

нии СП является требование их валютной самокупаемости. Она отвечает интересам нашей страны, так как позволяет, во-первых, уменьшить валютное кредитование их деятельности и, во-вторых, пополнить запасы валюты за счет отчислений от экспортной выручки СП.

Весьма острая проблема в согласовании интересов участников СП — неопределенный курс рубля и его неконвертируемость, в результате чего иностранные партнеры нередко считают себя ущемленными в таких областях, как оценка вклада в уставной капитал и перевод прибыли за границу. Не менее важными оказываются организационно-экономические трудности вложения капитала в СП. Из-за неконвертируемости рубля перед инопартнером часто возникает неразрешимая задача: куда девать его долю прибыли в рублях. Нельзя не учитывать и боязнь иностранной нестабильности нашего законодательства.

Невысоко оценивается западными фирмами наш трудовой потенциал, в том числе: низкий уровень производительности труда, сочетание КЗОТа с системой ВЦСПС, из-за чего невозможно свободно увольнять и принимать на работу граждан, отсутствие безработицы как источника рабочей силы. Все это усугубляется укоренившейся недисциплинированностью работников.

Наличие государственных гарантий по вкладам в СП не защищает фирму от произвола нашей административно-хозяйственной системы. Убытки, которые возникают вследствие срыва обязательств, никак не возмещаются, а вероятность их появления в условиях хозяйственной безответственности (в частности, ведомств) весьма велика.

Общезвестно, что рынок оценивает степень риска не только в зависимости от размеров инвестиций (финансовый риск), но и от внутренней обстановки в стране, где они осуществляются (политический риск, который у нас очень высок). Понятно, что более высокая степень риска вынуждает иностранного партнера повысить ставки по кредитам и цену своего участия в СП. Поэтому неслучайно из двух тысяч СП, созданных в нашей стране, подавляющее большинство (94%) имеет уставной фонд не более 10 млн. руб. Можно сказать, что происходит своего рода протряпывание международным капиталом возможностей сотрудничества с нами. К сожалению, основная масса зарегистрированных СП пока не приступили к производству продукции [3].

Следует подчеркнуть, что еще на ранней стадии формирования СП необходимо выявить сферы, в которых могут сталкиваться интересы, и исследовать возможные конфликтные ситуации. Как показывает мировая практика, такое изучение проводится еще на стадии предварительных переговоров [2]. Ущемление интересов потенциальных участников СП в любой из трех главных областей — производственной, финансовой и управленческой — может стать решающим фактором в отказе одной из сторон от идеи совместного предпринимательства. Кроме того, не исключено, что конфликтные ситуации будут возникать и далее, в процессе функционирования уже образованного СП, поэтому должен быть проведен целевой анализ СП по схеме: генеральная цель — главные цели — цели второго уровня — блоки мероприятий (требований) — мероприятия (требования) — способы реализации. Это позволит не только четко обозначить как общие, так и специфические для конкретного СП цели, но и представить всю социально-эколого-экономическую систему, в которой функционирует СП, с разделением сфер деятельности и ответственности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбатов А.А. Совместные предприятия в топливно-энергетическом секторе // Проблемы теории и практики управления. 1990. № 5.
2. Совместные предприятия в эконимике социализма. М.: Изд-во МГУ, 1991.
3. Нечаев Ю. Трудный старт торговых консорциумов // Внешняя торговля. 1991. № 1—2.

Поступила в редакцию
2 XII 1991

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ ПОЕЗДКИ ПАССАЖИРОВ

Гольц Г.А.

(Москва)

Центральной проблемой теории и практики пассажирских перевозок, особенно во внутригородском сообщении, является достоверное определение средней дальности поездки. Около ста лет, со времени появления классических работ Э. Лилля [1], ведутся исследования по аналитическому выражению влияния факторов на дальность поездок.

Адекватное аналитическое описание самоорганизации пассажиров на отдельном маршруте и их сети представляет исключительную сложность. Для решения этой задачи необходимо иметь точную модель межстанционной корреспонденции либо модель маршрутной и сетевой дальности поездки от каждой остановки в отдельности. Вариант создания такого типа моделей был предложен в [2, 3].

Возможно ли, используя имеющуюся концепцию самоорганизации пассажиров и конкретные результаты, построить простую, обозримую и легко рассчитываемую приближенную модель дальности поездки пассажиров?

