

Моделирование выбора предпроектных изысканий на нелинейных автодорожных сетях

С.П. Бушанский¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИ) РАН, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена проблема повышения качества составления планов развития дорог и выбора проектных решений. Основное внимание уделено ограничениям информационного характера в экономическом обосновании инвестиционных программ и отдельных проектов, вызванным нехваткой требуемой информации для принятия обоснованных решений на верхнем уровне управления и ее запаздыванием на проектной стадии. Изложены подходы к разработке моделей оптимального выбора предпроектных изысканий с учетом потенциальных эффектов от улучшения схем развития сети и проектных решений. Рассмотрены модели оценки потенциальных выгод от изысканий на отдельных звеньях сети. Сформулирована новая оптимизационная задача выбора предпроектных изысканий мероприятий по развитию звеньев сети заданной топологии при эндогенном выборе маршрутов и экзогенных объемах корреспонденций.

Ключевые слова: *предпроектные изыскания, оптимизация инфраструктурного развития, социально-экономическая эффективность.*

DOI: 10.14357/20790279180308

Введение

В проектировании автодорог обычно выделяют три основных стадии: предпроектная стадия, разработка проектной и рабочей документации [1]. До 2008 года* завершением предпроектных изысканий являлось технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта, документация которого передавалась в систему государственной экспертизы. В ТЭО определялись расчетная стоимость строительства и основные технико-экономические показатели объекта, обосновывалась дальнейшая стадийность разработки проектно-сметной документации (в две стадии – проект и рабочая документация или в одну стадию – рабочий проект). Это позволяло более экономно расходовать средства на проектно-исследовательские работы (ПИР), минуя, при возможности, более дорогую, чем ТЭО [2], стадию проекта. На проектной стадии уточняют принятые ранее решения, оценивается экономическая эффективность проекта.

Теоретически, наиболее важный этап – это составление схем развития дорог, когда и должно определяться перспективное начертание сети, в дальнейшем происходит детализация решений (сначала для отдельной дороги, затем для участков движения

небольшой протяженности). Но такая иерархическая структура системы принятия инвестиционных решений оказывается в противоречии с реальными возможностями получения необходимой информации. Данных становится все больше на нижних уровнях проектирования по мере детализации принятых решений, в то время как на верхнем уровне их почти нет, и основные решения, определяющие развитие транспортной системы, могут приниматься скорее интуитивно. В советское время предполагалось, что предварительно в составе схем развития дорог ориентировочная «стоимость строительства, сроки и очередность строительства прорабатываются в минимальных объемах, достаточных для выбора оптимального варианта развития сети автомобильных дорог»**, что не соответствовало и не соответствует реальному положению дел. Ориентировочная стоимость может значительно отличаться от рассчитанной на стадии проекта в несколько раз, прогнозный уровень потоков неизвестен, поэтому ни о каком оптимальном или хотя бы реальном варианте в схемах развития сети, сроках и очередно-

* До Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

** см. Указания о порядке разработки и утверждения технико-экономических обоснований (ТЭО) строительства и технико-экономических расчетов (ТЭР), обосновывающих хозяйственную необходимость и экономическую целесообразность строительства автомобильных дорог общего пользования// Утверждены Минтрансстроем СССР 31.07.1987. Союздорпроект, Минтранс СССР, М.: 1987.

сти строительства, не может идти речи, тем более для нелинейных сетей.

Будущее начертание сети и параметры дорог являются наиболее значимым фактором, влияющим на интенсивность движения отдельного звена сети. Так, развитие альтернативного маршрута может снизить уровень загрузки в несколько раз, а примыкающих дорог – наоборот, существенно увеличить потоки. Но и остальные показатели (прежде всего, это текущая интенсивность движения на дорогах сети), на основе которых прогнозируется спрос на перевозки, выбор видов транспорта и маршрутов, намного точнее исследуются в процессе разработки отдельного проекта, чем на более ранних стадиях.

