortality was made according to Smeed's Law of 1949, which determines the statistical relationship between the level of motorization of the population and social risks. On the basis of Smeed's basic hypothesis of "transport self-education of the nation" the success of this process in Russia is estimated for 1990–2018.

The balance of supply and demand for the resources of the throughput capacity of a city's road network was assessed using Smeed's model of 1966; the validity of this model in the planning and traffic conditions of modern Moscow was confirmed.

The main tools of active demand management for car trips are analyzed using the road pricing from the 1964 Smeed Report. The efficiency, expediency and peculiarities of its application in a number of large Russian cities are evaluated.

Key words: transport; motorization; transport risks; social risks; road network; capacity; demand management; road pricing

Citation: Blinkin M.Y., Reshetova E.M. (2019) Institutional Innovations and Mathematical Models of Reuben Smeed in Light of Modern Russian Transport Realities. *Urban Studies and Practices*, vol. 4, no 1, pp. 43–63 (in Russian).

DOI: <https://doi.org/10.17323/usp41201943-63>

References

- Adams J.G.U. (1987) Smeed's Law: Some Farther Thoughts. *Traffic Engineering & Control*, vol. 28, no 2, pp. 70–73.
- Blinkin M., Gasnikov A. et. al. (2016) Toy Model for Traffic Flow Splitting. Available at: https://www.researchgate.net/publication/301880694_Toy_model_for_traffic_flow_splitting/download (accessed 17.12.2019).
- Csaba K., Attila B. (2010) Is Smeed's Law Still Valid? A World-Wide Analysis of the Trends in Fatality Rates. *Journal of society for transportation and traffic studies*, vol. 1 no 1, pp. 64–76.
- Cummins G. (2003) The History of Road Safety. Drive and Stay Alive. Available at: <http://www.driveandstayalive.com/info%20section/history/history.htm> (accessed 17.12.2019).
- Dubelir G.D. (1910) Planirovka gorodov [City Planning]. St. Petersburg: Slovo. (In Russian)
- Dubelir G.D. (1912) Gorodskiya ulicy i mostovyya [City Streets and Roadways]. Kiev: Tipografiya A.M. Ponomareva. (In Russian)
- Gabaix X. (2009) Power Laws in Economics and Finance. Finance Stern School. New York University. *The Annual Review of Economics*, vol. 1. Available at: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.economics.050708.14290> (accessed 26.10.2019).

- Glaister S. (2014) The Smeed Report at Fifty: Will Road Pricing Always Be Ten Years Way? Smeed Memorial Lecture.
- Gudvin F. (2009) Reshenie problemy probok. Inauguratsionnaya lekcziya v Londonskom universitetskom kolledzhe [Solving Congestion. Inaugural Lecture for The Professorship of Transport Policy University College London]/transl., introduction and remarks M. Blinkin (ed.). Polit.ru. Available at: <https://polit.ru/article/2009/03/24/probki/> (accessed 30.06.2019). (In Russian)
- Leman C. K., Shiller P. L., Pauly K. (1994) Rethinking HOV: High-Occupancy Vehicle Facilities and the Public Interest. Annapolis, MD: Chesapeake Bay Foundation.
- Levchenko YA.P. (1947) Planirovka gorodov. Tekhniko-ekonomicheskie pokazateli i raschety [Urban Planning. Technical-and-Economic Indicators and Calculations]. Moscow: Izdatel'stvo akademii arhitektury SSSR. (In Russian)
- Litman T. (2018) Transportation Land Valuation. Evaluating Policies and Practices that Affect the Amount of Land Devoted to Transportation Facilities (16 November). Victoria Transport Policy Institute.
- Polyakov A.A. (1953) Gorodskoe dvizhenie i planirovka ulic [City Traffic and Street Planning]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arhitekture. (In Russian)
- Polyakov A.A. (1965) Organizatsiya dvizheniya na ulicah i dorogah [Traffic Engineering at Streets and Roads] Moscow: Transport. (In Russian)
- Polyakov A.A. (1967) Transport krupnogo goroda [Transport in Major City]. Moscow: Znanie. (In Russian)
- Reshetova E.M. (2015) Mekhanizmy finansirovaniya dorozhnoj infrastruktury v Rossii i v mire [Mechanisms of Road Infrastructure Financing in Russia and Worldwide]/M. Blinkin (ed.). Moscow: HSE. (In Russian)
- Road Pricing Feasibility Study (2004)
- Samuelson P., Nordhaus W. (1985) Economics. McGraw-Hill.
- Smeed R.J. (1949) Some Statistical Aspects of Road Safety Research. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 112, no 1, pp. 1–34.
- Smeed R.J. (1961) The Traffic Problem in Towns. Manchester: Manchester Statistical Society.
- Smeed R.J. (1964) Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities. *Report of a Panel set up by the Ministry of Transport*. London: Her Majesty's Stationary Office.
- Smeed R.J. (1966) Road Capacity of City Centers. *Traffic Engineering and Control*, vol. 8, no 7, pp. 22–29.
- Smeed R.J., Wardrop J.G. (1964) An Exploratory Comparison of the Advantages of Cars and Buses for Travel in Urban Areas. *Journal of the Institute of Transportation*, vol. 30, no 9.
- UN-Habitat (2013) Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity
- Vuchic, V.R., Kikuchi S., Krstanoski N., Shin Y.E. (1995) Negative Impacts of Busway and Bus Lane Conversions into High-Occupancy Vehicle Facilities. *TR Record 1496*. Washington, DC: Transportation Research Board, pp. 75–86.
- Vuchic V.R. (2011) Transport v gorodah, udobnih dlya zhizni [Transportation for Livable Cities]. M.: Territoriya budushchego. (In Russian)
- Walters A.A. (1961) The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, vol. 29, no 4, pp. 676–699.
- Wardrop J.G. (1952) Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. 1 (3), pp. 325–362.