Особо актуальна была бы модель сетей метрополитена, представляющих в известном смысле замкнутую систему. Отсутствие платы за пересадку на его линиях не позволяет оперативно следить за сетевой (или полной) дальностью поездки. Приходится опираться на дорогостоящие обследования пассажиропотоков, а в перерывах между ними даже приблизительная оценка этой величины остается проблематичной. Поэтому задача вначале решалась для практических целей московского метрополитена, затем апробировалась и на ленинградском. Далее универсальный характер найденной эмпирической формулы был проверен для наземных сетей пассажирского транспорта в Новосибирске.

Основная идея упрощения полной теоретической схемы состояла в избавлении от временных показателей, ибо их расчет представляет наибольшую трудность. Использовалось правдоподобное утверждение о том, что протяженность маршрутов, длина перегонов и дальность поездки пассажиров в результате действия обратной связи синхронно изменяется в соответствии с ростом скорости передвижения пассажиров. Это утверждение покоится на феномене наличия временной константы их пространственной самоорганизации.

Благодаря таким предположениям о взаимодействии параметров транспортной системы с поведением пассажиров в ней можно было ограничиться следующим набором факторов-аргументов изучаемого процесса: длина линии (маршрута) — L_M , км; оценка возможной длины маршрута (в пределах основного маршрута) пересадочных пассажиров — L_{Π} , км; средняя и максимальная длина перегона на маршруте — d, d_{\max} , км; оценка неравномерности пассажиропотока по длине маршрута — η ; среднее расстояние между "концами" сети по кратчайшему направлению — L_{Π} , км (под концами понимаются топологические свободные конечные пункты сети; расчет производится по шахматке расстояний на сети); максимальное расстояние на сети или топологический диаметр — L_{\max} , км (расчет производится также по шахматке расстояний).

Идея упрощенной расчетной процедуры состоит в последовательной оценке: а) маршрутной дальности; б) коэффициента пересадочности; в) сетевой дальности как произведения маршрутной дальности на коэффициент пересадочности.

Алгоритм расчета дальности на отдельном маршруте (линии)* имеет вид

$$l_M = f(d_{\max}) \frac{1,4}{\eta} \sqrt{\frac{L_M \sqrt{L_{\Pi} d}}{\eta}} \quad (1)$$

Принципиально новым моментом по сравнению с предлагавшимися разными авторами эмпирическими формулами дальности маршрутной поездки является введение потенциальной длины маршрута для пассажиров, делающих пересадки, и оперирование неравномерностью загрузки ими участков маршрута. Именно эти переменные позволили приблизиться к реальной картине формирования дальности поездки пассажиров на маршруте.

Следующей трудностью было определение предполагаемой или потенциальной длины маршрута для "пересадочных" пассажиров. Ясно, что эта величина находится в зависимости от количества и места расположения пересадочных узлов (критических точек) на маршруте.

Обозначим количество пересадочных узлов n_k . Тогда, предполагая равновероятный характер распределения "пересадочных" пассажиров по участкам между указанными узлами, будем иметь

$$L_{\Pi} = \begin{cases} L_M / (n_k + 1) & \text{при } n_k \text{ внутри маршрута,} \\ L_M & \text{при } n_k = 1 \text{ на его конце.} \end{cases} \quad (2)$$

Могут быть и другие топологические варианты, но (2) отражает наиболее часто встречающиеся.

Зависимость (1) от максимальной длины перегона как бы в скрытом виде отражает связь дальности поездки и скорости движения. Опыт показал, что введение функции от d_{\max} адекватно условиям неувличного транспорта, где велики затраты времени на спуск и подъем. Для его наземных видов требуется более тонкий учет итоговой или полной скорости движения пассажиров v_{Π} от множества влияющих на эту величину факторов. Приведем следующие значения d_{\max} и $f(d_{\max})$:

d_{\max}	1,0	1,2	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75
$f(d_{\max})$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,18	1,15	1,07	1,04	1,03	1,0	0,98

Промежуточные величины находятся путем интерполирования.

Для определения неравномерности загрузки участков маршрута пассажирами необходимо располагать эпурой пассажиропотоков. Но если имеется такая эпюра, то по ней можно точно рассчитать среднюю дальность поездки пассажиров как сумму произведений длины перегонов на их

* На изолированном маршруте $L_{\Pi} = L_M$. Эмпирический коэффициент 1,4 характеризует современный уровень технической скорости и скорости передвижения пассажиров на метрополитене. В общем случае он оценивается приближенно: $0,0467 v_{\Pi}$, где v_{Π} — скорость передвижения пассажиров, км/ч.