Необходимость постоянной корректировки планов развития дорог (т.н. непрерывного планирования) подчеркивалась почти во всех работах по проектированию сетей автомобильных дорог (например, [3]). Однако в существующей системе принятия инвестиционных решений есть ряд препятствий для осмысленной корректировки планов. Одно из них в том, что целью ПИР считается, в конечном итоге, одобрение и финансирование проекта, а не объективная оценка его эффективности, что предполагает возможность отказа от проекта. Все затраты на ПИР без последующего строительства воспринимаются как нарушение финансовой дисциплины.* Таким образом, чтобы включить хозяйственное мероприятие в официальную программу, необходимо быть уверенным еще до проведения каких-либо изысканий, что оно эффективно.

Как и любой системе, проектированию свойственна инерционность, которая позволяет «сохранять основные характеристики движения и состояния, пока внешняя по отношению к ней сила не прервет их» [4, с. 144] и обеспечивается сложившимися правилами. Инерционность может способствовать как повышению, так и снижению экономической эффективности [5, с. 24]. Резкие изменения, хотя бы и в правильном направлении, повышают риски неустойчивости функционирования системы и существенного снижения качества ее работы. Но, думается, если разрешить «неудачные» изыскания, т.е. такие, в результате которых

придется отказаться от мероприятий по развитию сети, даже если они уже намечены в программах, качество проектирования дорожной сети дорог только повысится.

Ошибочное представление, что обязательным положительным результатом изысканий должна быть реализация проекта, ограничивает развитие сетевой топологии и делает более предпочтительным расширение и дублирование существующих участков движения, просто потому что по ним накоплено больше информации. Чтобы узнать, какие варианты развития сети предпочтительней, необходимо рассмотреть как можно больше вариантов. Понятно, что нецелесообразно рассматривать слишком большое количество проектов, так как выгоды от более эффективной инвестиционной программы могут оказаться меньше требуемых дополнительных затрат на изыскания. Должен быть найден некоторый рациональный компромисс. Повысить качество решений можно на основе системы предпроектных изысканий, которые требуют меньше затрат, чем разработка проектов. Учитывая, что потенциальное множество зависимых проектов очень большое, а ресурсы (в т. ч. и время) ограничены, выбор изысканий должен быть обоснованным. В настоящий момент методы обоснования изысканий не разработаны.

1. Подходы к моделированию выбора изысканий

Проведение предпроектных изысканий по отдельному крупномасштабному мероприятию** или группе мероприятий можно рассматривать как инвестиционный проект, «продуктом» которого является новая информация, позволяющая улучшить, исходя из интересов общества, принимаемые решения в сравнении с ситуацией «без проекта», т.е. без проведения изысканий. Согласно [6, Приложение, с. 42], целесообразность затрат на проведение работ, направленных на получение более точной информации, должна обосновываться расчетами социально-экономической эффективности.

Получение новых данных позволяет варьировать принимаемые решения в зависимости от фактических значений тех или иных параметров или их уточненных диапазонов (например, сметная

* Так, в представлении Счетной палаты от 3 июня 2015 г. отмечается: «По состоянию на 01/01/2015 г. на оплату 445 проектно-изыскательских работ, проведенных в целях строительства (реконструкции) автомобильных дорог федерального значения, было израсходовано 3,4 млрд. рублей. Вместе с тем до настоящего времени документация не используется, объекты капитального строительства в федеральную адресную инвестиционную программу на 2015 год не включены.» Представление Счетной палаты Российской Федерации №ПР 10-96/10-04 от 3 июня 2015 года. <http://rosavtodor.ru/agency/structure/economic-and-financial/Kontrolnaya-deyatelnost/15896.html>

** В [6] различают крупномасштабные и локальные (массовые) хозяйственные мероприятия. Реализация крупномасштабного мероприятия оказывает «существенное влияние на межотраслевые и внутриотраслевые пропорции и темпы социально-экономического развития, уровень и динамику...цен». Локальные хозяйственные мероприятия требуют «относительно небольшого расхода ...ресурсов», а их результаты «локализируются в основном в рамках отрасли, региона или объекта».

стоимость, существующий уровень транспортных потоков). До изысканий новые данные остаются неизвестными, но можно оценить, какой дополнительный ожидаемый эффект будет получен, если эти данные появятся.

