

## **Оценка влияния платных дорог на общественную эффективность в зависимости от параметров дорожной сети**

С. П. Бушанский

В настоящее время все существующие платные дороги в России по протяженности занимают 0,05 % от дорог общего пользования и построены без привлечения частных инвестиций. Создание в 2009 г. компании «Автодор», которой передаются в управление федеральные дороги, входящие в международные транспортные коридоры, позволит реализовать в ближайшее время ряд проектов на условиях концессий с привлечением частного капитала.

В мировой практике в концессионных соглашениях государство создает рамочные условия для функционирования компании-концессионера [2, 6]. Обычно инструментом регулирования являются правила формирования тарифов за проезд [6], которые обеспечивали бы не только возмещение расходов и прибыль концессионера, но и защиту интересов пользователей автодорог.

Цена проезда по платным трассам будет определяться постановлением правительства в размере, как предполагается, 3–5 руб. за километр в среднем. Единственным нормативным документом по определению платы за проезд в настоящее время является Методика расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам Минтранса РФ 2003 г. [1], в которой не определены подходы к регулированию тарифов для защиты интересов пользователей дорог. Более того, подходы к обоснованию платного режима на дорогах в настоящее время не разработаны.

В предлагаемой статье изложены и проанализированы расчеты на экспериментальной сети со случайными параметрами, выполненные с целью определения возможного эффекта или убытка от внедрения концессий в дорожное строительство в зависимости от подходов к формированию сети платных дорог.

В практике обоснования инвестиционных проектов в качестве главного критерия эффективности используется показатель социально-экономической чистой приведенной стоимости (NPV), рассчитанный в специальных теневых ценах. За оптимальный вариант реализации проекта принимается тот, для которого NPV положительно и максимально из множества анализируемых альтернатив.

Особенность выбора между платным и бесплатным функционированием дороги заключается в том, что NPV бесплатного варианта будет, как правило, выше, за исключением тех случаев, когда введение платы за проезд позволит снизить общие транспортные затраты. Применительно к новой дороге это означало бы, что в эксплуатацию введена избыточная пропускная способность, например, если ввод новой дороги ведет к росту интенсивности на некоторых наиболее проблемных участках движения с высоким уровнем интенсивности. Причинами могут быть неравномерное распределение инвестиций в сеть, неправильное определение местоположения трассы или технические условия проекта (например, дискретность вариантов строительства, которая усиливается установленными нормативами на количество полос, ширину проезжей части и прочие характеристики, сложность реконструкции проблемных участков движения и т. п.).

Влияние платного проезда на изменение бюджетных ограничений из-за привлечения частных инвестиций показатель NPV не отражает. Таким показателем является общественный эффект на единицу дополнительных бюджетных расходов, связанных с реализацией проекта, который обычно применяют при процедуре ранжирования независимых проектов и отбора лучших из них с учетом бюджетных ограничений

Чтобы корректно определить целесообразность ввода платного проезда для определенного проекта, необходимо сравнивать результаты двух процедур отбора лучших проектов: при условии платного и бесплатного проезда. В практических целях при анализе проектов «по одному» целесообразно рассматривать следующее правило. Общественный эффект на единицу бюджетных расходов должен быть выше (в идеальном случае максимально возможным), чем при бесплатном функционировании дороги и полностью бюджетном финансировании исходя из сравнения вариантов, совпадающих по техническим характеристикам (количество и ширина полос, наличие развязок на примыканиях и др.). При этом стоимость инвестиций без учета дополнительных вложений на обеспечение платного проезда должна быть одинаковой для сравниваемых вариантов (платный и бесплатный режимы функционирования дороги).

