

## СИСТЕМА МЕТОДОВ ВЫБОРА МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

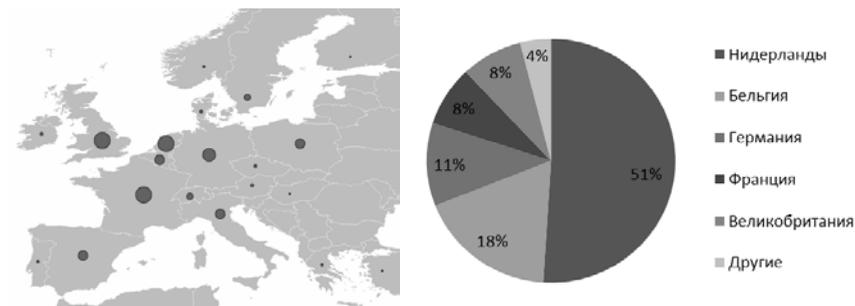
*А.А. Кайгородцев (науч. рук. А.Н.Рахмангулов)*

*ООО «Торговый дом ММК»*

*455000, г. Магнитогорск, ул. Кирова, 76,*

*«Проект по логистике и координации деятельности по закупкам»*

Перспективным направлением повышения качества логистического сервиса и оптимизации транспортно-складских затрат является стратегия организации сети распределительно-сервисных центров (РЦ) – мультимодальных терминально-логистических комплексов с развитой транспортной и складской инфраструктурой и унификацией логистических процедур [7]. Например, в Западной Европе существует ряд примеров успешно действующих и развивающихся проектов распределительных центров (рис. 1).



*Рисунок 1 – Концентрация распределительных центров в Европе [20]*

Включение распределительного центра в каналы дистрибуции готовой продукции позволяет усилить эффект от интеграции поставщиков и потребителей при стимулировании функционирования гибких систем управления запасами на складах данных участников рынка [1].

Существует несколько вариантов организации сети РЦ в зависимости от степени участия компании в товаропроводящем процессе:

- строительство собственного распределительного центра;
- аренда производственно-складских площадей или покупка готовых у девелопера (перспективной, с точки зрения участников рынка складской недвижимости, является схема строительства build-to-suit, т.е. выполнение строительного проекта под конкретного заказчика в конкретные сроки);
- заключение договоров с компаниями, оказывающими частичные

или комплексные логистические услуги (3PL, 4PL-операторами - операторами полного спектра логистических услуг).

Однако в независимости от того, какой из перечисленных вариантов предпочтителен для компании, наиболее важной задачей на этапе проектирования конструкции логистической системы с участием РЦ является выбор мест рационального размещения РЦ. Это связано с тем, что неправильный выбор мест размещения РЦ может привести к неоправданным инвестиционным издержкам, а также существенно снизить эффективность функционирования логистической системы. Неэффективные инвестиционные затраты связаны, как правило, с размещением РЦ в местности со сложным рельефом и отсутствием подъездных железнодорожных путей и автомобильных дорог. Слабое развитие транспортной и складской инфраструктуры региона вынуждает применять сложные схемы организации доставки до РЦ и вывоза из него, использовать дорогие складские площади, прибегать к логистическим услугам низкого качества, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат.

Для компании-девелопера данного вида недвижимости выбор места размещения будущего РЦ также имеет высокую важность в связи с необходимостью продать его по наиболее высокой цене, которая во многом будет зависеть от удачного расположения РЦ.

Место размещения РЦ – наиболее значимый параметр перспективной системы распределения компании, т.к. влияет на перспективы ее дальнейшей деятельности и связан с большим объемом инвестиций на организацию РЦ. Большое число вариантов размещения РЦ делает задачу выбора наиболее приемлемого варианта весьма трудоемкой и повышает уровень риска принятия неверного решения.

Большинство существующих концепций выбора места размещения логистических мощностей [8] основываются на анализе макро- и микроэкономических перспектив компании. При этом принимается во внимание лишь отдельный укрупненный фактор или показатель.

Данные концепции позволяют облегчить интуитивный выбор вероятного района размещения РЦ и могут с успехом применяться на стадии предпроектной оценки. Однако после принятия принципиального решения о необходимости организации РЦ требуется более детальная оценка факторов, оказывающих значимое влияние на затраты, связанные со строительством и эксплуатацией будущего РЦ.