Рассмотрим вкратце возможные модификации расчетных моделей проектов изысканий в развитие дорожной сети.

Уровень детализации изысканий. Альтернативами в рамках одного проекта могут быть разные сочетания объемов финансирования изыскания и их состав, который, укрупнено, включает исследования существующих транспортных потоков и их взаимосвязей для составления прогнозных моделей и изыскания для предварительной оценки сметы хозяйственных мероприятий. Объем финансирования изысканий, очевидно, влияет на точность их результатов, хотя построить такую зависимость довольно сложно из-за отсутствия данных. Незвестна и зависимость снижения стоимости планируемого строительства дорожных объектов от затрат на изыскания (хотя такие данные приводятся для строительства зданий [7]).

Исследования и моделирование транспортных потоков не обязательно привязывать к какому-то отдельному хозяйственному мероприятию, они могут проводиться для всей сети или крупного ее полигона, однако практически более точные, хотя обычно и более простые по своему математическому содержанию, прогнозы выполняются по отдельным участкам дорог.

Один или несколько проектов. Чтобы обосновать целесообразность реализации отдельного проекта, достаточно показать неотрицательную эффективность лучшего его варианта. Если проекты независимы и нет дефицитных ресурсных ограничений, задача сводится к отбору проектов «по одному». Иначе необходимо выбрать лучшую комбинацию проектов, которая позволяет получить больший, желательно максимальный (что не всегда возможно из-за сложности моделируемых связей), суммарный эффект в сравнении с другими наборами проектов.

Способы моделирования ограничений на объемы инвестиций. Решения задач выбора изысканий без учета ограничений на их общий бюджет могут быть приемлемыми для небольшого количества хозяйственных мероприятий и абсурдными для достаточно большого набора потенциальных мероприятий из-за чрезмерных затрат на изыскания. Возможны три основных вида ограничений: на бюджет изысканий, бюджет мероприятий, которые будут реализованы в результате изысканий, и общий бюджет для финансирования изысканий и мероприятий.

Статическая или динамическая постановка. Многопериодная задача может быть представлена в виде последовательности статических задач, совокупность оптимальных решений которых дает условный оптимум, если эти решения не нарушают условий динамической задачи, в которых используются переменные, относящиеся к разным моментам времени [8, с. 70-75]. Потребность в разработке более сложных динамических моделей связана как с возможными противоречиями в последовательностях изысканий и планируемых мероприятий, так и устареванием материалов изысканий.

Уровни проектирования. Различные модификации модели проекта (проектов) изысканий могут использоваться в зависимости от того, оценивается ли целесообразность включения мероприятий в схемы развития или разработки проектной документации. Соответственно, должны быть отличия и в рассматриваемых элементах выгод.

Прирост социально-экономического эффекта схем развития в результате уточнения информации является верхним ограничением ожидаемого значения этого эффекта. Фактическая его величина зависит от качества управления. Новая информация, полученная в ходе изысканий, «автоматически» не приведет к повышению качества обоснования схем развития (как и отдельных мероприятий).

Предпроектные изыскания нижнего уровня (т.е. проводимые для отдельных дорог или их участков) снижают затраты на ПИР, сокращают сроки их разработки и повышают качество решений. На проектной стадии трудно изменить предварительный выбор основных параметров (категория, количество полос и разноуровневых развязок), особенно если они доложены на верхний уровень и получили одобрение, поэтому разработка предпроекта дает необходимую информацию для обоснованного выбора варианта.

Независимость изысканий. Независимыми являются проекты, результатами которых будет одинаковая или близкая информация, когда данные изысканий по одним хозяйственным мероприятиям могут быть использованы при планировании других мероприятий.

Если мероприятия зависимы, то их изыскания тоже зависимы, так как уточнение решений в результате изысканий по мероприятиям одного или нескольких сетевых звеньев может быть причиной изменения решений по развитию других звеньев.

