

УДК 628.5

*ЛЯМЗИН А.О., к.т.н., доцент; ХАРА М.В., к.т.н., доцент,
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»*

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМЫ «ТРАНЗИТ» ПРОМЫШЛЕННЫХ СИТИ - РАЙОНОВ

В статье на основании теоретического анализа факторов, определяющих потенциал системы «транзит» промышленных сити-районов, а именно: состояние и уровень развития транспортной инфраструктуры, конфигурация городских транспортных сетей и их пропускная способность, предложен механизм ее комплексной оценки.

Ключевые слова: *промышленный сити-район, транзит, функциональность, доступность маршрутов, связанность сети.*

Постановка проблемы

Необходимость концептуализации теории транзитного потенциала имеет большое практическое значение для решения задач в области развития транспортно-технологической инфраструктуры. Методологические разработки по данной проблеме могут быть использованы в качестве основы при формулировании приоритетных направлений транспортной политики, обеспечивающей развитие транзитного потенциала транспортной системы Приазовья в целом и г. Мариуполя в частности, а также при формировании системы программных мероприятий, непосредственно связанных с реализацией важнейших проектов развития инфраструктуры.

Под транзитным потенциалом транспортной системы понимается ее способность обеспечивать высокий уровень пропускной способности транзитных потоков грузов в международном сообщении [1]. Развитие транзитного потенциала транспортной системы зависит от следующих факторов: геоэкономические – расположение территории относительно глобальных экономических центров; геополитические – стабильность международных отношений и безопасность транспортных коридоров; инфраструктурные – высокая пропускная способность транспортной сети и пунктов взаимодействия видов транспорта; технологические – использование без перегрузочных технологий и логистического сервиса.

Потребность в развитии транспортной инфраструктуры промышленных сити-районов продиктована необходимостью постоянного роста объема транспортных услуг, повышении надежности, безопасности и качества. Однако с ростом автомобилизации проявляется ряд существенных проблем: рост количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП); токсичные выбросы, шум; низкие скорости движения; заторы в часы «пик»; большие потери времени для участников движения; перепробеги, высокий расход топлива; увеличение суммарных эксплуатационных затрат на автомобильные перевозки и др. В первую очередь, указанные недостатки проявляются в местах концентрации транзитных транспортных потоков на участках сети промышленных сити-районов, функционирующих в режимах, близких к пропускной способности. Учитывая стохастическую природу транзитных транспортных потоков, динамичность изменения его характеристик во времени, большую сложность представляет процесс оценки потенциала системы «транзит» на транспортной сети промышленных сити-районов.

Анализ последних исследований

Вопросам развития транзитного потенциала транспортных систем посвящены работы О.В. Белого, Л.Б. Миротина, К.И. Плужникова, Е.Г. Ефимовой, С.М. Резера, Р.Н. Паршиной и др. Термин «транзитный потенциал транспортных систем» пришел в науку из практики и при-

влек внимание специалистов транспорта в связи с ростом международных перевозок. В настоящее время существует определение международного транзита – это перемещение через территорию страны между двумя таможенными пунктами ее таможенной границы грузов третьих стран под контролем таможенных органов без взимания таможенных пошлин, налогов и без применения к товарам мер государственной экономической политики. Определение понятия «транзит промышленных сити-районов» в настоящее время отсутствует.

Отсутствие механизмов, определяющих транзитный потенциал промышленных сити районов, привело к потере возможности оперативного управления транзитными транспортными потоками в крупных муниципальных районах. Все это привело к снижению порога экологической и техногенной безопасности городских и промышленных транспортных систем, находящихся в постоянном «конфликте» стоящих перед ними целей и задач.

Цель исследования

Формирование понятия «транзит промышленных сити-районов». Разработка механизма комплексной оценки потенциала системы «транзит» промышленных сити-районов.

Основной раздел

Промышленные сити-районы рассматриваются как сложные территориальные образования предприятий и муниципальных систем, совместно использующие природные, материальные и трудовые ресурсы.

В индустриальных городах сити-районы с размещаемыми в них промышленными предприятиями, занимают до 50–60% общей территории города и являются основным градообразующим ядром [1]. Эти районы в значительной степени определяют размеры городов, их общую планировочную структуру, условия труда и быта населения; для городов они определяют форму и направление их развития и реконструкции, влияя на архитектуру города.