Построение эффективно функционирующей сети с участием РЦ должно быть основано на системном подходе с использованием методик стратегического планирования, в частности, методик выбора мест размещения РЦ, основанных на учете множества факторов, включающих такие группы факторов, как макроэкономическая ситуация, наличие транспортной инфраструктуры с необходимой пропускной способностью, а

также ограничения, накладываемые сторонними грузопотоками [1]. Отсутствие на сегодняшний день соответствующих методик системного учета данных факторов в условиях ограниченности ресурсов является причиной снижения эффективности функционирования создаваемых сетей с участием РЦ. Например, организация РЦ в крупном транспортном узле имеет преимущество, т.к. гарантирует наличие крупных грузопотоков, упрощает перевалку с одного вида транспорта на другой. Недостатком такого варианта может оказаться превышение пропускной способности подъездных путей, вызванное сторонними грузопотоками, что приводит к заторам, повышению аварийности и увеличению (нарушению), в конечном счете, срока поставки (ярким примером этого является Москва и Московская область).

Особенностью предлагаемого авторами подхода является система факторов, оказывающих влияние на выбор варианта размещения РЦ, основанная на представлениях современной экономической географии [9], а также оценках рейтинговых агентств [10, 11]. Предлагается выделять следующие группы факторов: потоковые; географические (природные); инфраструктурные; экономико-географические; политические и экономические.

Потоковые факторы. Категория потока является ключевой в логистике. В общем случае, потоком называется совокупность элементарных объектов (элементов потока), обладающих отличительным признаком (типом), имеющих определенную скорость и одинаковое направление движения. Потоки разделяются на материальные, финансовые, информационные, потоки услуг и обладают различными характеристиками (параметрами) [1]. Элементом материального потока является транспортно-грузовая партия, потока услуг – логистическая (технологическая операция), информационного потока – сообщение, финансового потока – платеж. Струя потока – совокупность однотипных элементов логистического потока.

Включение в логистическую систему распределительного центра (РЦ) является управленческим решением структурного рода, т.е. вносит изменение в структуру системы, тем самым усложняя каналы распределения продукции. Согласно теории логистических элементов и различных классификаций потоков в логистике при выборе места размещения РЦ предлагается анализировать следующую систему параметров логистических потоков: маршрут движения потоков (путь); длина маршрута (пути); время движения; скорость; масса (количество) потока; интенсивность; мощность; количество движения потока (транспортная работа); средний интервал времени между элементами потока. Помимо представленных параметров логистических потоков предлагается оценивать влияние РЦ на следующие показатели логистических потоков, представленные

ные коэффициентами дискретности, нерегулярности, неравномерности (изменчивости), нестабильности, ритмичности, периодичности, сложности, дифференцируемости и управляемости потоков. Для расчета представленных параметров и показателей разработаны соответствующие методики.

Географические (природные) факторы включают в себя характеристики рельефа, климата, доступности морских и речных путей сообщения.

Инфраструктурные факторы используются для оценки уровня развитости транспортно-складской инфраструктуры в районе предполагаемого строительства РЦ и включают в себя следующие факторы: густота транспортной сети, пропускная способность подъездных путей, емкость складов, перерабатывающая способность оборудования, наличие свободных площадей под строительство, доступность энергоресурсов.

Экономико-географические факторы используются для оценки экономического развития регионов возможного размещения РЦ: объем валового регионального продукта; уровень и структура инвестиций в основной капитал региона; объем промышленного производства, либо оборот оптовой или розничной торговли; уровень спроса на продукцию компании в регионе и соседних регионах; наличие на региональном рынке конкурентов; численность населения и обеспеченность региона квалифицированными трудовыми ресурсами; стоимость капитала на рынке и доступность кредитных ресурсов.

Политические факторы: особенности регионального законодательства и различные административные ограничения, которые могут возникнуть при организации строительства и последующей эксплуатации РЦ; структура налогов, которые будет необходимо выплачивать при размещении РЦ в данном регионе; налоговые льготы; внутренняя политика компании, в частности бюджетная, бухгалтерская, кадровая, политика ценообразования.

Экономические факторы. Характеризуют затраты на организацию и эксплуатацию РЦ и, большей частью, выступают как производные от остальных рассмотренных здесь факторов: величина капитальных и эксплуатационных затрат; стоимость аренды и затраты на хранение и грузопереработку; транспортные затраты; величина фонда оплаты труда; показатели оценки экономической эффективности инвестиционных проектов.

Чем глубже будет детализация представленных факторов, тем сложнее оценить их совокупное влияние, но точнее может быть сделан выбор. Оценка влияния каждого фактора имеет важнейшее значение при необходимости принятия наиболее объективного решения. Однако совокупность предложенных факторов обладает новыми системными свойствами. Причем каждый фактор этой системы обладает свойствами как

параметра (постоянной), так и переменной в зависимости от уровня управления (горизонта планирования), для которого осуществляется оценка: оперативного, тактического и стратегического.