Независимость мероприятий. Мероприятия зависимы, если реализация одного меропри-

ятия влияет на выгоды и затраты другого. Так, создание нового маршрута отвлекает туда часть потоков и снижает нагрузку на существующие звенья альтернативного маршрута. Увеличение пропускной способности примыканий и смежных дуг, наоборот, приведет к росту потоков на звене и т.п. Из-за нехватки данных и времени, отведенного для анализа отдельного проекта, нередко игнорируется взаимосвязь потоков на разных звеньях, и прогноз выполняется на основе темпов прироста движения, значения которых также носят неопределенный характер.

2. Модель выбора изысканий для отдельного звена (участка дороги)

При условии независимости мероприятий, когда транспортные потоки считаются фиксированными, оценка эффекта от изысканий не требует значительных вычислительных затрат. Стоимости вариантов хозяйственного мероприятия (обозначим как z) определяются отчасти одними и теми же факторами, но по-разному влияющими. Очевидно, разности максимальной стоимости одного варианта и минимальной другого, $z_1^{\min} - z_2^{\max}$ и $z_1^{\max} - z_2^{\min}$, дают чрезмерный размах значений приростных затрат, а разности максимальных и минимальных стоимостей, $z_1^{\min} - z_2^{\min}$ и $z_1^{\max} - z_2^{\max}$ его занижают.

Предположим, что сметная стоимость варианта определяется линейной комбинацией случайных независимых величин λ_i и λ , распределенных в некоторых заданных интервалах:

$$z_i = a_{i1}\lambda_i + a_i\lambda + z_i^{\min}. \quad (1)$$

Каждому из вариантов хозяйственного мероприятия соответствует определенное техническое состояние дороги (инфраструктурного звена).

Если выбирать варианты мероприятия на основе ожидаемых инвестиционных затрат $M[s_i]$, то лучшим является тот вариант, у которого наибольший интегральный дисконтированный эффект, а при равных по всем вариантам выгодах – наименьшие дисконтированные затраты. Статическая задача в году t (далее индекс года опускаем) состоит в выборе состояния звена, для которого затраты минимальны:

$$L_1 = \sum_i y_i (c_i + EM[z_i]) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где c_i – текущие затраты на звене при его техническом состоянии i ; y_i – булева переменная, одна из них должна быть равна единице; E – экзогенная социально-экономическая норма дисконта.

Предположим, что после проведения изысканий только два мероприятия могут быть выбраны, одно из них является решением (2), назовем его эталонным. Тогда наибольший выигрыш от изысканий равен:

$$L = - \frac{\int_{\Delta z^{\min}}^{\Delta z^*} dx \int_x^{x+l} [\Delta c + E\mu\{x\}] f\{t\} dt}{\int_{\Delta z^{\min}}^{\Delta z^{\max}-l} dx \int_x^{x+l} f\{t\} dt} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где Δz^{\min} , Δz^{\max} – диапазон прироста сметной стоимости (относительно эталонного мероприятия); Δz^* – точка, разбивающая исходный диапазон на два интервала; l – размах диапазона значений сметной стоимости после проведения изысканий; Δc – экзогенный прирост текущих затрат в сравнении с эталонным техническим состоянием; $\mu\{x\}$ – прирост ожидаемых инвестиционных затрат, если после предпроектных изысканий станет известно, что они находятся в интервале $(x, x + l)$; $f\{t\}$ – плотность распределения приростных инвестиционных затрат в интервале $(\Delta z^{\min}, \Delta z^{\max})$. $\int_x^{x+l} f\{t\} dt$ – вероятность того, что значения инвестиционных затрат лежат в интервале $(x, x + l)$. Так как эти интервалы пересекаются, в знаменателе (3) нормируются соответствующие вероятности.

Решение (3) заключается в вычислении точки Δz^* , в которой $\Delta c + E\mu\{x\} = 0$. Предполагается, что функция $\mu\{x\}$ является монотонно возрастающей, поэтому либо есть единственное пересечение $\Delta c + E\mu\{x\} = 0$ на интервале $(\Delta z^{\min}, \Delta z^{\max} - l)$, либо нет ни одного. Финансирование предпроектного изыскания целесообразно, если выигрыш L не меньше затрат на их проведение.