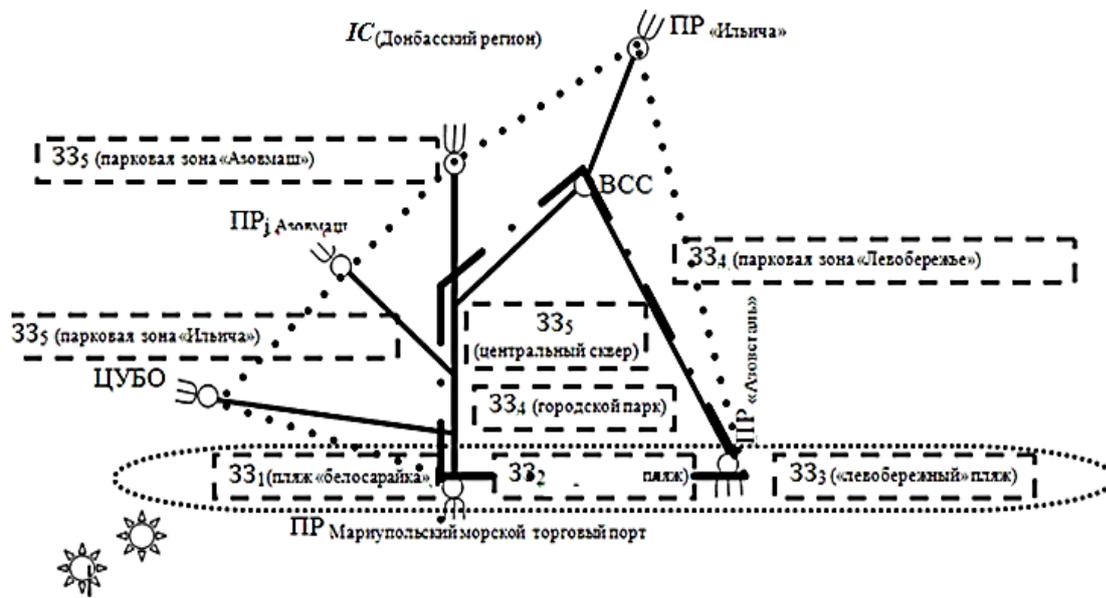
Транспортную составляющую промышленного сити-района составляют коммуникации, подвижной состав и объекты транспорта промышленных предприятий. Транспортные связи промышленных сити-районов с прилегающими селитебными территориями во многих крупных городах Приазовья зависят от структуры и географического расположения составляющих транспортной сети (улиц). Наиболее ярко данная взаимосвязь отражается для промышленных сити-районов и предприятий, расположенных в пределах селительных территорий или в непосредственной близости от них. В этих случаях сеть улиц и проездов является в значительной степени единой для обслуживания промышленности и селитьбы.

На рисунке 1, в качестве примера, рассмотрена схема сити-района с прилегающей селитебной территорией г. Мариуполя.

В европейской практике потенциал транспортных систем сити-районов обеспечивается выполнением механизма «polycentric city» [2]. Базис данного механизма основан на зонировании исследуемого города и классификации транспортных связей между ними, его графические результаты представлены на рисунке 2.

Модель землепользования города включает коммерческий А и производственный район Е. В и F это зоны с дистрибутивными центрами, обслуживающими коммерческие грузопотоки между районами. С, G и D – это жилые районы с точками зарождения и поглощения пассажиропотоков. «Отношения» исследуемых зон и районов имеют свою дисперсию и иерархию.

Следует отметить элементом этих «отношений» как в Украине, так и за рубежом в промышленных сити-районах являются транзитные потоки.



Источник сырья (ИС); Внешний склад сырья (ВСС); промышленные предприятия (ПР₁); центр утилизации промышленных отходов (ЦУБО); машиностроительное предприятие (ПР₂); «зеленые зоны» (ЗЗ).

- — линии транспортного каркаса
- ⊞ — транспортный каркас промпредприятий
- 33_n — вершины («зеленые зоны»), экологистичный каркас муниципального района (n – условный номер участка)
- ⊞ — «экологическое ядро» муниципального района

☀ — рекомендуемые к формированию «зеленые острова», располагающиеся в акватории ПР Мариупольский морской торговый порт

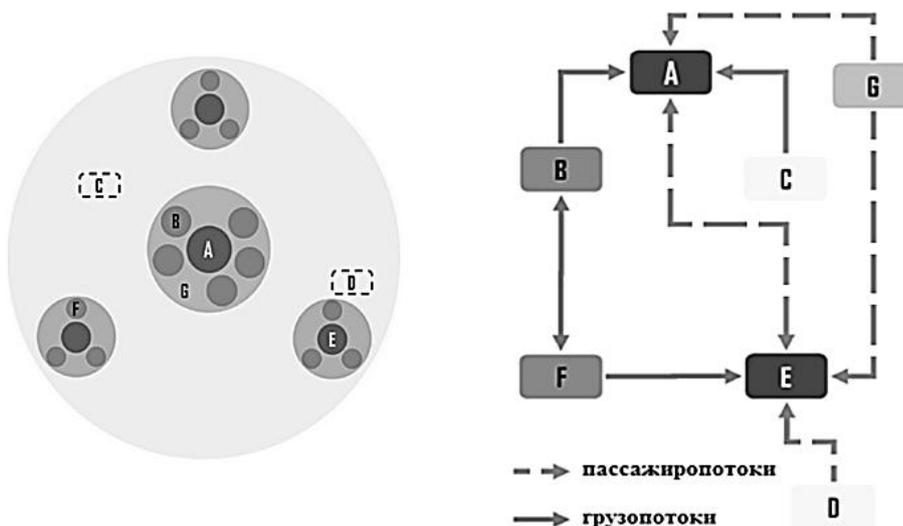
- ⋯ — контур (границы) транспортной системы промышленного района
- — контур (границы) транспортной системы селитебной территории