Чтобы оценить оптимальный уровень тарифов и другие характеристики платных дорог, была разработана агрегированная модель со случайными параметрами, изменяемыми в заданных пределах. В модели с целью анализа большого количества генерируемых проектов и упрощения расчетов использовалась статическая модификация критерия общественного эффекта. Приняв допущения, что: а) объем частных инвестиций определяется условием, согласно которому в первый год эксплуатации платной дороги прибыль концессии за вычетом эксплуатационных расходов на содержание дороги обеспечивает норму коммерческой эффективности; б) чистые выгоды с проектом в период  $\tau = 2, \dots, t$  не зависят от года ввода в эксплуатацию

дороги, т. е. не учитывается лаг в формировании долгосрочного спроса на поездки в результате появления новой трассы; 3) объем инвестиций не зависит от года ввода в эксплуатацию дороги — экономически оптимальные цены за проезд могут быть определены из модели (1)–(3):

$$\frac{Z(1) + \frac{Z^{\bar{0}}(t) - Z(t)}{(1+k^H)^t} - k^H(K + K^2)}{K^{\bar{0}}} \rightarrow \max_{c(1)} \quad (1)$$

$$K^{\bar{0}} = K + \sum_{\tau=1, \dots, T} \frac{\mathcal{E}(\tau)}{(1+k^H)^\tau} \quad \text{при } c(1) = 0$$

$$K^{\bar{0}} = K - \frac{\gamma(V(1) - \mathcal{E}(1))}{p} \quad \text{при } K - \frac{\gamma(V(1) - \mathcal{E}(1))}{p} > 0 \text{ и } c(1) > 0 \quad (2)$$

$$K^{\bar{0}} = \frac{1}{M} \quad \text{при } K - \frac{\gamma(V(1) - \mathcal{E}(1))}{p} \leq 0$$

$$V(1) = c(1)N(1) \quad (3)$$

где  $c(1)$  — тариф за проезд;  $N(1)$  — количество поездок через платную дорогу в год (1);  $T$  — срок жизнедеятельности проекта;  $t$  — срок концессии;  $Z(1)$  — чистые общественные выгоды проекта (без учета стоимости капитала) в первый год эксплуатации;  $V(1)$  — выручка в первый год эксплуатации;  $Z(t)$  — чистые общественные выгоды проекта (без учета стоимости капитала) в  $(t+1)$ -й год эксплуатации дороги при условии продления концессии на год;  $Z^{\bar{0}}(t)$  — чистые общественные выгоды в  $(t+1)$ -й год эксплуатации дороги при условии бесплатного проезда;  $k^H$  — общественная норма дисконта;  $K$  — дисконтированные к первому году эксплуатации инвестиции в строительство дороги;  $K^2$  — экстерналии, связанные со строительными работами;  $K^{\bar{0}}$  — бюджетные расходы;  $\mathcal{E}(\tau)$  — эксплуатационные расходы года эксплуатации  $\tau$ ;  $M$  — большое число;  $\gamma$  — доля прибыли концессионера в тарифе за проезд;  $p$  — коммерческая норма дисконта.

Объемы чистых выгод  $Z$  рассчитываются в экономических ценах как разность суммарных затрат и выгод в условиях с проектом и без проекта (транспортные затраты, стоимостные затраты времени пассажиров и водителей, экологические затраты, ущерб от ДТП, расходы на содержание дорог, внутранспортный экономический эффект, выгоды от дополнительных поездок). Тарифы платной дороги не учитывались в экономических затратах и рассматривались как трансферт в соответствии с мировой практикой эконо-

мического анализа [5] при условии, что концессия заключена с отечественной компанией (иначе прибыль компании не является трансфертом).

Числитель выражения (1) является статической оценкой общественной эффективности ввода в эксплуатацию новой дороги в году 1 в сравнении с вариантом ввода в году 2. Проигрыш от более раннего срока реализации проекта будет равен стоимости капитала  $k^t(K + K^2)$ , а выигрыш — выгодам проекта  $Z(1)$  и дисконтированной к году (1) разности выгод в условиях без концессии и концессии в году  $t + 1$ .

В знаменателе (1) в случае бесплатного режима функционирования дороги бюджетные расходы определены как сумма дисконтированных к первому году концессии инвестиций в проект и дисконтированных расходов на содержание новой дороги. В случае платного проезда расходы на содержание новой дороги оплачиваются из выручки, а затраты в строительство частично или полностью покрываются частными инвестициями. При 100 %-м частном финансировании критерий (1) умножается на большое число  $M$  (см. условие (2)).

