

**УДК 658.330:656.13.08****Н.Н. Голофастова, А.В. Косолапов**

## **МИКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Появившиеся в последние годы многочисленные продукты интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и информационные услуги пользователям городских улично-дорожных сетей были разработаны для снижения задержек городского движения за счет повышения уровня обслуживания и увеличения производительности автомобильного транспорта. Есть основание считать, что такие усовершенствования в целях повышения эффективности транспортной системы могут привести к увеличению не только спроса на поездки, но и вредных выбросов автомобилей. Краеугольным камнем аргументов противников развертывания ИТС на основе «качества воздуха» (по американской терминологии) является допущение, что увеличение пропускной способности дорог не решит проблему с задержками, но приведет к появлению еще большего количества автомобилей на дорогах и росту их вредных выбросов. Некоторые противники ИТС утверждают, что вредные результаты повышенного спроса, проявленные в увеличениях числа и протяженности (и, соответственно, продолжительности) поездок автомобилей, могут перевесить потенциальные выгоды от снижения вредных выбросов за счет уменьшения задержек, обеспечиваемого использованием ИТС.

Это опасение возникает благодаря широко распространенной общественной оппозиции инвестициям в дорожную сеть, основанной на концепции «вызванной поездки» и, связанным с ней, вредных последствий типа роста заторов, транспортного шума, загрязнения воздуха и излишних затрат топлива. Этот аргумент, однако, отражает как непонимание экономического механизма, вызывающего изменения количества поездок, так и путаницу между увеличением спроса, связанного с ростом объема движения, вызванного совершенствованием организации дорожного движения, и долгосрочным ростом объема перевозок [1].

Следовательно, необходимо ощущать разницу между увеличением спроса на поездки, вызванные снижениями сложившихся издержек пользователей, и ростом числа поездок, вызванных демографическими и экономическими факторами. Цель этой статьи состоит в том, чтобы представить анализ, основанный на микроэкономических принципах, оценки потенциальных воздействий ИТС на спрос на перевозки с акцентом на изменения в потребительских излишках и внешних затратах.

*Экономическая интерпретация интенсивности движения*

Первый шаг в формулировке аналитической

структуре оценки ИТС должен состоять в анализе соотношения между спросом на передвижение и условиями его выполнения (т.е. предложением). Спрос на передвижение возникает при взаимодействии социальных и экономических процессов, разделенных в пространстве. В отличие от большинства товаров и услуг, транспортные услуги подчиняются требованиям, означающим, что поездка, изолированная сама по себе, редко приносит любую измеримую пользу потребителю.

Разделенные в пространстве, люди удовлетворяют свои потребности в социальной и экономической жизни участием в поездках. В большинстве городов перемещение в пространстве обеспечивается тремя основными способами передвижения: на легковом автомобиле, пешком и на массовом общественном транспорте.

Как и любая другая экономическая деятельность, совершение поездок имеет стоимость. Сталкиваясь с альтернативными способами транспортировки и разными маршрутами от места отправления до места назначения, потребители выбирают способ передвижения и маршрут на основе таких критерии, как стоимость поездки, время поездки, комфорт, пропускная способность и удобство. В случае поездки на автомобиле денежные затраты включают в себя эксплуатационные расходы, такие как расходы на бензин, оплату мест стоянки, ремонт транспортного средства, его амортизацию и страхование. Затраты, связанные со временем, включенным в понятие поездки, учитываются как стоимость времени поездки. Эти затраты отражают возможную цену потребителя, т.к. время поездки могло бы использоваться для получения дохода или проведения досуга. Комфорт и удобство данного маршрута или способа передвижения также должны быть подсчитаны в общей стоимости совершения поездок. Эти стоимости различны для разных индивидуумов, способов передвижения и маршрутов, часто ранжируются различными потребителями, базируясь на комфорте и удобстве, задаваемых как оценка взаимосвязанных денежных и временных затрат.

Важным элементом в происхождении факторов, которые определяют требования к поездке, является влияние пропускной способности (т.е. характеристики путей сообщения) на предполагаемые издержки пользования. Так, например, транспортный затор может быть определен как ряд воздействий, при которых водители (т.е. потребители) учитывают некоторые переменные (время, число транспортных средств, расход топ-

лива и т.д.), требуемые для выполнения поездки (обслуживания), и требуемое количество этих переменных на единицу продукции или качество продукции (например, уровень транспортного обслуживания) зависит от нормы потребления.