Рис. 1. Схема расположения сити-района и селитебной территории

В некоторых источниках, в том числе энциклопедического характера, под транзитом (от лат. *Transitus* – прохождение, переход) понимается разновидность перевозки, при которой грузовая единица или пассажир следует от места отправления до места назначения без перегрузок в промежуточных пунктах [3].

Понятие «транзит» промышленных сити-районов, на наш взгляд, охватывает технологический аспект выполнения транзитных перевозок и имеет смысл только в отношении локальных, небольших участков маршрута, поскольку региональный или международный «транзит» характеризуется, как правило, полным циклом смешанной перевозки.

Система «транзит» промышленных сити-районов (СТПС) является сложной и включает в себя целый спектр функциональных элементов. Как правило, СТПС обслуживают грузо- и пассажиропотоки между обособленно расположенными промышленными и транспортными объектами (промышленные предприятия, складские объекты, морские и речные порты, железнодорожные и автомобильные вокзалы, станции метро), так как в отечественных условиях указанные объекты в редких случаях совмещены.

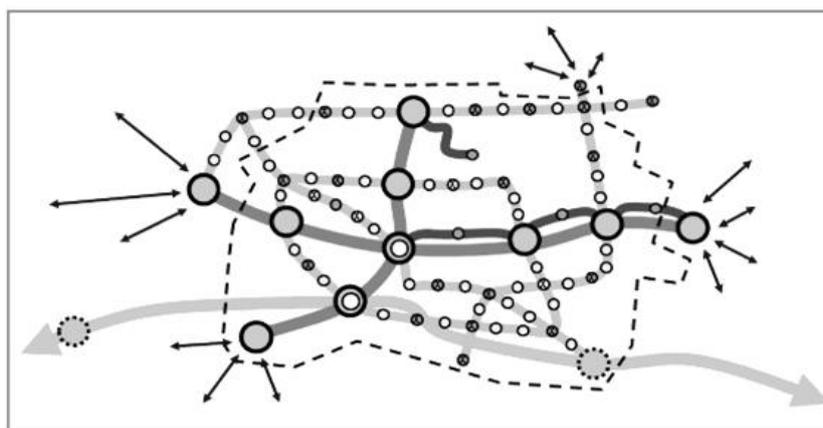


A – коммерческий район; E – производственный район;

B и F – зоны с дистрибутивными центрами, обслуживающими коммерческие грузопотоки между районами;

C, G и D – жилые районы с точками зарождения и поглощения пассажиропотоков.

Рис.2. Графические результаты механизма «polycentric city»



-  – Функциональный элемент «Метро»
(станция метро – пересадочный пункт на другой вид транспорта);
-  – Функциональный элемент «Железные дороги»
(станция примыкания на линии региональной железнодорожной сети);
-  – Функциональный элемент «Автобус»
(автобусная остановка – пункт «экспресс услуги» (остановка по требованию));
-  – Фрагменты маршрутов работы «Трансфер»;
-  – География работы элемента «Паратранзит»;
-  – Область, покрываемая услугами элемента «Такси».

Рис. 3. Гипотетический граф системы «транзит» в промышленных сити-районах

На рисунке 3 представлен гипотетический граф СТПС. Каждая его вершина обеспечивает выполнение конкретного спектра услуг, предоставляемых пользователям в границах промышленных сити-районов. Типовые вершины графа СТПС [4]:

«**Метро**». Пассажирская железнодорожная система, располагается часто под землей в центральных районах (части над землей на более периферийных местах), с фиксированной струк-

турой маршрутов, услуг и станций. Циклы графика обслуживания пассажиропотоков имеют тенденцию быть однородными в течение дня, но увеличивается в часы пик.

«**Автобус**». Характеризуется фиксированным числом обслуживаемых маршрутов и остановок. Услуги часто синхронизируются с другими обслуживающими компонентами, в основном это «метро» и «железные дороги», где они действуют в качестве «питателей». Экспресс-услуги, предоставляются только ограниченным количеством автобусных остановок и предоставляются обычно в часы пик.