Для упрощения расчетов, приведенных далее, выражение

$$\frac{Z^{\delta}(t) - Z(t)}{(1 + k^t)^t}$$

принято равным нулю, что соблюдается по крайней мере для случая бессрочной концессии.

Для каждого набора случайных параметров анализируется четыре варианта строительства новой дороги — 2, 4, 6 и 8 полос. Выбирается вариант, для которого значение общественного показателя NPV выше при условии бесплатного функционирования.

Потоки автомобилей однородные (приведенные), при этом затраты вычислены в расчете на один приведенный автомобиль исходя из предположения, что в структуре потока легковые автомобили занимают 75 %, автобусы — 5 %, грузовые автомобили — 25 %. Структура грузового потока: менее 3 тонн — 40 %, от 3 до 10 тонн — 35 %, более 10 тонн — 25 %.

Равновесие потоков определяется согласно второму принципу Вардропа: средние затраты поездки по всем используемым маршрутам одинаковы и меньше затрат, которое потребовалось хотя бы одному транспортному средству для поездки по любому из неиспользуемых маршрутов [4]. В процессе вычислений интенсивность движения автомобилей на бесплатной дороге меняется (с шагом 0,1 %) от нуля до максимальной интенсивности (все потоки следуют по бесплатной дороге). В соответствии с каждым значением интенсивности движения определяются средние затраты на новом и альтернативном маршрутах и тариф за проезд, как часть разности между затратами, если она неотрицательна.

Таблица 1

Интервалы значений случайных параметров экспериментальной сети

Параметр сети	Интервалы значений параметров сети						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Уровень загрузки дороги II, без проекта в дневной период	0,15–0,35	0,35–0,50	0,50–0,65	0,65–0,75	0,75–0,85	0,85–0,95	0,95–1,00
Пропускная способность дороги II, авт. в час	2000–4000	4000–6000	6000–8000	8000–10000	10 000–12 000	12 000–14 000	14 000–16 000
Уровень фоновых потоков дороги II, без проекта, по отношению к потокам по направлению	0,3–0,4	0,4–0,7	0,7–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0
Уровень загрузки дороги III, без проекта в дневной период	0,15–0,35	0,35–0,50	0,50–0,65	0,65–0,75	0,75–0,85	0,85–0,95	0,95–1,00
Пропускная способность дороги III, авт. в час	2000–4000	4000–6000	6000–8000	8000–10000	10 000–12 000	12 000–14 000	14 000–16 000
Протяженность нового маршрута, км	34–35	35–36	36–37	37–38	38–39	39–40	40–42
Протяженность новой дороги I, км	1,0–3,0	3,0–4,0	4,0–5,0	5,0–6,0	6,0–7,0	7,0–8,0	8,0–9,0
Протяженность дороги IV, в % от протяженности дороги III	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–75	75–90

Тариф устанавливался на уровне 80 % от разности пользовательских затрат между маршрутами. Во-первых, часть автомобилей обладает правом бесплатного проезда (рейсовые автобусы, специальные автомобили). Во-вторых, субъективно оцениваемые пользователем собственные издержки при выборе платного проезда обычно ниже расчетных теоретических значений.

Агрегированная сеть состоит из одного направления, двух возможных маршрутов направления (по новой дороге и существующей сети) и четырех участков движения:

- I. Новая дорога.
- II. Альтернативный участок движения.
- III. Участок движения, входящий только в маршрут с использованием новой дороги.
- IV. Общий участок движения для обоих маршрутов.

На участках движения II–III кроме потоков, распределяемых по маршрутам, моделируются нераспределяемые «фоновые» потоки, привязанные только к одному участку сети. Это позволяет отразить влияние маршрутов и направлений, не включенных явным образом в сеть. В расчетах использовано восемь переменных входных параметров, случайно меняющихся для каждого расчетного варианта. В табл. 1 приводятся интервалы случайных значений, для которых были построены ряды выходных параметров модели с целью дальнейшего анализа.