Поскольку данная дорога становится переполненной, виртуально каждый компонент стоимости пользователя увеличивается, а комфорт и удобство поездки уменьшаются. Но, что более важно, значительно увеличиваются затраты времени. Поскольку на данной дороге затор увеличивается, то потребители отвечают на эти повышающиеся затраты переходом на альтернативные способы передвижения, маршруты или время поездок. Таким образом, спрос на поездки по дороге обратно пропорционален издержкам пользования - при увеличении затрат пользователи снижают спрос на поездки по этой дороге. Следовательно, спрос на поездки - функция издержек пользования.

Аналогично, на пропускную способность дороги влияет число транспортных средств, использующих систему. Вообще, функция предложения (т.е., характеристика дороги) описывается уровнем обслуживания, который зависит от объема движения. Уровень обслуживания включает те компоненты стоимости поездки, которые упомянуты выше. Связь между стоимостью поездки и предложением транспортных услуг является противоположной самому спросу. В то время как функция спроса показывает, как на объем движения воздействует уровень обслуживания транспортной системы, функция предложения показывает, как на этот уровень обслуживания влияет объем движения в транспортной системе.

Уровень интенсивности движения отражает взаимодействие между спросом на поездки и основными характеристиками дорог (т.е., предложением). Спрос изменяется в соответствии со стоимостью используемых пользователями переменных, необходимых для совершения поездок. Количество используемых пользователями переменных и, таким образом, стоимость совершения поездок для пользователя изменяется в соответствии с данным объемом движения, рассматриваемым как дополнительная характеристика дороги.

В дорожном движении наблюдаются различия в объеме движения в течение различных часов дня и на различных дорогах. Пространственные и временные изменения в объемах движения по индивидуальным маршрутам или на определенных дорогах отражают динамический характер равновесия между спросом и предложением. Для конкретной дороги в течение данного часа дня конкретный объем движения будет определяться соотношением спроса и предложения на перевозки.

Различные стратегии ИТС обладают потенциалом для непосредственного изменения соотношения между спросом и предложением за счет изменения издержек пользователя на поездку. Например, системы указания маршрута могли бы

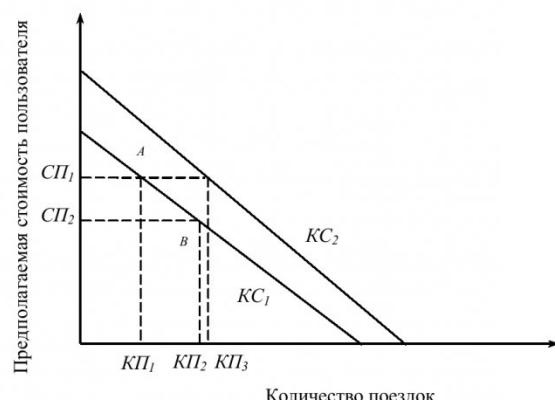
уменьшать затраты времени предложением пользователю системы выбора наиболее целесообразного маршрута от места отправления до места назначения. Отклоняя водителей от переполненных маршрутов, чтобы освободить текущие маршруты или менее переполненные дороги, пространственные и временные модели поездок могут меняться, изменения системные и местные равновесия между спросом на поездки и предложением.

#### *Характеристики кривой спроса на поездки на легковом автомобиле*

Рис. 1 показывает гипотетическую кривую спроса на поездки на легковом автомобиле, изображенную для упрощения анализа в виде прямой линии [1]. На вертикальной оси откладывается предполагаемая стоимость пользователя, а на горизонтальной оси – количество поездок (например, объем движения, число поездок транспортных средств, пройденные километры транспортных средств). В отличие от большинства товаров, транспортные услуги не производят никакой измеримой пользы. Если принять, что совершение поездок позволяет отдельным людям принимать участие в социально-экономических процессах, которые приносят пользу или доход, и так как транспортировка – это просто средство для преодоления пространственного разделения между пунктами отправления и назначения (местами проживания и местами совершения каких-либо действий), то поездка подчиняется тем же самым экономическим принципам спроса, как и все другие обычные товары. В частности, как это показано на рис. 1, при увеличении предполагаемой стоимости пользователя (в результате увеличения денежных затрат, стоимости времени, или снижения удобства), спрос на поездки на легковом автомобиле уменьшается.

