

Методологические принципы формирования и оптимизации функционирования межрегиональных транспортных систем



И. А. Тарарычкин,
докт. техн. наук, профессор
кафедры «Транспортные
системы» Восточного украин-
ского национального универ-
ситета им. В. Даля



М. Э. Слободянюк,
канд. техн. наук, старший
преподаватель кафедры
«Транспортные системы»
ВНУ им. В. Даля



Г. И. Нечаев,
докт. техн. наук, профес-
сор, зав. кафедрой «Тран-
спортные системы» ВНУ
им. В. Даля

Связь отдельных территорий и регионов в условиях хозяйственной деятельности осуществляется с использованием транспортных систем, обеспечивающих удовлетворение возникающих потребностей в перевозках. Очень важно, чтобы структура транспортной сети была рациональной и соответствовала общей концепции сбалансированного регионального развития. Для решения этой задачи разработана методология формирования и оптимизации функционирования многоуровневых межрегиональных транспортных систем.

Именно благодаря наличию транспортной сети отдельные субъекты экономической деятельности оказываются связанными между собой, а возможность их взаимодействия при осуществлении производственных процессов создает необходимые предпосылки для всестороннего развития экономических зон и территорий.

Задача формирования рациональной структуры транспортной сети на региональном и межрегиональном уровнях в этих условиях является важной и актуальной [1–3]. Связано это с тем, что строительство транспортных коммуникаций, объектов инфраструктуры, их ремонт и поддержание в работоспособном состоянии являются весьма затратными, а низкое качество дорог приводит к увеличению сроков доставки грузов, интенсивному износу транспортных средств, увеличению расхода топлива, ухудшению экологической обстановки в регионах и т.д. Таким образом, принятие решений, связанных с формированием транспортной сети, реконструкцией действующих участков, усовершенствованием существующих транспортных развязок и других элементов инфраструктуры, должно быть основано на общей концепции сбалансированного регионального развития. При этом следует иметь в виду, что производственные связи между отдельны-

ми субъектами хозяйствования формируются, как правило, на региональном уровне и именно на этом уровне возникают долговременные транспортные связи.

Таким образом, организация оптимального функционирования межрегиональных транспортных систем является важной практической задачей, решение которой позволяет снизить эксплуатационные затраты, возникающие при удовлетворении существующих потребностей в грузовых перевозках.

Целью настоящей статьи является разработка методологических принципов формирования и оптимизации функционирования многоуровневых межрегиональных транспортных систем. При проведении дальнейшего анализа предполагается, что рассматриваемые транспортные системы характеризуются следующими особенностями.

1. Хозяйственная деятельность местных предприятий приводит к локализации производственных транспортных грузовых потоков преимущественно на местном уровне.

2. Грузовые транзитные перевозки осуществляются главным образом по транспортным коридорам, которые выполняют связующую роль в межрегиональной транспортной системе. При этом транзитными считаются такие грузопотоки, которые проходят через межрегиональные транспортные узлы

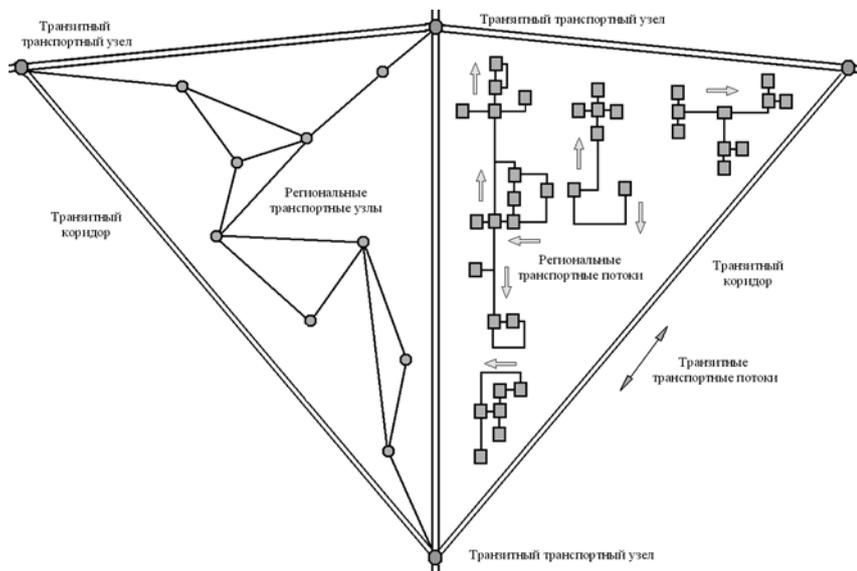


Рис. 1. Фрагмент межрегиональной транспортной сети, в составе которой имеются как региональные, так и транзитные грузовые потоки