Кроме того, были заданы параметры, постоянные для всех вариантов расчета:

- 1) расстояние поездки по направлению в условиях без проекта — 40 км;
- 2) стоимость строительства 1 км двух полос I-й категории — 150 млн руб. в ценах 2007 г., строительство сложных развязок не предусматривается;
- 3) общественная норма дисконта — 6 %;
- 4) коммерческая норма дисконта — 6 %;
- 5) эластичность уровня нераспределяемых поездок к уровню затрат — 50 %;
- 6) эластичность уровня распределяемых по маршрутам поездок к уровню затрат — 10 %;
- 7) дополнительные инвестиции на обеспечение платного проезда — 10 % от стоимости строительства;
- 8) дополнительные расходы на содержание платных дорог — 1 % от стоимости строительства;
- 9) расходы на содержание дорог — 1 % от стоимости строительства.

Отличие значений параметров 5) и 6) связано с тем, что для нераспределяемых потоков необходимо учесть фактор привлечения поездок с других маршрутов, которые, в силу агрегированности модели, в явном виде не отражены.

В состав транспортных затрат включены затраты на эксплуатацию автомобилей, включая затраты на обновление парка, стоимостная оценка затрат времени водителей и пассажиров. Экстерналии (ущерб от ДТП, эко-

логические издержки, внутранспортный экономический эффект от сокращения транспортных затрат) приняты равными 15 % от транспортных затрат. При формировании тарифов учитывалось, что небольшая часть автомобильного потока имеет возможность бесплатного проезда по платной дороге (специальные автомобили, рейсовые автобусы).

В ходе испытаний обрабатывались только реалистичные варианты параметров сети, которые характеризуются следующими признаками:

- а) в бесплатном режиме функционирования новой дороги распределяемый поток по существующей сети не равен нулю (т. е. наблюдается равновесие потоков);
- б) внутренняя норма дисконта проекта (IRR) в бесплатном режиме не превышает заданный параметр на 40 %;
- в) общесетевые транспортные затраты в платном режиме выше, чем при бесплатном доступе на новую дорогу при варианте строительства двух полос движения (на многополосные дороги это правило не распространяется).

Правило отбора реалистичных проектов в) «отбраковывает» проекты с примыканием новой трассы к проблемным участкам сети.

В результате расчетов было сгенерировано более 1 млн вариантов проектов с положительной эффективностью при общественной норме дисконта 6 %. Если для оптимального по количеству полос варианта проекта общественный статический эффект выше при условии платности, проект учитывался при анализе расчетных результатов как дорога с обоснованным платным проездом.

Результаты расчетов приводятся в табл. 2 отдельно для двух множеств проектов: всех проектов с положительной эффективностью и проектов с обоснованным использованием платного режима. Потенциально, доля платных дорог с обоснованным вводом платного режима составляет 4,5 % всех проектов.