Предположим теперь, что возможный выбор оптимальных решений после проведения изысканий не ограничивается только лишь двумя мероприятиями. В таком случае проблему вычисления L целесообразно свести к дискретной задаче. Диапазоны значений случайных величин λ_i и λ разбиваются на равновероятные интервалы j и k , внутри которых ожидаемые значения λ и λ_i после предпроектных изысканий (здесь и далее $\mu\{x\}$ и $\mu\{x_i\}$) предполагаются равновероятными. Если сочетание интервалов jk соответствует случайному событию r , $r=1, \dots, R$, то ожидаемая сметная стоимость мероприятия i после изысканий равна:

$$M[z_{ri}] = \frac{1}{(b_j - b_{j-1})(b_{ik} - b_{ik-1})} \int_{b_{j-1}}^{b_j} dx \int_{b_{ik-1}}^{b_{ik}} (a_{i1}\mu\{x\} + a_{i2}\mu\{x_i\} + z_i^{\min}) dx_i \quad (4)$$

$$\int_{b_{j-1}}^{b_j} f\{\lambda\} d\lambda = \frac{1}{n}; \int_{b_{ik-1}}^{b_{ik}} f_i\{\lambda_i\} d\lambda_i = \frac{1}{n} \quad (5)$$

$$b_0 = 0; b_{i0} = 0; b_{in} = b_n = 1 - l, \quad (6)$$

$$b_{j-1} \leq b_j; b_{ik-1} \leq b_{ik}, \quad (7)$$

где $f\{\lambda\}$ и $f_i\{\lambda_i\}$ – оценка плотности распределения случайных величин до проведения изысканий; b_{ik} и b_j – экзогенные границы интервалов; n – количество интервалов.

Пусть

$$\mu\{x\} = \gamma x + (1 - \gamma)(x + l); \mu\{x_i\} = \gamma x_i + (1 - \gamma)(x_i + l); 0 \leq \gamma \leq 1.$$

Тогда

$$M[z_{ri}] = l(a_{i2} + a_{i1})(1 - \gamma) + s_i^{\min} + \frac{1}{2} a_{i2}(b_{ik} + b_{ik-1}) + \frac{1}{2} a_{i1}(b_j + b_{j-1}). \quad (8)$$

Выигрыш от предпроектных изысканий на звене равен:

$$L = -\frac{1}{R} \sum_i y_{ri} M[z_{ri}] + L_1^* \rightarrow \max_y, \quad (9)$$

где y_{ri} – булева переменная, определяет, выбрано ли мероприятие i при событии r .

3. Модель выбора изысканий на сети

Если мероприятия предполагаются зависимыми, модель существенно усложняется. Для оценки влияния уточненной информации (например, уменьшение интервала ожидаемых значений) на потенциальный социально-экономический эффект требуется построение оптимизационных нелинейных сетевых моделей [3,8–10]. Под оптимизацией имеется в виду отыскание набора хозяйственных мероприятий, которые позволяют достичь максимума суммарного общественного эффекта (или минимума приведенных затрат – в зависимости от варианта постановки задачи). При этом требуется определить, какие и в каком году изменения целесообразно осуществить в топологии и структуре сети, какой уровень потоков при

этом должен быть (или прогнозируется) у каждого из элементов сети в каждом году расчетного периода, какие объемы финансовых ресурсов и из каких инвестиционных источников возможно и целесообразно привлечь в каждом году.

Расчетный алгоритм решения оптимизационной задачи обычно состоит из двух этапов (поиск допустимого решения и его уточнение), на каждом из которых рассматривается декомпозиция на две подзадачи по группам непрерывных (технические состояния звеньев фиксированы) и дискретных переменных (потоки на звеньях фиксированы) [8]. На первом этапе находится допустимое решение с помощью последовательного наложения на сеть потоков корреспонденций по частям. Процедура поиска допустимого решения проходит заданное количество итераций. На втором этапе найденное решение уточняется итерационной процедурой перераспределения потоков, которая состоит в снятии части потоков с сети, перерасчете затрат и перераспределении потоков по новым маршрутам.