(рис.1), а их доля в общем объеме перевозок между такими узлами составляет не менее двух третей.

Наличие перечисленных особенностей позволяет на этапе структурного анализа выполнять декомпозицию транспортных систем и рассматривать их функционирование отдельно на местном, региональном и межрегиональном уровнях.

Формирование структуры транспортной системы на местном уровне

Транспортные связи между отдельными предприятиями возникают в процессе их производственно-коммерческой деятельности и связаны с необходимостью доставки грузов при осуществлении общего технологического процесса и удовлетворении потребностей в перевозках. В этих условиях происходит формирование территориальных кластеров, представляющих собой сетевые объединения предприятий, связанных между собой производственными отношениями. По данным работы [4], «кластер – это группа близких географически, взаимодействующих компаний и сотрудничающих с ними организаций, совместно действующих в определенном виде бизнеса, характеризующихся общностью направлений деятельности и дополняющих друг друга».

Однако подобное определение кластера требует уточнения, поскольку в нем не учитывается необходимость выполнения грузовых перевозок между отдельными предприятиями. Поэтому в дальнейшем под кластером понима-

ется территория с совокупностью пространственно локализованных хозяйствующих субъектов, характеризующихся наличием устойчивых транспортных связей и перевозок, осуществляемых в течение длительного периода времени.

Пространственная локализация означает, что при решении задач формирования транспортных систем хозяйствующие субъекты могут рассматриваться как точечные образования, при этом совокупность указанных точечных объектов и связывающих их транспортных путей формирует транспортную сеть местного уровня.

Кроме того, условием существования кластера считается наличие устойчивых транспортных связей между хозяйствующими субъектами в течение одного года и более. Будем также считать, что формируемые кластеры характеризуются тем, что в их границах производится не менее двух третей всего объема транспортной работы, выполняемой при функционировании местного производства.

Подобного рода ограничения связаны с необходимостью определения границ кластеров, которые, с одной стороны, являются достаточно условными, а с другой стороны, подвержены возможным изменениям.

Такой подход к формированию структуры транспортной системы на местном уровне означает, что основная транспортная работа выполняется преимущественно в пределах производственных кластеров. Дальнейшее соединение кластеров между собой приводит к формированию следующего (регио-

нального) структурного уровня транспортной системы и связано с созданием условий для выполнения перевозок между отдельными элементами (предприятиями) на региональном уровне.

Указанный методологический подход к формированию многоуровневой транспортной сети и ее структурированию позволяет осуществлять анализ функционирования и определять условия рационализации грузовых перевозок, в том числе при наличии в системе замкнутых транспортно-технологических потоков (рис. 2).

Таким образом, задача формирования и организации функционирования транспортной системы на местном уровне связана с необходимостью предварительного определения границ отдельных кластеров и их структурных элементов.

Вопрос о том, какие конкретно субъекты хозяйствования должны быть включены в состав того или иного кластера, решается исходя из условия территориальной близости и необходимости осуществления перевозок между ними. Отметим, что из состава кластера могут быть исключены отдельные элементы, если при выполнении дальних перевозок их суммарный вклад в общую транспортную работу кластера не превышает одной трети.

Таким образом, в рамках рассматриваемой методологии главным условием формирования производственных кластеров является территориальная близость местных предприятий (структурных элементов), а определение границ кластеров производится при условии, что в их пределах указанными предприятиями выполняется не менее двух третей от общего объема транспортной работы.