загрузку, поделенное затем на сумму всех загрузок. Следовательно, точное значение загрузки по длине маршрута определяет и величину средней дальности поездки пассажиров. Может быть поэтому исследователи обходили проблему загрузки, стремясь приблизиться к эмпирическому выражению средней дальности поездки, совершенно не используя этой важнейшей характеристики.

Можно ли косвенно выявить неравномерность загрузки? Анализ многочисленного эмпирического материала показал, что достаточно хорошим приближением служит соотношение

$$\eta = \sqrt{\frac{Q_{\max}}{\bar{Q}}}, \quad (3)$$

где Q_{\max} , \bar{Q} – максимальная и средняя величины вошедших на остановках пассажиров.

Информации для вычислений по (3) требуется существенно меньше, чем для определения эпюры пассажиропотоков, ибо здесь отсутствуют данные о пассажирах, вышедших из метро. Кроме того, имея сведения по маршруту в динамике, легко заметить, что соотношение максимальной загрузки к средней довольно устойчиво для конкретных условий, а тенденция изменения этой величины улавливается из анализа градостроительной ситуации в районе тяготения маршрута: возникновение новых пассажирообразующих пунктов и пересадочных узлов. Самое интересное в (3) – это то, что согласно многочисленным эмпирическим проверкам справедливо приближенное равенство

$$\eta = \sqrt{\frac{Q_{\max}}{\bar{Q}}} = \frac{p_{\max}}{\bar{p}}, \quad (4)$$

где p_{\max} , \bar{p} – максимальная и средняя величины загрузки перегона (так называемый "критический перегон").

Опыт моделирования свидетельствует о том, что только оперируя какими-либо величинами, хотя бы примерно отражающими колеблемость загрузки маршрута, можно рассчитывать на приближение к адекватному описанию колеблемости средней маршрутной поездки по часам, дням недели, сезонам года в целом и по отдельным направлениям. Описание колеблемости средней дальности поездки пассажиров в прежних эмпирических формулах поэтому и не ставилось.

Для перехода от маршрутной дальности поездки к сетевой необходимо знать коэффициент пересадочности, который отражает количество единичных маршрутных поездок, приходящихся в среднем на одно сетевое передвижение. Пассажирооборот (пассажирокилометровая работа) при любом исчислении, т.е. по маршрутным или сетевым поездкам

$$Q_M l_M = Q_C l_C, \quad (5)$$

где l_M , l_C – маршрутная и сетевая дальность поездки, км; Q_M , Q_C – объемы перевозок в этих поездках.

Величина сетевой дальности поездки выражается через маршрутную дальность и коэффициент пересадочности

$$l_C = \frac{Q_M l_M}{Q_C} = \alpha l_M, \quad (6)$$

где α – коэффициент пересадочности.

В результате многочисленных последовательных экспериментов на большом эмпирическом материале найдено сравнительно простое выражение для коэффициента пересадочности, учитывающее топологические особенности сети и колеблемость пассажиропотоков

$$\alpha = \delta \sqrt[4]{\frac{\sqrt{L_{\Pi} L_M}}{l_M}}, \quad (7)$$

где δ – коэффициент отклонения пассажиров от кратчайших направлений (для московского метрополитена он оказался примерно равным для диаметров – 1,01, кольца – 1,01, радиусов – 1,05).

Особое значение имеет итоговая величина сетевой дальности в целом по метрополитену или сети маршрутов пассажирского транспорта, которая рассчитывается взвешиванием значений по отдельным линиям в соответствии с их удельным весом в общем объеме перевезенных пассажиров.

Перейдем к эмпирической проверке предложенной системы формул, сопоставляя рассчитанные по ним значения с фактическими, полученными в результате сплошных талонных обследований пассажиропотоков на московском метрополитене почти за полвека. Детальную исходную информацию дадим на примере одной линии (см. табл. 1).

Отклонения расчетных значений от фактических довольно еще велики, хотя более половины лет в табл. 1 укладываются в 10%. Следовательно, необходимо продолжить теоретическое исследование формирования дальности поездки пассажиров.