Необходимо отметить несколько основных элементов кривой спроса на поездки на легковом автомобиле.

Во-первых, кривая спроса описывает функциональную связь между поездкой и предполагаемой стоимостью пользователя, допускающую, что нет никакого изменения в значениях других



*Рис. 1. Кривая спроса (KC) для дорожного движения: вызванный и долгосрочный рост*

переменных, таких как цена на дополнительные услуги (например, поездка на автомобиле против поездки на общественном транспорте), численность собственников транспортных средств, персональный доход, численность населения и других экономических и демографических факторов.

Во-вторых, кривая спроса описывает ситуацию в отдельном моменте времени и определенной географической точке (например, участок отдельной дороги, улично-дорожной сети и т.д.). Кривая должна ответить на вопрос: «Если цена должна измениться, то каков будет спрос на поездки у индивидуума или коллектива?».

В-третьих, изменения в предполагаемых издержках пользователя вызовут перемещение по кривой спроса (показано на рис. 1 перемещением из точки  $A$  в точку  $B$ ). Соответствующие изменения в количестве требуемых поездок (описанные на рис. 1 как значения  $KП_1$  и  $KП_2$ ) представляют то, что было упомянуто как «вызванный спрос».

В-четвертых, изменения в цене дополнительных товаров, персональном доходе, численности собственников транспортных средств, численности населения или других экономических и демографических факторов заставляет всю кривую спроса изменяться так, чтобы любое большее или меньшее количество поездок требовалось при любой цене. Например, увеличение численности населения (в отдельной области) вызывает изменение кривой спроса (для этой области), направленное к  $KС_2$ , как показано на рис. 1.

Это смещение вызывает увеличение количества поездок из точки  $KП_1$  до точки  $KП_3$ , которое вызывается скорее долгосрочным ростом, чем сокращением цены. Важно различить разницу между увеличением числа поездок, вызванным уменьшением цены, и увеличением поездок, происходящим из-за увеличения спроса в быстро расширяющихся районах, где размещаются инвестиции в дорожную сеть и инфраструктуру. Величина изменений в спросе в ответ на изменения в цене зависит в итоге от эластичности спроса. Эластичный спрос (т.е. отраженный относительно плавной кривой спроса) подразумевает, что изменение в цене приводит к большим изменениям в количестве поездок. Неэластичный спрос (т.е. отраженный относительно крутой кривой спроса) подразумевает, что изменение в цене приводит к небольшим изменениям в количестве поездок. При коротком пробеге автомобиля кривая спроса на поездки относительно неэластична, так как водители не могут легко изменить свои предъявляемые требования к поездкам, которые вытекают из существующего размещения их места проживания и места занятости. В результате изменения в цене имеют относительно меньшее воздействие на спрос на поездки.

При значительном пробеге автомобиля водители имеют возможность выбрать различные маршруты, связывающие их места проживания и мес-

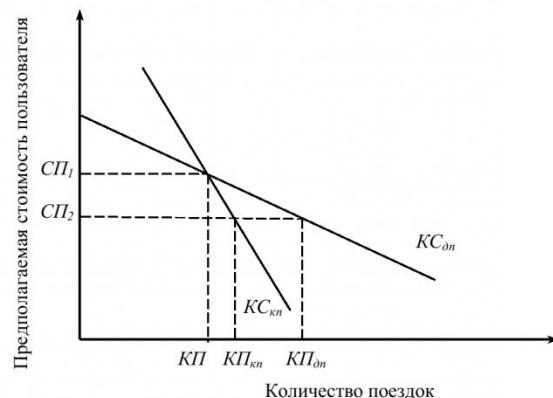
та занятости, и изменять свое поведение другими способами, которые влияют на их выбор поездок. Следовательно, кривая спроса для долговременных поездок более эластичная, чем кривая спроса для кратковременных поездок.