«**Железные дороги**». Включает в себя систему обслуживания железнодорожным транспортом пригородных территорий и грузопотоков адресуемых промышленным предприятиям. График работы данного компонента, как правило, не сбалансирован по отношению к другим компонентам СТПС.

«**Трансфер**». Состоит из частных парков авто подвижного состава, включающих в свой состав малые автобусы и грузовики или микроавтобусы. Маршруты и частота, как правило, являются фиксированными, но могут быть адаптированы к новым ситуациям.

«**Паратранзит**». Частная система, как правило, обслуживает периферийные – отдаленные от центральных районов территории. Их ключевым преимуществом является возможность предоставления услуги «последней мили». Во многих городах развивающихся стран, эта система носит неофициальный характер.

«**Такси**». Находится в частной собственности, в работе использует механизм «спрос-ответ по вызову». Данный компонент не имеет статичных маршрутов, обслуживает область, где «такси» имеет право (разрешение) на привлечение «случайных» клиентов.

Транспортная функция СТПС «связывает» ее звенья не функционально, а территориально. При транзите для стыкования физических (пассажиры) и юридических (предприятия различных форм собственности) лиц в промышленных сити-районах используются ресурсы транспортных систем с учетом их территориального расположения между «разрывами» транспортной сети, являющейся источником транзитного потока.

Есть ряд проблем, с которыми сталкивается система СТПС, основной из них, является децентрализация процесса формирования транспортного каркаса пригородных районов, повлекшее за собой снижение целостности и плотности транспортных сетей городского пространства, а значит и снижение в дальнейшем функциональности (доступности) транзитных маршрутов.

Для качественной оценки потенциала СТПС в промышленных сити-районах предлагается использовать основы топологии базирующиеся на результатах работ Лейбница и Эйлера. А именно, на свойствах пространства промышленных сити-районов, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях ее составляющих (транспортных маршрутах) [5]. Пространственная структура транспортного каркаса СТПС имеет несколько вариантов, каждый из которых имеет определенную топологию, на основании этого возможно установить уровень функциональности исследуемой системы (рисунок 4):

(А) «Минимальная» сеть. Представляет простейшую из возможно существующих конфигураций транзитного маршрута, но имеет максимальную среднюю протяженность маршрута.

(В или С) «Средняя сеть». Представляет топологию сети, стремящихся найти компромисс между недостатками существующей архитектуры транспортного каркаса и временными и финансовыми потерями при транзите грузов и пассажиров. Создание в таких сетях «концентратора» и спиц сети является попыткой рационализировать услуги с использованием специальной топологии сети.

(D) «Полная сеть». Высокая концентрация (излишек) маршрутов в сети со сложной топологией, которая имеет самую низкую длину маршрута.

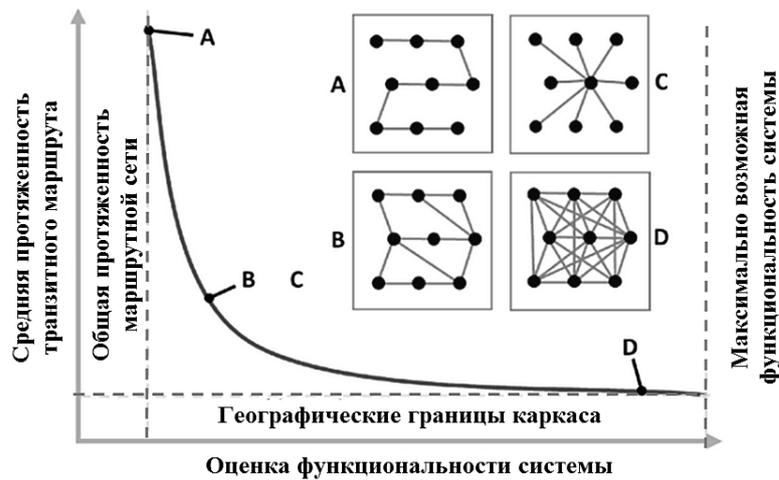


Рис. 4. Графическая оценка потенциала системы «Транзит» в промышленных сити-районах

Формализованную запись задачи оценки потенциала системы «Транзит» в условиях существующей транспортной сети промышленных сити-районов представлена с учетом ряда показателей определяющих ее эффективность:

$$\langle S_o, T, Q \mid S, A, B, Y, f, K, Y_{opt} \rangle, \quad (1)$$

где слева от вертикальной черты расположены известные, а справа – неизвестные элементы задачи:

S_o – оценка потенциала системы «Транзит»;

T – время, выделяемое на получение оценки;