Таблица 1

Исходные параметры и расчетные значения в сравнении с фактическими в моменты сплошных талонных обследований пассажиропотоков на сокольнической линии московского метрополитена

Показатели	Даты								
	15.12 1938	22.08 1946	27.10 1954	16.04 1959	29.05 1964	18.04 1968	09.10 1973	19.03 1980	19.11 1986
Исходные параметры	L_M 8,68	8,68	8,68	15,64	20,15	22,67	22,67	22,67	22,67
	d 0,964	0,964	0,964	1,203	1,343	1,417	1,417	1,417	1,511
	d_{max} 1,30	1,30	1,30	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	4,46
	L_n 2,893	2,893	2,170	3,128	4,030	4,534	3,778	3,238	3,238
	L_n 8,62	10,66	9,60	18,31	17,91	21,19	22,13	24,09	25,94
	L_{max} 11,38	15,15	13,43	20,66	29,11	29,42	29,42	32,45	37,20
	η 1,53	1,70	1,66	1,44	1,56	1,57	1,58	1,60	1,45
	δ 1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Данные обследований	I_M 3,7	3,5	3,2	4,4	4,6	5,2	5,5	6,59	6,07
	α 1,189	1,281	1,291	1,350	1,409	1,387	1,423	1,431	1,471
	I_c 4,4	4,5	4,2	6,0	6,5	7,2	7,8	9,43	8,93
Расчетные значения	I_M 3,62	3,09	2,51	5,09	5,61	6,15	5,82	5,54	5,85
	α 1,30	1,438	1,458	1,412	1,434	1,434	1,46	1,539	1,537
	I_c 4,70	4,44	3,66	7,19	8,04	8,82	8,5	8,39	8,99
Относительное отклонение расчетных от фактических значений, %	+6,82	-1,33	-12,85	+16,55	+23,69	+22,5	+8,97	-11,03	+0,67

Чтобы подобраться к реальной картине этого процесса, надо разложить на элементы маршрутную дальность

$$l_M = l_{\Pi}(\alpha - 1) + l'_M(2 - \alpha), \quad (8)$$

где l_{Π} — средняя дальность поездки "пересадочных" пассажиров; l'_M — то же, но "беспересадочных" пассажиров.

Аналитически выразить l_{Π} и l'_M сложно, а для α можно воспользоваться (7). В первом приближении будем считать $l_{\Pi} = L_{\Pi}$, хотя истинная величина l_{Π} должна существенно зависеть не только от количества пересадочных узлов, но и от их взаимного размещения среди прочих остановок на маршруте. Что же касается l'_M , то если принять независимость дальности маршрутной поездки от реакции пассажиров на время передвижения, то средняя величина поездки получается просто

$$l'_M = \frac{L_M \int f(l) dl}{\int f(l) dl}, \quad (9)$$

где $f(l)$ — функция скорости передвижения пассажиров от дальности l . В свою очередь эта функция четко выражается аналитически

$$v_{\Pi} = \frac{l 60}{\frac{l 60}{v_T} + \left(\frac{l}{d} - 1\right) t_{CT} + a}, \quad (10)$$

$$a = \frac{Ik}{2} + 1,375 t_{CT} + t_{ВХ} + t_{ВЫХ}, \quad (11)$$

где v_T — техническая скорость, км/ч; d — среднее расстояние перегона, км; t_{CT} — среднее время стоянки на промежуточных остановках, мин; a — накладные затраты времени на время движения, мин; I — интервал движения, мин; k — коэффициент нерегулярности движения, $k \geq 1$; $t_{ВХ}$, $t_{ВЫХ}$ — время входа (спуска), выхода (подъема) на посадочную платформу на метрополитене, мин.

Влияние реакции пассажиров на дальность или функцию поведения можно поставить в зависимость от коэффициента неравномерности загрузки станций и от времени передвижения. Есть и другой путь аналитического выражения дальности поездки на маршруте — через константу самоорганизации пассажиров на маршруте [1].

Дедуктивное аналитическое моделирование процесса формирования пассажиропотоков на маршрутной и транспортной сетях упирается в серьезные не только математические, но и содержательные трудности. Описанный в начале статьи простой эмпирический алгоритм (1) — (7) оказался весьма эффективным для определения средней дальности сетевой поездки в целом по метрополитену.

Такое значительное повышение точности модели в целом по метрополитену по сравнению с отдельной линией объясняется действием фактора разного удельного веса перевозок по линиям и случайным характером отклонения по модели.