Важное заключение состоит в том, что модели, основанные на протяженности поездки, представлены более эластичной кривой спроса для долговременных поездок и изменения в этих моделях не изменяют кривую спроса для кратковременных поездок.

#### *Активное сальдо потребителей [1]*

Если люди предпринимают поездки для участия в социально-экономических отношениях, которые приносят доход или пользу, то активное сальдо потребителей определяется как чистая выгода (прибыль), которую потребители получают от того, что становятся способными купить товар по преобладающей цене, измеряемой разностью между максимальным количеством, который потребители желали бы оплачивать и тем, что они фактически оплачивают. Как показано на рис. 2, активное сальдо потребителей представлено треугольной областью под кривой спроса и превышает преобладающую рыночную цену (например,  $СП_1$ ). Изменения в рыночной цене на поездку (т.е. стоимость пользователя) изменяют величину активного сальдо потребителей. Например, уменьшение времени поездки в результате инвестиций в дорожную сеть типа систем управления движением или повышение пропускной способности дорог, снижают общую стоимость пользователя, представленную на рис. 2 падением цены от  $СП_1$  до  $СП_2$ . Падение цены приводит к возрастанию выгоды пользователям системы, описываемым увеличением активного сальдо потребителей. Следовательно, поскольку, как показывает анализ проектов ИТС, они, вероятно, стимулируют рост интенсивности движения, то они также приведут к выгодам пользователям таких систем или дорог в целом.

Микроэкономическая теория определяет кривую предложения как функцию, которая отражает количество товара, который продавец желает



*Рис. 2. Спрос на кратковременные поездки (кп) и спрос на долговременные поездки (дп)*

предложить на рынке по данной цене. Чем выше цена, тем больше количество товаров, которые продавец желает предложить. В то время как это определение справедливо для большинства товаров и услуг, оно не подходит для анализа поездок. Это несоответствие в значительной степени происходит из-за факта, что многое из того, что определяет атрибуты поездки, является скорее результатом поведения пользователя, нежели поведением поставщика. Как указано выше, результат перевозок непосредственно определяется тем, как водители используют транспортную систему. Таким образом, многие из важных аспектов уровня транспортного обслуживания, которые непосредственно воздействуют на транспортные потоки, зависят скорее от поведения пользователей, чем от решений, принятых поставщиком транспортных услуг или транспортным оператором.

Превращение зависимости «скорость – интенсивность», известной из теории транспортных потоков, в кривую числа поездок устанавливает зависимость предполагаемых затрат пользователя от времени поездки (т.е. от величины, обратной скорости). В терминах организации дорожного движения такой параметр называется темпом движения.

Учитывая, что время поездки по единице расстояния рассчитывается делением количества затраченного времени на поездку на скорость, то стоимость времени поездки, затраченного на преодоление единицы расстояния, может быть определена как:

$$c=t v, \quad (1)$$

где  $c$  – стоимость времени поездки по единице расстояния (руб. на 1 км);

$t$  – время поездки по единице расстояния (минуты на 1 км);

$v$  – стоимость единицы времени (руб. за 1 минуту).

Общая предполагаемая стоимость пользователя ( $OC$ ) при проезде единицы расстояния задается следующим выражением:

$$OC = CЭ + c, \quad (2)$$

где  $CЭ$  представляет собой стоимость эксплуатации транспортного средства.

Т.к.  $c$  является функцией скорости (и относится к переменным расходам) – т.е. при уменьшении скорости  $c$  увеличивается – то предполагаемая стоимость пользователя также увеличивается при уменьшении скорости.

Итоговое соотношение между стоимостью одной и интенсивностью движения показано на рис. 3. При увеличении интенсивности стоимость пользователя сначала медленно увеличивается, но при достижении максимального значения интенсивности (предела пропускной способности) стоимость становится предельной и начинает очень резко возрастать. Эта зависимость описывается кривой кратковременных поездок, которая от-

ражает количество поездок, каковые могут быть выполнены на дорожной сети при различных уровнях предельной стоимости (может быть представлено рядом измерителей, включая объем движения, число маршрутов транспортных средств, пробеги транспортных средств и др.).

Издержки пользователя являются критическими по отношению к поведению водителя, определяющему выбор маршрута и режим движения. Поэтому для отдельного маршрута функция предложения для поездки на легковом автомобиле обычно зависит от следующих параметров.