На каждой итерации вычисляются затраты на звеньях и выполняется процедура поиска кратчайшего маршрута. Затем определяются новые оптимальные технические состояния звеньев.

Модифицированная постановка задачи поиска оптимального сетевого развития с учетом затрат на информацию заключается в выборе такого набора изысканий, для которого ожидаемый дисконтированный социально-экономический эффект был бы максимальным.

Сформулируем задачу выбора изысканий на сети дорог при следующих допущениях:

- предпроектные изыскания для одного звена сети не влияют на точность оценки стоимости мероприятий для других звеньев;
- объемы корреспонденций A_{qh} заданы;
- выбор маршрутов подчиняется системному критерию.

Критерий задачи:

$$L^Z = E(Z_s y_s + Z_{si} y_{si}) + \frac{1}{R} \sum_{r,h,s} \sum_i (c_{rshi} + E z_{rsi}) y_{rsi} \rightarrow \min_{N,y}, \quad (10)$$

где Z_s – экзогенные затраты на проведение изысканий для звена s ; y_s – булева переменная, которая показывает, проведены или нет предпроектные изыскания для звена s ; Z_{si} – дополнительные экзогенные затраты на проведение изысканий по мероприятию i для звена s ; y_{si} – булева переменная, которая показывает, проведены или нет предпроектные изыскания по мероприятию i для звена s ; $c_{rshi} \{N_{rs}\}$ – суммарные текущие затраты на звене s транспортных средств (ТС) вида h при техническом состоянии i для события r ; N_{rs} – вектор

значений N_{rsh} ; N_{rsh} – интенсивность движения на звене s ТС вида h ; \hat{z}_{rsi} – ожидаемое значение сметной стоимости мероприятия i для события r ; y_{rsi} – булева переменная, которая показывает, находится ли звено s в техническом состоянии i . Все затраты учитываются в теневых ценах [11, с. 108].

$$\sum_{j \in J_q} F_{rjh} = A_{qh}, \quad (11)$$

$$N_{rsh} - \sum_{j \in J^s} F_{rjh} = 0, \quad (12)$$

где F_{jh} – количество ТС вида h , проследовавших по маршруту j ; J_q – подмножество маршрутов, обеспечивающих связь q ; J^s – подмножество маршрутов, включающих звено s .

Если на звене s предпроектных изысканий не проводилось, ожидаемые инвестиционные затраты не зависят от r . Более точная оценка сметной стоимости мероприятия i для звена s известна, если выделены средства на изыскания:

$$\hat{z}_{rsi} = M[z_{si}](1 - y_s y_{si}) + y_s y_{si} M[z_{rsi}], \quad (13)$$

где $M[z_{si}]$ – экзогенные ожидаемые инвестиционные затраты мероприятия i при событии r на звене s до предпроектных изысканий.

Каждое звено находится в одном из возможных технических состояний:

$$\sum_i y_{rsi} = 1. \quad (14)$$

Итерационная схема решения задачи может быть следующей: 1) решается оптимизационная задача при фиксированных затратах на ПИР (кроме необходимых на проектной стадии) для каждого сгенерированного случайного события, 2) затем определяется набор оптимальных изысканий при фиксированных потоках.

На первой итерации распределение потоков совпадает для всех возможных событий, поскольку изыскания с целью уточнения сметной стоимости еще не выбраны ни на одном из звеньев. Поэтому по ее результатам можно существенно улучшить решение без особых вычислительных затрат.

Для события r непосредственный выигрыш от изысканий на звене s , при выборе мероприятия i^* , равен величине:

$$\frac{1}{R} [(\sum_h c_{rshi} + Ez_{si}) - (\sum_h c_{rshi^*} + Ez_{rsi^*})].$$

Изменение транспортных затрат может нарушить равенство предельных издержек используемых маршрутов, и в этом случае новое распределение

потоков улучшит системный критерий. Если текущее решение для подзадачи r оптимально, то этот дополнительный выигрыш не превосходит величину

$$\frac{1}{R} [(\sum_h c_{rshi} + Ez_{si}) - (\sum_h c_{rshi^*} + Ez_{rsi^*})],$$

иначе ранее было бы выбрано мероприятие i^* .