Q – имеющиеся для принятия решения информационные ресурсы (наличие параметрических данных, характеризующих состояние транспортной сети: связанность городской «Транзитной» сети (A), спрямленность сети ($C_{спрямленности}$), доступность маршрутов в транспортной сети (d_m));

$S = (S_1, \dots, S_n)$ – множество альтернативных характеристик транспортной сети промышленных сити-районов, уточняющих функциональность системы «Транзит» S_o ;

$A = (A_1, \dots, A_k)$ – множество целей, преследуемых при получении оценки потенциала системы «Транзит» принятия решения;

$B = (B_1, \dots, B_l)$ – множество ограничений;

$Y = (Y_1, \dots, Y_m)$ – множество альтернативных вариантов оценки потенциала системы «Транзит»;

f – функция предпочтения ЛПР;

K – критерий выбора наилучшего результата оценки;

Y_{opt} – оптимальное решение (конечная оценка).

Дадим подробную характеристику существующим информационным ресурсам дающим комплексную оценку потенциала «Транзитной» системы

1) связанность городской «Транзитной» сети [6].

Связность – ключевое требование к транспортной сети. Без связности нет сети, только разрозненный набор маршрутов. В значительной мере это вопрос степени развития сети: чем больше соединений маршрутов, позволяющих пользователям транзитной сети (ПТС) свободно выбирать и менять свой маршрут, тем сильнее сеть.

Для ПТС связность сети – очень важное качество: это степень возможности добраться до пункта назначения по самостоятельно выбранному маршруту, менять цель маршрута и его траекторию, в том числе и в пути. Помимо внутренней связности транзитной сети важную роль играет ее увязка с другими транспортными сетями.

Важными факторами связности сети является шаг сетки или размер ячейки сети. Чем меньше расстояние между маршрутами, тем больше велосипедист имеет возможностей выбора, например, между быстрым маршрутом вдоль оживленной трассы и медленным, но спокойным, или между прямым путем в гору и более длинным в объезд крутых холмов.

Ячейка сети – самый маленький элемент сети, формируемый ближайшими соседними параллельными маршрутами, расстояние между которыми определяет ее ширину. Чем больше размер ячеек, тем ниже плотность сети (общая длина связи на единицу поверхности) и ниже уровень связности сети.

Размер ячеек имеет значение только в населенных пунктах, где есть множество точек притяжения и корреспонденций между ними. Опыт практики зарубежных стран показывает, что внутри территорий поселений транзитная сеть должна быть как можно более плотной с максимально прямыми связями между точками отправления и назначения. Сеть с размером ячейки 200-250 м способствует значительному повышению конкурентоспособности транзитному транспорту на коротких расстояниях.

Приведем элемент схемы городской транзитной сети г. Мариуполя и оценки степени ее связанности (рисунок 5).



- – точка зарождения и поглощения, транзитных грузо и пассажиропотоков;
- – точка оптимального расстояния (d) до соседней ячейки транзитной сети.

Рис. 5. Схема элемента городской транзитной сети промышленного сити-района г. Мариуполя с примером составляющей ее ячейки

Для определения количественной оценки фактора связанности «транзитной» сети воспользуемся формулой [7]

$$A = Dk\bar{d}^2, \quad (2)$$

где:

- A – количественная оценка фактора связанности «транзитной» сети;
- D – показатель соотношения протяженности транспортных сетей в ячейке промышленного сити-района к общей ее площади (км/км²);
- d – расстояние до соседней ячейки транзитной сети (рисунок 6);
- k – коэффициент транспортной комфортности – безразмерная константа, определяемая из существующей теоретической зависимости [8]:

$$k = \frac{a}{d^2}, \quad (3)$$

где:

a – площадь ячейки транзитной сети, m^2

Вторым фактором, определяющим функциональность систем «транзит» является

2) Спряmlенность сети [9]

Эта характеристика сети касается времени, которое необходимо для перемещения между точками отправления и назначения. С точки зрения Европейской городской политики, на застроенной территории транзитный транспорт должен иметь гораздо более короткий и прямой маршрут, чем грузовой (промышленный) транспорт. Кратчайшее расстояние может быть определено путем расчета коэффициента объезда. Чем ближе к прямой линии траектория от А до Б, тем она короче и лучше для транзитного транспорта.

Степень спряmlенности сети определяется коэффициентом объезда, который рассчитывается как отношение между кратчайшим расстоянием по сети S_{min} и расстоянием по прямой S_{line} [10]:

$$C_{спряmlенности} = \frac{S_{min}}{S_{line}}, \quad (4)$$

Чем меньше коэффициент объезда, тем короче расстояние по сети до цели. Для густой сети максимальный коэффициент объезда должен составлять не более 1,4. Для того, чтобы эксплуатация транзитного транспорта на застроенной территории была привлекательной, коэффициент объезда для транзитной сети должен быть меньше, чем для грузового (промышленного).