- *Общие денежные затраты.* В дополнение к затратам на эксплуатацию транспортного средства, таких как расходы на ГСМ, ТО и ТР, амортизацию и др., в прямые затраты включают и скрытые затраты типа косвенных налогов. Потенциальное влияние реализации ИТС на прямые затраты на поездку в значительной степени игнорируется в дебатах относительно поездок, вызванных развертыванием ИТС. Однако дорожная сеть эксплуатируется на основе платежей её пользователей и нет никаких доказательств того, что реализация и функционирование ИТС будет приводить к увеличению прямых затрат через изменения отчислений в дорожные фонды.

- *Общее время поездки.* Этот стоимостной элемент включает в себя полные издержки, связанные со временем ожидания и временем пробега по маршруту (т.е. временем, фактически потраченным на движение). Множество продуктов ИТС и услуг пользователям должны приводить к

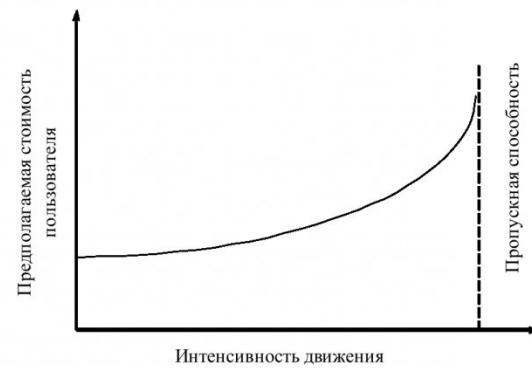


Рис. 3. Кривая предложения для дорожного движения

уменьшению общего времени поездки за счет снижения транспортных заторов. Например, система координированного регулирования позволяет контролировать движение транспортных средств через их разделение во времени и в пространстве, управляя скоростным режимом и применяя изменяемые дорожные знаки. Прогресс в системах управления движением позволяет объединить данные, получаемые в реальном времени, о пропускной способности улично-дорожной сети и о спросе на поездки, таким образом, позволяя повышать эффективность транспортной сети и уменьшая задержки, связанные с транспортными

заторами.

Другие параметры, описывающие функцию предложения, включают комфорт и удобство. Дискомфорт и неудобство поездки будут существенно снижаться применением многих элементов ИТС, таких как усовершенствование системы управления транспортным средством, которые, в конечном счете, исключат (или минимизируют) человеческий фактор из процесса управления движением транспортного средства.

Эти атрибуты функции предложения предполагают, что даже дорожная сеть с ограниченной пропускной способностью имеет кривую предложения, связанную с этим ограничением, и транспортный затор (происходящий по причине изменений в поведении водителей, вызванных изменениями скорости движения) заставляет эту кривую предложения отклоняться вверх.

Кривизна (т.е. эластичность) кривой предложения при возникновении транспортного затора зависит от поведения водителей. Влияние конструкции дороги на поведение водителей определяет чувствительность стоимости поездки к изменениям в количестве транспортных услуг. Эффект влияния ИТС на совершение поездок будет зависеть от кумулятивного влияния ИТС на стоимость поездки, происходящего в результате совокупного снижения времени поездки.

#### *Внешние затраты*

Внешние проявления в виде транспортного затора, загрязнения воздуха, шума и других негативных последствий, вызванных поездкой на транспортном средстве, учитываются таким образом, что стоимость километра городской поездки для индивидуума будет зачастую значительно меньше, чем полная стоимость поездки для общества. Транспортный затор является как общественной, так и частной проблемой. Вливаясь в переполненный транспортный поток, индивидуальный автомобилист не только увеличивает свою собственную частную стоимость, но также и увеличивает частную стоимость других автомобилистов на дороге. Следовательно, стоимость транспортного затора является одним из внешних факторов – действие одного индивидуума добавляет затраты для других участников дорожного движения в дополнение к тем, которые они уже несут. Количественное определение этого компонента общественной стоимости является трудной задачей, но он может быть измерен непосредственно как увеличение времени поездки (т.е. за счет учета задержек), или косвенно снижением производительности труда или другими экономическими показателями.