Теоретически локальный минимум сетевой задачи находится за конечное число шагов, когда а) потоки распределены по кратчайшим маршрутам, б) найдены оптимальные мероприятия на звеньях при фиксированных потоках и в) нельзя улучшить решение изменением выбора изысканий. Практическая же проблема заключается в огромном количестве возможных событий.

Заключение

В дальнейших исследованиях предполагается разработать и реализовать в компьютерной системе эвристический алгоритм, позволяющий находить за приемлемое время близкое к оптимальному решение задачи, а также модифицировать изложенные постановки, что позволило бы ослабить некоторые принятые допущения или отказаться от них. Так, довольно сильным допущением является детерминированность транспортных потоков. Потоки на звене удобно моделировать составляющими – «постоянной», т.е. не распределяемой по маршрутам, «привязанной» к определенному звену, и «переменной», зависящей от объемов корреспонденций и выбора маршрутов. Составляющие являются неопределенными величинами. Оценка «постоянных», или «местных», потоков проводится непосредственно на основе учета интенсивности движения на участках дорог, проведение которого нередко является частью изысканий. Соответственно, диапазоны значений «местных» потоков, как и сметной стоимости мероприятий, зависят от проведения изысканий на звеньях. Интервал значений переменных потоков зависит от неопределенности выбора маршрутов и неопределенности объемов корреспонденций. Последнее зависит, в свою очередь, от уровня изученности закономерностей формирования транспортных потоков (может быть принят постоянным) и долгосрочности выполненного прогноза.

Динамическая постановка позволила бы определить, как лучше финансировать изыскания – разово, большими объемами или относительно равномерно в течение всего расчетного периода. Каждый из этих подходов соответствует определенному типу планирования. Первый из них пред-

полагает тщательную и относительно дорогую разработку долгосрочных программ, с минимальной их корректировкой в дальнейшем, а второй – постоянную и существенную корректировку планов. В настоящее время система проектирования дорог тяготеет к первому типу планирования, но при чрезмерно жесткой экономии – на предпроектных изысканиях, что в конечном итоге негативно влияет и на качество проектных разработок.

Литература

1. *Справочная энциклопедия дорожника*. Том V. Проектирование автомобильных дорог. Под ред. Г.А. Федотова, П.И. Пospelова. М.: Росавтодор, 2007, 1466 с.
2. *Лыжова М.В.* Проблемы ценообразования в проектно-изыскательской отрасли // Инженерные изыскания, №4, 2010, с. 16-18.
3. *Хомяк Я.В.* Проектирование оптимальных сетей автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1969, 144 с.
4. *Сиднина В.Л.* Инерционность экономической системы // Общество и экономика. 2002. №2, с. 114-130.
5. *Павлов К.В.* Инерционность социально-экономических и экологических систем // Национальные интересы: приоритеты и безопасность, 7 (16), 2007, с. 22-27.
6. *Комплексная методика* (основные положения) по оценке эффективности общественного производства и отдельных хозяйственных мероприятий (проект, 3-я редакция). М.: Госкомитет по науке и технике СССР, АН СССР, 1983, 87 с.
7. *Богданов М.И., Черняк Э.Р.* Экономика изысканий // Инженерные изыскания, №3, 2008, с. 20-26.
8. *Васильева Е.М., Левит Б.Ю., Лившиц В.Н.* Нелинейные транспортные сети. М.: Финансы и статистика, 1981, 104 с.
9. *Патриксон М.* Двухуровневые модели робастной оптимизации в транспортной науке // Философские труды Королевского общества: математические, физические и технические науки, № 366, 2008, с. 1989-2004.
10. *Стенбринк Петер А.* Оптимизация транспортных сетей. Пер. с англ. Е.М. Васильевой и В.В. Космина. Под ред. В.Н. Лившица. М.: Транспорт, 1981, 320 с.
11. *Виленский В.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика: Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2002, 888 с.