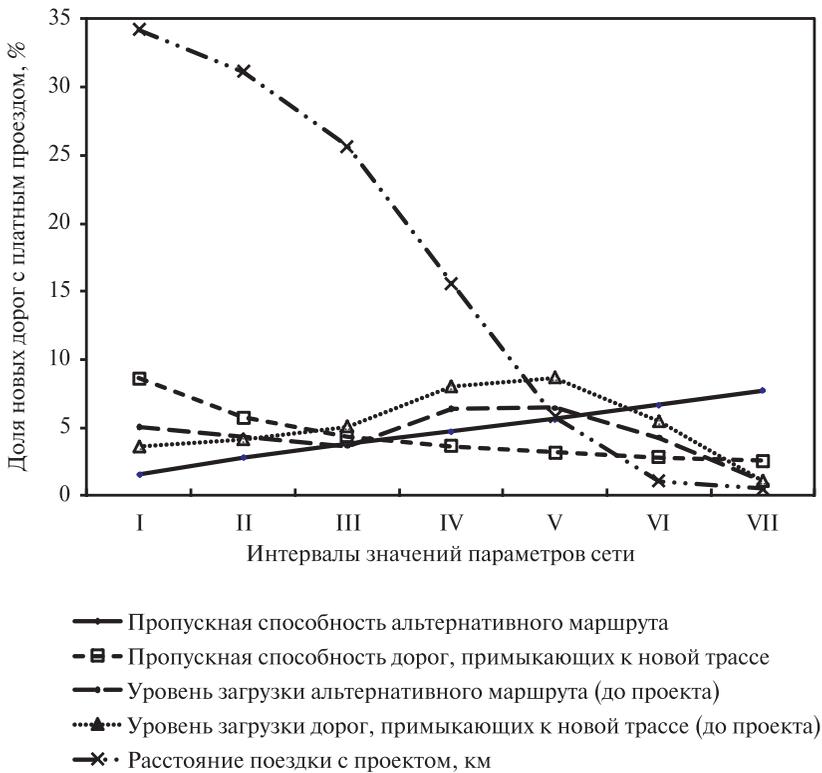
Общественный статический эффект на единицу бюджетных расходов для всех проектов строительства дорог при условии оптимального выбора количества полос и уровня тарифов равен 0,099, а без использования платного режима эффект был бы несколько ниже: 0,098 (табл. 2). Если бы все сгенерированные проекты реализовывались в платном режиме при свободном формировании тарифов, общественный эффект был бы равен 0,028, и при этом 37,9 % всех проектов будут убыточны для экономики.

Общественный эффект для подмножества проектов с обоснованным использованием платного режима значительно более высокий, чем для всего множества сгенерированных проектов, и равен 0,346 при условии оптимального регулирования тарифов. При свободном ценообразовании,

Таблица 2

Общественный эффект на единицу бюджетных расходов

Проекты	Бесплатный режим	Регулирование тарифов	Свободное формирование тарифов
Все	0,098	0,099	0,028
С обоснованным вводом платного режима	0,172	0,346	0,300



**Рис. 1.** Влияние параметров сети на обоснованность платного режима новых дорог

исходя из максимизации выручки концессионера, средний общественный эффект чуть меньше и равен 0,300.

На рис. 1 показано влияние различных параметров сети на долю дорог с экономически обоснованным платным режимом платных дорог среди всех проектов с положительной эффективностью. Из графиков видно, что наиболее значительно на долю платных дорог влияет сокращение расстояния поездки, причем чем меньше расстояние поездки с проектом, тем выше потенциальная доля платных дорог в новом строительстве (до 34 %).

В ходе вычислительных экспериментов проекты с высокой эффективностью отбрасываются как нереалистичные, поэтому новые дороги, существенно сокращающие расстояние пути, добавляются к сети с более низкими значениями интенсивности движения и уровнем загрузки, и наоборот (иначе показатель эффективности IRR превысит заданное ограничение). Поэтому на графике наибольшая доля платных дорог соответствует средним уровням загрузки сети.

Снижение пропускной способности дорог на участках примыкания к новой трассе оказывает положительное влияние на долю потенциально платных дорог. Наоборот, чем выше пропускная способность дорог, входящих в маршрут по существующей дороге, тем выше доля платных дорог.