Шум и загрязнение воздуха являются другими негативными последствиями, связанными с поездкой на автомобиле, которые вызывают расхождения между частными затратами и общественными затратами. Проявление этих явлений обостряются с увеличением интенсивности движения. Т.к. из-

мерение этих внешних затрат зависит от величины общественных затрат, выделенных, например, на очистку воздуха, то эти и другие внешние затраты могут быть рассчитаны в абстрактной форме. Для иллюстрации примем, что стоимость поездки на транспортном средстве задается выражением [1]:

$$OC_{n-l} = \frac{S \cdot \Pi C \cdot (n - l)}{\bar{v}} + [S \cdot k \cdot (n - l)], \quad (3)$$

где  $OC$  – общая стоимость поездки на автомобиле,

$S$  – длина пройденного пути;

$\Pi C$  – предельная стоимость поездки в единице времени;

$k$  – стоимость ущерба от шума и загрязнения воздуха на 1 километре пробега;

$\bar{v}$  – средняя скорость поездки;

$n-l$  – число водителей, находящихся на дорогах.

Принимая, что как только дополнительный водитель вливается в транспортный поток (увеличивая тем самым число водителей на дорогах от  $n-l$  до  $n$ ), то средняя скорость транспортного средства снижается на величину  $X$  в результате транспортного затора и общая стоимость будет изменяться следующим образом:

$$OC_n = \frac{S \cdot \Pi C \cdot n}{\bar{v} - X} + [S \cdot k \cdot n], \quad (4)$$

где  $0 \leq X < \bar{v}$ .

Следовательно, предельная общественная стоимость или дополнительная стоимость, вызванная  $n$ -м водителем, является просто разностью между  $OC_n$  и  $OC_{n-l}$ :

$$\begin{aligned} \text{ПОС}_n &= \left\{ \frac{S \cdot \Pi C \cdot n}{\bar{v} - X} + [S \cdot k \cdot n] \right\} - \\ &- \left\{ \frac{S \cdot \Pi C \cdot (n - l)}{\bar{v}} + [S \cdot k \cdot (n - l)] \right\} = \\ &= \frac{S \cdot \Pi C}{\bar{v} - X} + \frac{S \cdot \Pi C \cdot X \cdot (n - l)}{\bar{v}(\bar{v} - X)} + [S \cdot k]. \end{aligned} \quad (5)$$

Для любого индивидуального водителя предельная частная стоимость поездки задается как:

$$\text{ПЧС}_n = \frac{S \cdot \Pi C}{\bar{v} - X} \quad (6)$$

Разность между предельной общественной стоимостью ( $\text{ПОС}$ ) и предельной частной стоимостью ( $\text{ПЧС}$ ) и определяет внешние затраты. В упрощенном примере они задаются как:

$$\text{ПОС}_n - \text{ПЧС}_n = \frac{S \cdot \Pi C \cdot X \cdot (n - l)}{\bar{v}(\bar{v} - X)} + [S \cdot k] \quad (7)$$

По определению величины  $X$ ,  $S$ ,  $\Pi C$ ,  $k$ ,  $n-l$  и  $\bar{v} - X$  являются положительными. Поэтому величина внешних затрат тоже положительна и  $n$ -й индивидуум прибавляет дополнительную стоимость обществу, вливаясь в транспортный поток. Графически эта разность описана расстоянием по

вертикали между кривыми предельных общественных и частной стоимостей (рис. 4).

Сравнительная величина результатов их влияния на активное сальдо потребителя и внешние затраты определяет общественное значение применяемых технологий и продуктов ИТС и услуг пользователям.