Последний результат также показывает путь чисто статистического описания дальности пассажиров через набор выявленных главных воздействующих факторов, который может быть осуществлен, например, так

$$l_c = \eta^z L_M^\beta L_{\Pi}^\gamma L_{\max}^u, \quad (12)$$

где z , β , γ , u — статистические калибровочные коэффициенты.

Коэффициент пересадочности и маршрутную дальность поездки определяем из системы двух уравнений

$$\begin{cases} l_c = l_M \alpha, \\ \alpha = v \sqrt[4]{\frac{\sqrt{L_{\Pi} L_{\max}}}{l_M}}. \end{cases} \quad (13)$$

Спрашивается, для чего столько усилий затрачивается на получение как можно более достоверного значения средней дальности поездки пассажиров? Помимо главной прагматической цели — определения достоверного пассажирооборота (пассажирокилометровой работы), по которой затем рассчитывается потребный подвижной состав и прочие эксплуатационные характеристики транспортных предприятий, эта величина является своеобразным ключом для выявления межстанцион-

ной и межрайонной корреспонденции пассажиров. Только с помощью таких корреспонденций можно заблаговременно рассчитывать наибольшие нагрузки на участках транспортной сети, так называемые критические перегоны, и рационально организовывать движение подвижного состава.

Ясно, что главной трудностью в этом вопросе является количественная оценка взаимодействия технико-технологической системы пассажирского транспорта с социальной системой, т.е. с населением, пассажирами, которые пользуются транспортом. Эта проблема еще с 60-х годов прошлого века решается с помощью стоимостной оценки пассажиро-часа. Примерно с 50-х годов нашего столетия к этому добавилась стоимостная оценка так называемой транспортной усталости, а с 60-х попытки стоимостной оценки экологических затруднений, связанных с транспортным обслуживанием городов, вызванных массовой автомобилизацией. Помимо этого существует хорошо отработанная система методов технико-экономического сравнения разных видов городского пассажирского транспорта на базе сопоставления эксплуатационных и капитальных затрат без учета и с учетом дисконтирования.

Не отвергая эти добытые почти за полтора века знания и методы, постараемся вычлнить главное звено или отправную позицию в рассуждениях и подходе к решению поставленной проблемы. Представляется, что как бы над частными вопросами стоимостной оценки пассажиро-часа, транспортной усталости, экологических затруднений и технико-экономического сравнения вариантов транспортного обслуживания должна твердо стоять предварительная количественная оценка уровня сбалансированности территориального размещения населения и его мобильности с возможностями транспортной системы.

Принципиально эта необходимость интуитивно осознана еще в 90-х годах XIX в., когда был выдвинут принцип норматива или стандарта средних и максимальных затрат времени населения города на его регулярные передвижения. Сейчас эти предложения оформились в объективно существующую систему пространственной самоорганизации населения. Приведенные выше формулы дальности маршрута и сетей поездок пассажиров позволяют с более высокой точностью, чем прежде, установить наличие или отсутствие динамического равновесия между территориальными мерами города, размещением населения и его подвижностью, с одной стороны, и уровнем развития транспортной системы, с другой.

Значит, акцент в стоимостных оценках эффективности пассажирской транспортной системы должен сместиться в направлении оценки степени удаления от нормального или равновесного состояния. Именно возмущенное состояние, распад городского организма вследствие несбалансированного развития транспорта и расселения должен стать отправным пунктом поиска методов социальной и экономической оценки функционирования и развития городского пассажирского транспорта.

В этом отношении достаточно эффективной оказалась предложенная выше формула коэффициента пересадочности. В частности, с ее помощью стало возможно выбирать наилучший вариант развития московского метрополитена на ближайшую и отдаленную перспективу особенно для тех случаев, когда капитальные и эксплуатационные затраты по вариантам были примерно одинаковыми, а коэффициент пересадочности, отражающий важнейшее социальное качество пассажирской транспортной системы, существенно отличался.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lill E.* Grundgesetze des Personenverkehrs. Ztschr. Eisenboken und Dampfschiffahrt Osterr. // Ungar. Monarchie. 1889. № 35, 36.
2. *Гольц Г.А.* Аналитический путь описания самоорганизации пассажиров на маршруте // Прикладные проблемы управления макросистемами. Тр. III Всес. школы. М.: ВНИИСИ, 1990.
3. *Гольц Г.А.* Состояние и перспективы развития транспортно-градостроительных исследований // Схемы и проекты организации движения в городах в условиях самоуправления территорий. Тез. докл. Свердловск, 1991.

Поступила в редакцию
9 I 1992