Бушанский Сергей Петрович. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИ) РАН. г. Москва, Россия. Старший научный сотрудник, кандидат экономических наук. Количество печатных работ: 30 (в т.ч. 1 монография). Область научных интересов: оптимизационные производственно-транспортные модели, методы оценки общественной эффективности инвестиций. E-mail: dbd-s@yandex.ru

Modeling the choice of pre-surveys on non-linear road networks

S.P. Bushansky¹

¹ Central Economics and Mathematics Institute RAS, Moscow

Abstract: The article considers the problem of improving the quality of drafting of roads development plans and the selection of design solutions. The focus is on the nature of the constraints of the information in the economic justification of the investment programs and individual projects caused by the lack of the information required to make informed decisions at the top management level and its delay at the design stage. The approaches to the development of models of the optimum choice of pre-project researches taking into account potential effects of network development schemes and project decisions improvements are explicated. The models of the estimation of potential benefits from pre-surveys on individual links of the network are considered. It formulates a new optimization problem of selecting pre-project researches in the development of a network of a given topology with endogenous choice of routes and exogenous correspondence volumes.

Keywords: *pre-survey, economic efficiency, the optimal design of road network.*

DOI: 10.14357/20790279180308

References

1. *Spravochnaia entsiklopedia dorozhnika*. Tom V. Proektirovanie avtomobilnih dorog [Reference encyclopedia of road builder. Vol. Designing of motor roads]. 2007. Ed. by G.A. Fedotov, P.I. Pospelov. Moscow: Rosavtodor. 1466 p.
2. *Lyzhova M.V.* 2010. Problemi tsenoobrazovaniya v proektno-izskatelskoy otrasli [Pricing problems in the design and survey industry]. *Ingenierne iziskania* [Engineering surveys] 4:6-18.
3. *Homyak Y.V.* 1969. Proektirovanie optimalnih setei avtomobilnih dorog [Design of optimal road networks]. Moscow: Transport. 144 p.
4. *Sidnina V.L.* 2002. Inertsionnost ekonomicheskoi sistemi [The inertia of the economic system]. *Obshchestvo i ekonomika* [Society and economics] 2:114-130.
5. *Pavlov K.V.* 2007. Inertsionnost socialno-ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem [Inertia of socio-economic and ecological systems]. *Natsionalnie interesi: prioretiti i bezopasnost* [National interests: priorities and security] 7:22-27.
6. *Kompleksnaya metodika* (osnovnie polozenia) po otsenke effektivnosti obshchestvennogo proizvodstva i otdelnih hoziaistvennih meropriyatiy (proekt, 3-ia redaktsia) [Complex technique (basic provisions) on efficiency assessment of public production and separate economic developments (the project, the 3rd edition)]. 1983. Moscow: The State Committee on science and the equipment USSR, Academy of Sciences of the USSR. 87 p.
7. *Bogdanov M.I., Chernyak E.R.* 2008. *Ekonomika iziskaniy* [Economics of surveys]. *Ingenierne iziskania* [Engineering surveys] 3:20-26.
8. *Vasilieva E.M., Levit B.U., Livchits V.N.* 1981. *Nelineinie transportnie seti* [Nonlinear Transportation Problems on Networks]. Moscow: Finances and Statistics. 104 p.
9. *Michael Patriksson.* 2008. Robust bi-level optimization models in transportation science. *Philosophical Transactions of the Royal society A*. 366:1989-2004.
10. *Steenbrink P.A.* 1974. *Optimization of Transport Networks*. L., N.Y., Sydney, Toronto: Ed. John Wiley & Sons. 325 p.
11. *Vilensky V.L., Livchits V.N., Smolyak S.A.* eds 2002. *Otzenka effektivnosti investitsionnih proektov. Teoria and praktika: Uchebnoie posobie* [Assessment of the efficiency of investment projects. Theory and practice: Textbook]. Moscow: Delo. 888 p.

Bushansky S. P. Laboratory of development strategies for industrial complexes, Central Economics and Mathematics Institute RAS, Moscow, Russia. E-mail: dbd-s@yandex.ru.