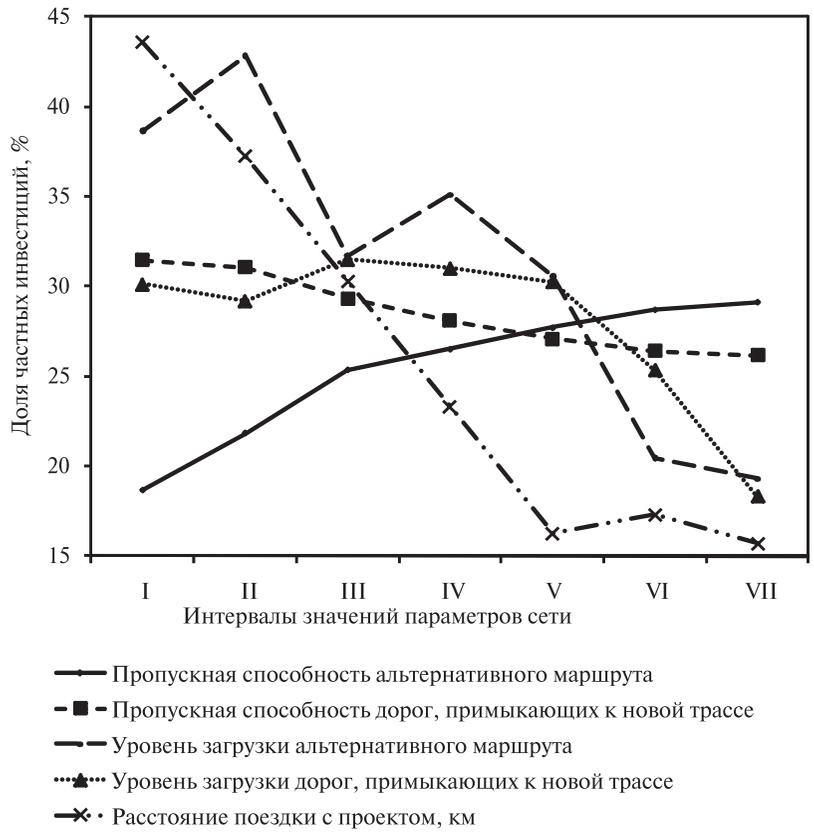
Уровень загрузки новой дороги в платном режиме составляет 68 % от уровня бесплатного проезда при регулируемых тарифах и 57 % при свободном формировании тарифов. Разница в доле частных инвестиций в строительстве платных дорог (без учета расходов на содержание дорог и дополнительных инвестиций, связанных с обеспечением платности проезда) при регулируемом и свободном формировании тарифов незначительна — 30,0 и 34,6 % соответственно в среднем.

На рис. 2 показано влияние параметров сети на долю частных инвестиций в финансировании проекта при условии регулирования тарифов.

Полученные графические зависимости близки к тем, что приводятся на рис. 1, за исключением графиков зависимости доли частных инвестиций от уровней загрузки: в целом, чем выше уровень загрузки сети, тем ниже доля частных инвестиций, хотя зависимости не являются монотонными.

Наибольшее влияние на структуру инвестиций оказывает расстояние поездки в условиях проекта — чем больше оно сокращается, тем выше в структуре инвестиций доля частных вложений.

Расчетный средний уровень тарифов составил 2,5 руб. на 1 км с одного физического автомобиля при условии тарифного регулирования и 3,3 руб. на 1 км при свободном формировании тарифов исходя из максимизации выручки. В основном диапазон регулируемых тарифов находится в интервале значений от 2,0 до 3,6 руб. за 1 км с одного физического автомобиля (рис. 3). Более высокие тарифы за проезд характерны для сети