Высокая степень спряmlенности (низкий коэффициент объезда) обеспечивает быстрый доступ и оптимизацию транспортных потоков.

Одним из важных критериев оценки эффективности транзитной сети является число пересечений на километр, при котором транзит не имеет права преимущественного проезда. Для основных особенно активно используемых транзитных маршрутов сети это число должно быть равно нулю или, по возможности, как можно ближе к нулю. Частота остановок на километр служит индикатором кратчайшего расстояния по времени.

3) доступность маршрутов в транспортной сети.

Степень доступности маршрута представленного на рисунке 6, определяется по формуле [11]:

$$d_m = \frac{\sum c_{ij}}{n}, \quad (5)$$

где:

c_{ij} – связь между узлом i и узлом j в пределах транзитного маршрута в сети промышленного сити-района;

n – количество узловых элементов в сети.

При наличии связи между транспортными узлами c_{ij} принимается равным 1, соответственно при отсутствии связи – 0.

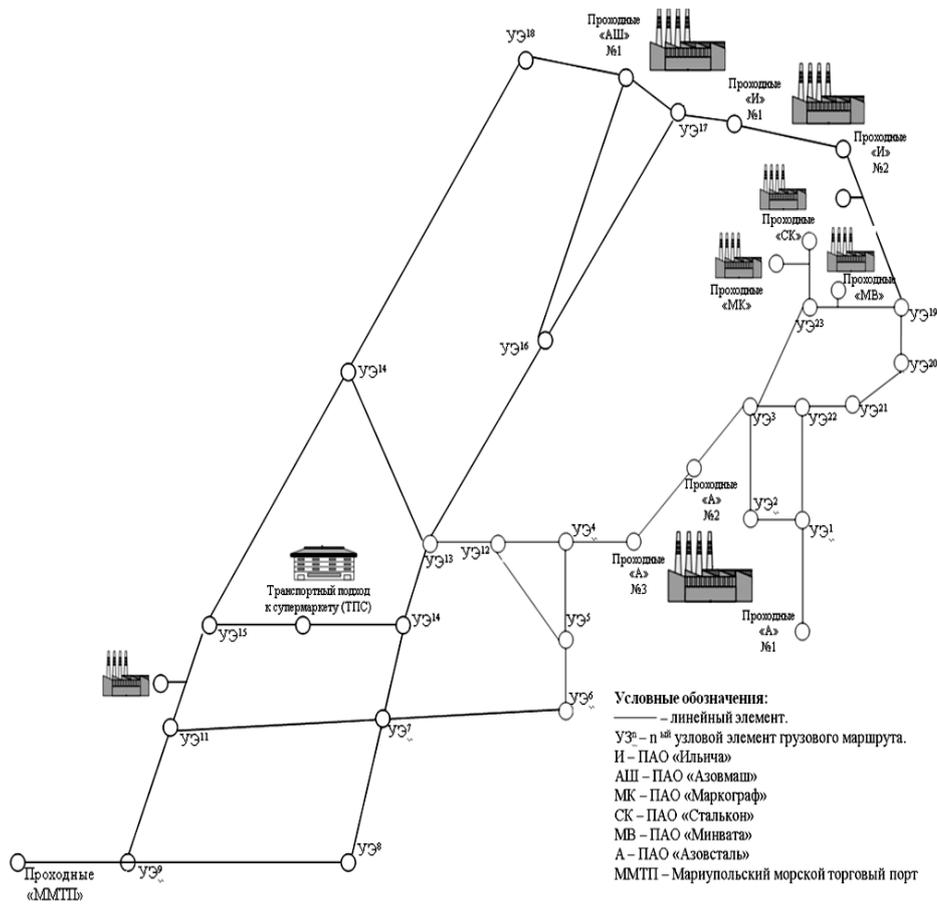


Рис. 6. Структура транзитного маршрута в транзитной сети промышленного сити-района на примере Мариуполя

Таким образом, транспортный каркас может быть представлен в виде матрицы соединений, в которой отображается возможность «подключения» узла (перекрестка) через линейный элемент к соседним узлам улично-дорожной сети (таблица 1).

Таблица 1

Матрица доступности маршрутов

Номер узловых элементов грузового маршрута (уз ^п)	Маршрут №1 Проходные «А»№1– Проходные «ММТП» №2	Маршрут №2 Проходные «А»№1– Проходные «ММТП» №2	Маршрут №3 Проходные «А»№1– Проходные «ММТП» №2
1	1	1	1
2	0	0	0
3	1	1	0
4	1	1	0
5	0	1	0
6	0	1	0
7	0	1	0
ТПС	0	0	0
ММТП	1	1	1
АШ	0	0	1
Степень доступности	0,48	0,41	0,48

Для получения количественной оценки транспортной доступности принято предположение о том, что мобильность грузовой единицы в условиях города определяется не только количеством узловых элементов, но и загруженностью транспортных площадей.