Оптимизация функционирования сложных транспортных систем обыч-

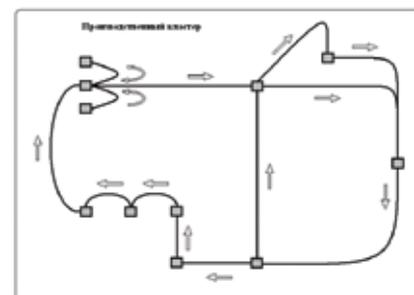


Рис. 2. Пример производственного кластера с замкнутыми транспортно-технологическими потоками (стрелками указаны направления осуществляемых грузовых перевозок)

Таблица 1. Сравнительные характеристики различных вариантов формирования транспортной сети на уровне отдельного кластера

Вариант формирования сети	Структурная схема транспортной сети на уровне кластера	Количество транспортных путей	Транспортная работа, выполняемая в границах кластера, млн т км
B1		4	$I_{B1} = \sum_{i=1}^4 Q_i \cdot L_i = 3,65$
B2		4	$I_{B2} = \sum_{i=1}^4 Q_i \cdot L_i = 3,32$
B3		4	$I_{B3} = \sum_{i=1}^4 Q_i \cdot L_i = 2,81$
B4		5	$I_{B4} = \sum_{i=1}^5 Q_i \cdot L_i = 2,42$

но связана с необходимостью предварительного выполнения структурного анализа и поиском возможностей оптимизации структуры на разных уровнях. При этом для решения многопараметрических оптимизационных задач могут быть использованы различные критерии, методы и алгоритмы.

По данным работы [5], при анализе функционирования транспортных систем обобщенный критерий оптимальности может быть представлен в следующей форме:

$$I = Q^\alpha L^\beta T^\gamma,$$

где I – целевая функция; Q – транспортная масса (объем перевозок, т); L – транспортный путь, км; T – транспортное время, сут.

Величины α , β и γ представляют собой показатели степени, которые выбираются, исходя из условий решаемой оптимизационной задачи.

Например, если $\alpha = 0$, $\beta = 1$ и $\gamma = -1$, то целевой функцией является скорость доставки грузов: $I = L / T$.

Если $\alpha = 1$, $\beta = 1$ и $\gamma = 0$, то целевой функцией является транспортная работа: $I = QL$.

Поскольку на местном уровне каждый производственный кластер формируется с учетом возможного замыкания в его пределах основных транспортных потоков, то при организации функционирования транспортной системы в масштабе отдельного кластера следует исходить из условия минимизации выполняемой в его границах транспортной работы. В этом случае целевой функцией будет суммарная транспортная работа, выполняемая в границах кластера. Определение условий, при которых возможно достижение ее минимума: $I = \sum Q_i L_i \rightarrow \min$, обеспечивает возможность формирования рациональной структуры транспортной системы на уровне отдельного взятого кластера.

В таком подходе формирование структуры анализируемого кластера в пределах установленных границ сводится к анализу взаимного расположения его отдельных элементов (точек) и существующих транспортных связей между ними. При этом возникает необходимость решения следующих задач.

1. Определение целесообразности использования в качестве регионального транспортного узла одного из действующих узлов кластера или введения в его состав дополнительного структурного элемента, способного выполнять эту роль.

2. Определение расположения регионального транспортного узла в границах рассматриваемого кластера, если его использование признано целесообразным, а также оценка осуществляемых через этот узел грузоперевозок с учетом того, что взаимодействие близлежащих кластеров происходит преимущественно через региональные транспортные узлы.

Рассмотрим пример формирования структуры системы на местном уровне для кластера, включающего четыре предприятия, связанных между собой общим технологическим циклом и необходимостью доставки грузов.

Варианты расположения транспортных путей и соответствующие объемы транспортной работы, выполняемой при осуществлении перевозок между

такими точечными объектами, приведены в табл. 1.

При этом для варианта В4 предусмотрена возможность использования дополнительного структурного элемента в виде регионального транспортного узла.

В соответствии с разработанной методологией выбор варианта организации транспортных связей и формирование сети в границах рассматриваемого кластера осуществляются по результатам сравнения величин $I_{В1}, \dots, I_{В4}$. В данном случае предпочтительным оказывается вариант В4, для которого суммарная транспортная работа выполняемая в границах анализируемого кластера, оказывается минимальной.