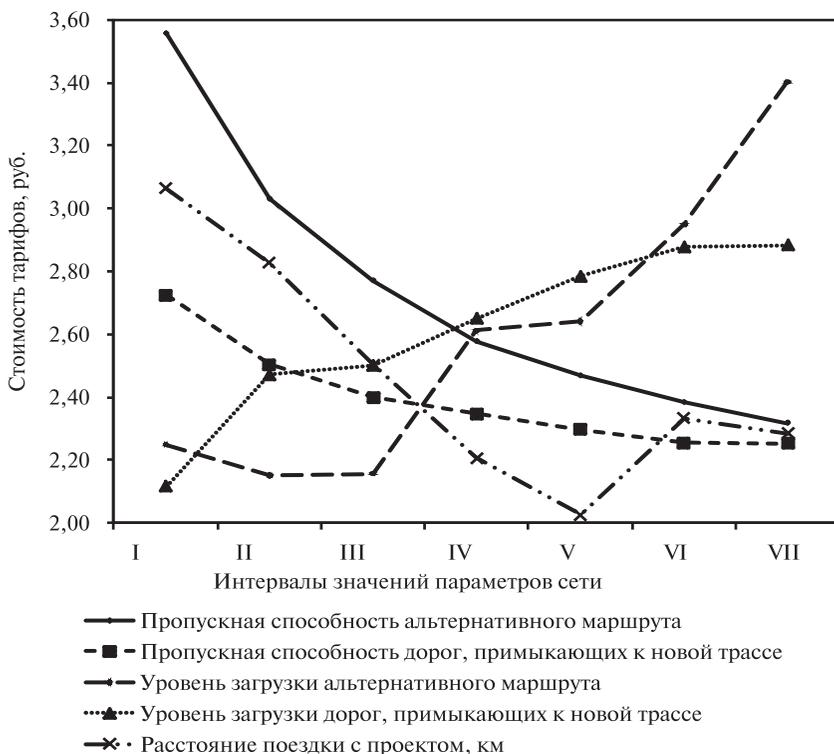


**Рис. 2.** Влияние параметров сети на структуру инвестиций в платные дороги

с высоким уровнем загрузки, низкой пропускной способностью и относительно большим сокращением расстояния поездки.

Проведенные вычисления, безусловно, не отражают всей сложности оценивания эффектов от ввода платных дорог в России, ни с точки зрения процессов формирования потоков и конфигурации сетей автомобильных дорог, ни с точки зрения подходов к оптимизации выбора инвестиционных проектов.

Многовариантные расчеты показывают, что при расположении трассы с примыканием к проблемным участкам сети целесообразность ввода платы за проезд повышается (до 20 % всех проектов), так как с помощью платы появляется возможность регулировать избыточный транспортный поток. Такой эффект применительно к новым дорогам, по-видимому, в большинстве случаев является следствием неправильного выбора расположения



**Рис. 3.** Влияние параметров сети на значения регулируемых тарифов

трассы. Однако выбранная агрегированная модель не позволяет оценить, в какой степени на обоснованность платного режима функционирования новых дорог влияет выбор местоположения новой трассы.

В расчетах не рассматривались процедуры отбора проектов при разных уровнях бюджетных ограничений, поэтому значения доли платных дорог следует расценивать как потенциальные.

Другой важный недостаток модели — это отсутствие расчетов в динамике за весь период жизнедеятельности проекта. Анализ одного статического сечения существенно убыстряет проведение расчетов, но при этом за рамками исследования остаются протяженные во времени процессы формирования транспортных потоков и, соответственно, финансовых потоков для покрытия частных инвестиций на строительство дорог.

Тем не менее, полученные результаты позволяют сделать вывод, что обоснованность выбора режима функционирования дороги (платный или бесплатный) является гораздо более важным фактором для эффективности,

чем общепринятое в мировой практике регулирование тарифов с целью защиты интересов пользователей дорог. Более того, проекты с обоснованным вводом платного режима даже при свободном формировании тарифов позволят повысить эффективность бюджетных инвестиций в сравнении с полностью бюджетным финансированием дорожного строительства (хотя некоторые проекты при этом будут экономически убыточны).

Уровень тарифов, доля частных инвестиций, обоснованность платного режима существенно зависят от сокращения расстояния поездки в результате реализации проекта, поэтому, возможно, наиболее эффективным (с общественной точки зрения) было бы создание концессий на сетях с неудовлетворительной территориальной обеспеченностью дорогами.

## Литература

1. Методика расчета размера платы за проезд по платным автомобильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса. Минтранс РФ, 2003.
2. *Варнавский В. Г.* Концессии в транспортной инфраструктуре: теория, практика, перспективы. М.: ИМЭМО РАН, 2002.
3. *Васильева Е. М., Левит Б. Ю., Лившиц В. Н.* Нелинейные транспортные задачи на сетях. М.: Финансы и статистика, 1981.
4. *Стенбринк П. А.* Оптимизация транспортных сетей / Пер. с англ. Е. М. Васильевой и В. В. Космина; Под ред. В. Н. Лившица. М.: Транспорт, 1981.
5. Economic Analysis Primer. U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Asset Management. August 2003.
6. *Vassalo J. M.* Analysis of the Japanese Toll Expressway System in the Framework of the Current Trend of the Toll Road Business in the World. 2008.