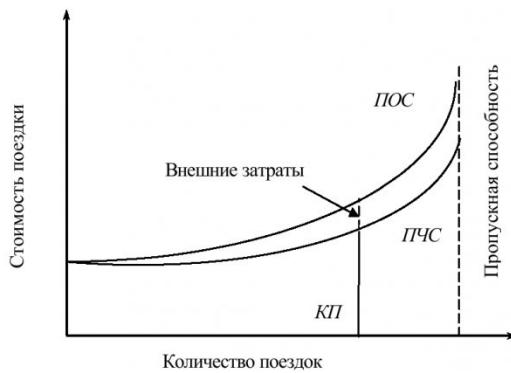


Рис. 4. Внешние затраты

#### Потенциальное влияние ИТС на число поездок

Объединяясь с кривой спроса на поездки по данному маршруту или по данной дороге (в данной точке в данное время), эффект от смещения кривой поездок переводит в новое количество равновесие поездок. Рост числа поездок отражает вызванное движение, следующее из уменьшений предельных издержек пользователей или увеличений частоты пользования дорожной сетью, которое происходит в результате сокращения стоимости пользования на единицу транспортного обслуживания, обеспечиваемого дорожной сетью (например, руб. за автомобилекилометры, пройденные по дороге в данной точке в данное время).

Таким образом, развитие, например, автоматизированных систем управления движением [3] снижает цену равновесия и увеличивает количество равновесия. Падение цены создает активное сальдо потребителя.

Отдельные выводы из этого состоят в следующем.

- Вызванный спрос должен быть расценен скорее как признак того, что инвестиция в ИТС принесет выгоды, чем как свидетельство непредвиденного или непреднамеренного побочного эффекта, которого можно избежать, не выделяя инвестицию. При новом количестве равновесия и предельной прогнозной стоимости пользователя активное сальдо потребителей становится больше. Величина изменений в активном сальдо потребителей зависит от относительной эластичности спроса и предложения. Следовательно, когда рост поездок, вызванный развертыванием проектов ИТС, вызывает внешние затраты, то он также обеспечивает реальные выгоды пользователям транспортной системы.

- Когда рост числа поездок, вызванных развертыванием ИТС, приводит к росту внешних за-

трат, то важно бороться непосредственно с их конкретным проявлением (например, совершая технологию снижения вредных выбросов, увеличивая сборы и налоги на топливо, вводя платные дороги и т.д.), вместо того, чтобы жертвовать выгодами от инвестиций для минимизации этих внешних затрат. По крайней мере, выгоды от действия ИТС должны быть сравнены с любым результатом изменений во внешних затратах, сгенерированных поездками на усовершенствованном отрезке дороги.

Кроме того, вызванный спрос, связанный с развертыванием ИТС, должен быть отличен от увеличений числа поездок и использования дорожной сети, которое происходит из-за долгосрочного роста. Динамический характер рынка поездок на транспортных средствах проявляется в непрерывных изменениях спроса, которые следуют из долгосрочного роста, и периодическом росте возможностей совершения поездок благодаря или повышению пропускной способности дорог, или, в будущем, развертыванию ИТС, как показано на рис. 5. Вызванный спрос связан с уменьшением стоимости пользователя, т.к. направленное наружу смещение кривой совершения поездок подразумевает, что большее число поездок может быть совершено при каждом уровне стоимости. Смещения кривой спроса приводят к более высоким издержкам пользования, т.к. при возникновении транспортного затора уменьшаются скорости и увеличивается время поездки. На практике рост числа совершенных поездок часто возникает именно в местах, где спрос возрастает наиболее быстро, что создает трудности в отделении наблюданного роста поездок, возникающего из роста спроса, который вызван увеличениями возможностей совершения поездок. В итоге на отдельных дорогах многое из того, что считается вызванным спросом, фактически может быть отклоненным движением с других дорог.

Представленное исследование сосредоточивалось на потенциальных результатах влияния усовершенствованных систем управления транспортными потоками на количество поездок. Оно также полезно для анализа влияния планирования поездок, выбора режима и других параметров поездок. Например, усовершенствованные системы информации для водителей устраниют влияние неэффективной (т.е. не являющейся *оперативной*) информации, помогают водителям в процессе принятия решения принимать во внимание маршрут поездки, режим маршрута, время маршрута и другие аспекты планирования поездки. Любая неэффективная информация, относящаяся к поездке, всегда вызывает перепробеги транспортных средств и такое совершение маршрута, которое вызывает транспортные заторы, повышение загрязнения воздуха и перерасход топлива. Важным элементом усовершенствованных систем информации для водителей является возможность полу-

чения необходимой информации до отправления в поездку: например, система компьютерного планирования маршрута, использующая алгоритмы нахождения минимального пути – которая может быть основана на длине поездки, времени поездки или стоимости поездки – на базе данных транспортной сети для помощи водителям в определении оптимального времени отправления в поездку, маршрута и режима движения.