Формирование структуры транспортной системы на региональном уровне

Рассмотрим региональный уровень транспортной системы, представляющий собой совокупность взаимосвязанных транспортных узлов отдельных кластеров (рис. 3).

Поскольку основная транспортная работа на местном уровне выполняется в границах отдельных кластеров, а объемы перевозок между кластерами сравнительно невелики, то их соединение между собой следует выполнять таким образом, чтобы суммарная длина связующих путей сообщения была бы по возможности минимальной.

Принцип минимума суммарной протяженности транспортных путей на региональном уровне оказывается предпочтительным, поскольку его реализация позволяет снизить затраты на формирование и поддержание в рабочем состоянии всей транспортной системы на этом уровне.

Тогда решение задачи формирования транспортной сети и оптимизацией функционирования системы на региональном уровне, связано с минимизацией суммы:

$$I_p = \sum_i L_i,$$

где L_i – расстояния между узлами отдельных кластеров при объединении их в общую региональную группу.

Таким образом, формирование оптимальной совокупности транспортных связей между отдельными кластерами на региональном уровне связано с созданием условий для минимизации целевой функции: $I_p \rightarrow \min$.

Рассмотрим пример формирования системы на региональном уровне для группы из трех близлежащих кластеров К1, К2 и К3. Варианты возможного соединения их узлов и некоторые структурные характеристики системы на этом уровне показаны в табл. 2.

В рамках разработанной методологии формирование транспортных связей для анализируемой группы кластеров следует осуществлять в соответствии с вариантом В1, поскольку именно в этом случае суммарная протяженность транспортных путей оказывается минимальной.

Формирование структуры транспортной системы на межрегиональном уровне

Межрегиональный уровень транспортной системы связан с наличием транспортных коридоров, позволяющих осуществлять доставку транзитных грузов и соединяющих между собой транзитные транспортные узлы (рис. 3). При этом сами коридоры определяют общее направление доставки грузов между межрегиональными транспортными узлами и характеризуются высокой интенсивностью транзитного движения.

Очевидно, что из-за значительных объемов транзитных перевозок целесообразность включения в состав транзитных коридоров узлов пересекаемых ими кластеров и региональных транспортных узлов следует оценивать, исходя из условия минимизации общего времени прохождения транзитных

потоков по этим коридорам. Целевая функция в этом случае формулируется как сумма:

$$I_T = \sum_i T_i,$$

где T_i – среднее время прохождения транзитного потока через i -й участок коридора.

На практике достижение минимума целевой функции $I_T \rightarrow \min$ возможно путем выбора и соответствующего устройства участков трассы, минимизации времени доставки за счет рациональной организации движения, наличия достаточного числа полос, обеспечения максимально допустимой скорости движения транспортных средств и т. п.

На рис. 4 показан фрагмент межрегиональной транспортной системы с грузовым транзитным движением вдоль участков с узловыми точками 1, 2, 3, 4 и 5. При этом среднее время прохождения грузов на участке 2–3 составляет $T_1 = 0,6$ ч, а на участке 3–4, соответственно, $T_2 = 0,3$ ч. Общее время прохождения грузов на маршруте 2–3–4 составляет: $T_1 + T_2 = 0,9$ ч.

Поскольку среднее время прохождения грузов напрямую между узловыми точками 2 и 4 составляет 1,2 ч, то этот маршрут не может быть включен в состав транзитного коридора несмотря на его меньшую длину по сравнению с альтернативным маршрутом, проходящим через узловые точки 2, 3 и 4.

Таким образом, в ходе проведенного исследования получены следующие результаты:

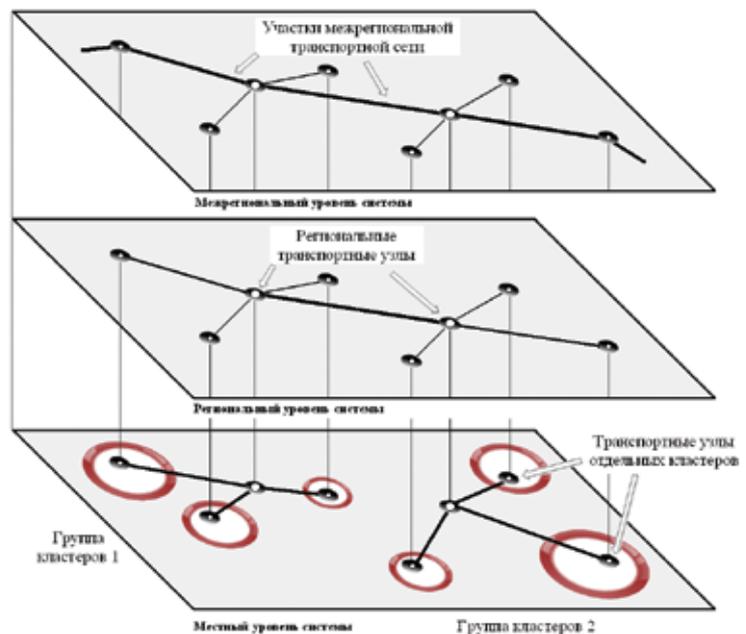
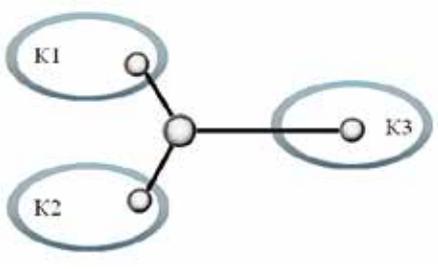
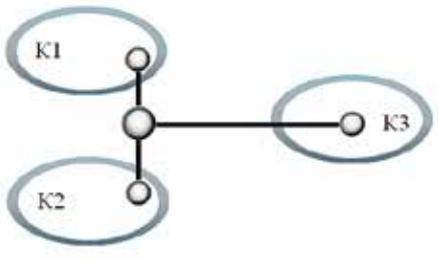
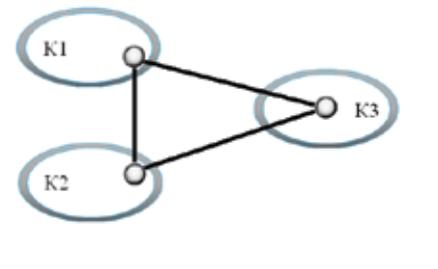
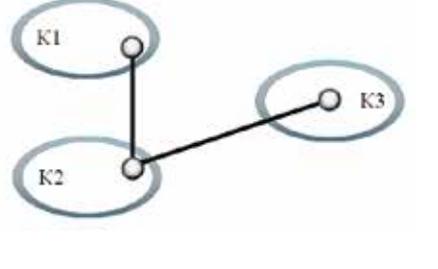


Рис. 3. Структура многоуровневой межрегиональной транспортной системы

Таблица 2. Сравнительные характеристики различных вариантов формирования транспортной сети на уровне группы кластеров

Вариант формирования сети	Структурная схема сети для группы из трех кластеров К1, К2, К3	Количество транспортных путей	Общая протяженность транспортных путей, км
В1		3	95
В2		3	101
В3		3	166
В4		2	104

• разработана методология формирования и организации функционирования межрегиональных транспортных систем, основанная на их многопараметрической оптимизации;



Рис. 4. Фрагмент межрегиональной транспортной системы с выбранными участками движения грузовых транзитных потоков

• сформулированы целевые функции, использование которых позволяет решать задачу формирования и обеспечения оптимального функционирования межрегиональных транспортных систем на местном, региональном и межрегиональном уровнях.

Литература

1. Кузнецова Е. Ю. Особенности управления транспортной системой. Екатеринбург: ИПК УГТУ, 1999. 100 с.
2. Курбатова А. В., Кузнецова Е. Ю. Про-

гнозирование транспортных систем: идеология, инструментарий, расчеты / Ред. О. Н. Дунаев. Екатеринбург: УГТУ, 2000. 186 с.

3. Прокофьева Т. А. Логистика транспортно-распределительных систем: Региональный аспект. М.: РКонсультант, 2003. 400 с.
4. Асаул А. Н. Организация предпринимательской деятельности: Учебник. СПб.: АНО ИПЭВ, 2009. 336 с.
5. Горев А. Э. Основы теории транспортных систем: Учеб. пос. СПб.: СПбГАСУ, 2010. 214 с.