Наиболее загруженными в улично-дорожной сети Мариуполя являются транзитные маршруты перевозки металлопродукции ПАО «ММК им. Ильича» и ПАО «Азовсталь» в Мариупольский морской торговый порт.

Для определения величины загруженности необходимо знать площадь линейного элемента (трасса, дорога, улица), занятого группой движущихся или стоящих транспортных средств (промышленный автотранспорт, муниципальный, личный транспорт и т.п.), которые являются наиболее близкими один к другому по критерию расстояния.

В качестве примера использована процедура оценки транспортной доступности улицы Краснофлотской, по которой перевозится большое количество грузов, как для внутреннего потребления в Мариуполе, так и для перевалки в Мариупольском морском порту с дальнейшей транспортировкой за рубеж (рисунок 7).

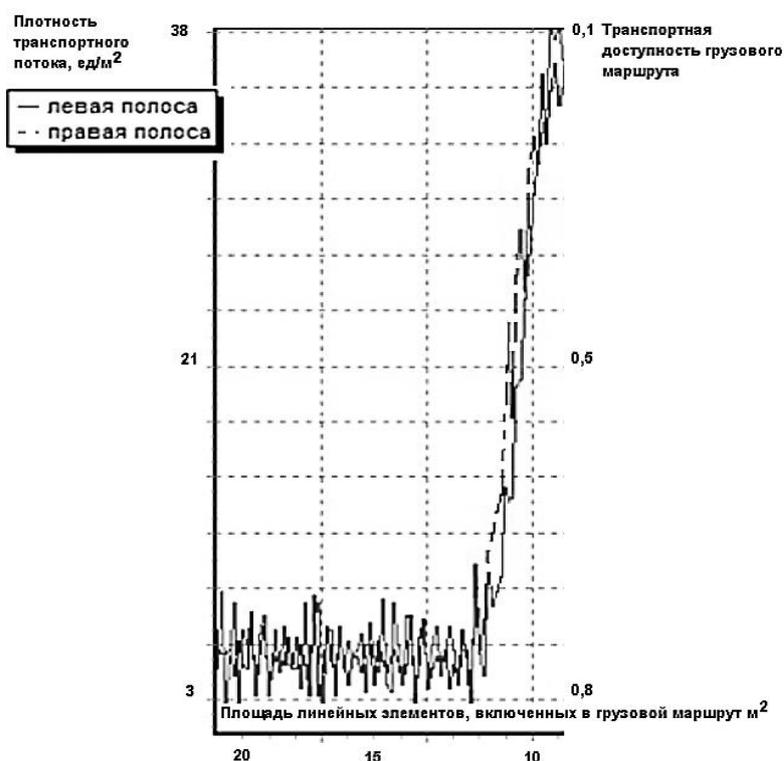


Рис.7. Графическая зависимость оценки доступности маршрута от параметров линейного элемента (ул. Краснофлотская)

Для практической реализации предложенного механизма, определяющего транзитный потенциал транспортной системы, предлагается графический метод. В его основу положена зависимость таких показателей: связанность «транзитной» сети (A), спрямленность сети ($C_{\text{спрямленности}}$), доступность маршрутов в транспортной сети (d_m) от расстояния (протяженности) участка маршрута (S). Это теоретическое положение подтверждается графической зависимостью (рисунок 8).

Критерий, определяющий уровень потенциала системы «транзит» (P) имеет вид

$$P = \sum \alpha_i \rightarrow \max, \quad (6)$$

где α – величина угла, образованного кривыми исследуемых коэффициентов (A_i , $C_{\text{спрямленности}}$, S).