Потенциальное влияние усовершенствованных информационных систем для водителей, типа планирования маршрута на базе компьютерного моделирования, на количество поездок показано на рис. 5. Реализация стратегий ИТС будет воздействовать и на дорожную информацию, и на рынок транспортных услуг так, что водители будут перестраивать свое планирование поездок на получение преимуществ от менее дорогой и более достоверной информации о поездках.

Один из вариантов возможных воздействий, который зависит от самих водителей, состоит в использовании изменения времени отправления в поездку. Допустим, что если некоторые водители способны изменить время отправления поездок на работу (так называемых *трудовых* поездок), то влияние систем электронного планирования маршрута будет состоять в том, чтобы изменить баланс спроса на поездки, стимулируя выполнять их в межпиковые периоды и уменьшая поездок в часы пик. Влияние этих изменений во времени отправления на количество поездок в часы пик и в межпиковые периоды показано на рис. 5 смещением “внутрь кривой спроса” на поездки в часы пик и смещением наружу кривой спроса на поездки в межпиковое время. Результирующее влияние на вредные выбросы автомобилей зависит от величины изменения числа поездок в часы пик и в межпиковые периоды. Это вполне вероятно, однако, эта реализация информационных систем планирования поездок уменьшит транспортные затраты в часы пик без значительного сокращения интенсивности движения в течение межпиковых периодов, так как только небольшое число водителей способно изменить время их отправления в поездку на работу. Совершенствование организации движения транспортных потоков в часы пик

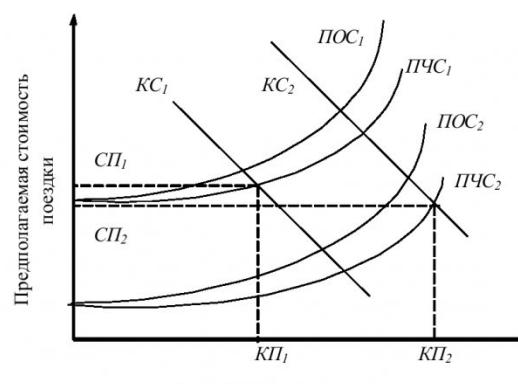


Рис. 5. Одновременные смещения в кривых спроса и числа совершенных поездок

приведет к снижению вредных выбросов и расхода топлива, в то время как все остальные параметры движения останутся неизменными.

Различные технологии ИТС, также хорошо подходящие для повышения эффективности транспортного процесса, требуют таких программ управления, как например расчет платы за проезд, которые могут помочь изменить внешние затраты, связанные с поездками на автомобиле. ИТС может играть объединяющую роль в программах, которые пытаются изменить цену управляемых сигналов, направляемых пользователям транспортной системы. Так, при помощи автоматической идентификации транспортного средства (одной из разновидностей программ и технологий ИТС), плата за проезд может быть дифференцирована по времени суток и пройденному расстоянию, чтобы более высокие ставки в часы пик и за более длинные поездки могли компенсировать продолжительные транспортные затраты и высокие экологические затраты в таких случаях.

Кроме того, ИТС могут облегчить выявление и снятие с эксплуатации автомобилей, загрязняющих окружающую среду выше нормативов, и могут служить дополнением к обычным программам технического осмотра и технического обслуживания путем применения бортовых систем, контролирующих вредные выбросы непосредственно самого транспортного средства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National policy conference on Intelligent Transportation Systems and the environment. Conference Papers. Arlington Renaissance Hotel Arlington, Virginia June 6-7, 1994
2. Брайловский Н. О. / Управление движением транспортных средств / Н.О. Брайловский, Б. И. Гравновский – М. : Транспорт, 1975. – 112 с.
3. Стенбринк П. А. / Оптимизация транспортных сетей / Под ред. В. Н. Лившица – М. : Транспорт, 1981. – 320 с.

□ Авторы статьи:

Голофастова

Наталья Николаевна

– канд. экон. наук, доц., зав. каф.  
«Экономики и организации машино-  
строительной промышленности»

Косолапов

Андрей Валентинович

– канд. техн. наук, доц. каф. «Авто-  
мобильные перевозки»