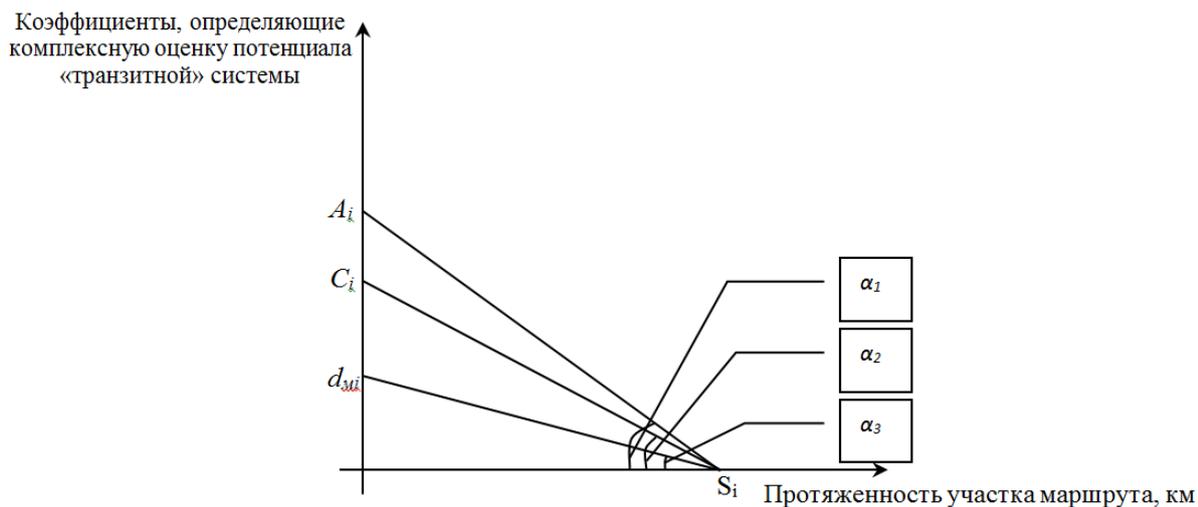


Рис. 8. Теоретическая зависимость, определяющая потенциал системы «транзит» промышленных сити - районов

Т.е. чем выше значение полученной оценки, тем значительней потенциал системы «транзит» исследуемого промышленного сити района.

Выводы

Предложенный механизм оценки потенциала системы «транзит» промышленных сити-районов может быть использован при определении привлекательности транспортных сетей городов, через которые проходят транзитные маршруты, что позволяет оценить последствия принятых решений, направленных на улучшение функционирования общегородской транспортной сети с учетом входящих в ее структуру промышленных грузопотоков.

Список литературы

1. Губенко В.К., Лямзин А.А., Хара М.В., Романенко Е.А. Эффективность маршрутной сети промышленных районов в условиях городской логистики / TRANSPORT PROBLEMS `2013: V International Scientific Conference Katowice, Poland, 24-28 June 2013 y. – Katowice: The Silesian University of Technology, 2013. – N.1. – P.305-312
2. The geography of transport systems / <http://people.hofstra.edu/geotrans/index.html>
3. Transit [Electronic resource] // Explanatory Dictionary of English Language. – Mode of access: <<http://dictionary.reference.com/browse/transit>>. – Date of access: 20.03.2012
4. Wegener, M. (1995) "Current and Future Land Use Models", Paper presented at the Land Use Model Conference, Texas Transportation Institute, Dallas.
5. Black, W. (2003) Transportation: A Geographical Analysis. New York: Guilford
6. Black, J.A., Lim, P.N., & Kim, G.H. 1992. A tra_c model for the optimal allocation of arterial road space: A case study of Seoul's rst experimental bus lane. Transportation Planning and Technology, 16, P 195-207.
7. Rossi-Hansberg, E. 2004. Optimal urban land use and zoning. Review of Economic Dynamics, 7, 69-106.
8. Anas, A., Arnott, R., & Small, K.A. 1998. Urban spatial structure. Journal of Economic Literature, 36(3), 1426-1464.
9. Wadhwa, L.C., & Wirasinghe, S.C. 2003. Urban Transport IX: Urban Transport and the Environment in the 21st Century. Southampton: WIT Press. Chap. True cost of road travel, pages 525-534.
10. Axhausen, K.W. 1998. Theoretical Foundations in Travel Choice Modeling. Oxford: Elsevier Science Ltd. Chap. Can we ever obtain the data we would like to have?, pages 305- 323.
11. Николаенко И.В., Лямзин А.А. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике / TRANSPORT PROBLEMS `2013: V International Scientific Conference Katowice, Poland, 24-28 June 2013 y. – Katowice: The Silesian University of Technology, 2013. – N.1. – P.370-375

Лямзін А.О., Хара М.В. Оценка потенціалу системи «транзит» промислових сіті-районів

***Анотація.** У статті на підставі теоретичного аналізу факторів, що визначають потенціал системи «транзит» промислових сіті - районів, а саме: стан і рівень розвитку транспортної інфраструктури, конфігурація міських транспортних мереж та їх пропускна здатність, запропоновано механізм її комплексної оцінки.*

***Ключові слова:** промисловий сіті-район, транзит, функціональність, доступність маршрутів, зв'язаність мережі.*

Lyamzin A.O., Hara M.V. Evaluation of building systems "transit" industrial city area

***Summary.** In article on the basis of the theoretical analysis of the factors determining potential of transit system of industrial cities of areas, namely: state and level of development of transport infrastructure, configuration of city transport networks and their capacity, the mechanism of its complex assessment is offered.*

***Keywords:** industrial sityrayon, transit, functionality, accessibility routes, connectivity network.*

Стаття надійшла до редакції 01.12.2013 р.