Период оперативного планирования короток и зависит от текущей ситуации, структура системы в данном случае не изменяется, корректируется работа ее отдельных элементов. Этот период рассматривается, как промежуток времени от нескольких минут до одного года. На тактическом уровне выбираются оптимальные схемы использования существующих ресурсов (например, график перевозок, план формирования поездов, единый технологический процесс и т.д.) в этом случае период планирования находится в пределе от одного месяца до 3-х лет. Долгосрочные перспективы развития транспортно-распределительной системы рассматриваются на стратегическом уровне управления/планирования, который охватывает временной промежуток от 3-х до 30 лет. На этом уровне претерпевает изменения структура системы и, возможно, ее цели.

Решение задачи выбора места расположения РЦ предлагается производить в два этапа:

1. определение района (пункта) дислокации РЦ - на стратегическом уровне управления, т.е. принимается решение, от которого будет зависеть долгосрочная перспектива эффективности дистрибуции;
2. выбор на тактическом уровне управления конкретного готового объекта или участка под строительство РЦ и формирование технологии его работы, т.е. принимается решение, от которого будет зависеть эффективность дистрибуции в среднесрочной перспективе, но с учетом перспективы долгосрочного развития.

В зависимости от глубины временной перспективы проекта, сложившейся у руководства и экспертов компании (рис. 2) группы перечисленных выше факторов могут иметь различную значимость для принятия решения о размещении РЦ.

Совокупное влияние множества факторов достаточно трудно оценить. Задача выбора усложняется, если предстоит организовать сеть РЦ, так как увеличивается число альтернатив, из которых можно выбирать. Предлагаемая авторами методика основана на использовании метода анализа иерархий – МАИ [3], являющимся одним из наиболее известных методов решения практических задач многокритериального выбора.

Метод заключается в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части (построение иерархии проблемы) и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная сила взаимодействия элементов в иерархии [4]. Для принятия решения по выбору из альтернативных вариантов предварительно необходимо построить иерархию проблемы (моделирование проблемы).



Рис. 2. Возможные варианты изменения значимости групп факторов, влияющих на принятие решения о размещении РЦ

Принцип аддитивной композиции в МАИ представляется формулой  $\sum_{i=1}^n a_i w_i$ , где  $a_i$  - приоритет  $i$ -го критерия,  $i=1, \dots, n$ ,  $w_i$  - вектор приоритетов альтернатив по  $i$ -му критерию. Мультилинейные формы, полученные методом аддитивной композиции, важны при придании вербальным суждениям числовых значений в иерархических и сетевых структурах, что позволяет увеличивать глубину и точность поиска истинных значений. Составной приоритет каждой альтернативы на нижнем уровне иерархии представляется с помощью мультилинейной формы

$$\sum_{i_1, i_2, \dots, i_p} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_p^{i_p}.$$

Отдельный член этой суммы рассчитывается как

$$x_1 x_2 \dots x_p = e^{\log x_1 x_2 \dots x_p} = \prod_{i=1}^p e^{\log x_i} = e^{\sum_{i=1}^p \log x_i} \rightarrow e^{\int \log x(\alpha) d\alpha}$$

Результаты вычислений, выполняемых в МАИ, будут более адекватны реальности в случае, если в иерархию включены все существенные для рассмотрения факторы. Ее структура должна быть тщательно отработана для того, чтобы адекватно представлять все качества, которыми должно обладать решение. Рекомендуется при построении иерархии рассмотреть ее элементы как «сверху – вниз» от цели, так и «снизу – вверх» от уровня альтернатив.

Рассматриваемая в статье простая иерархия выбора стратегически привлекательного места размещения распределительного центра выглядит, как показано на рис. 3.

Чтобы оценить приоритет каждой группы факторов, необходимо составить матрицу парных сравнений (табл. 1, 4).

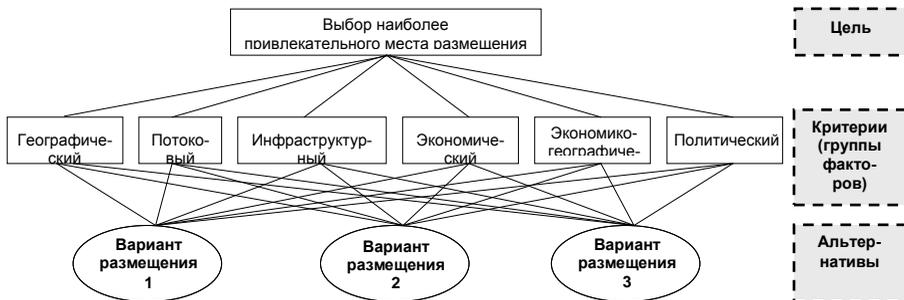


Рис. 3. Иерархия задачи о выборе места размещения РЦ

Элементами этой матрицы являются суждения, отражающие предпочтения экспертов, участвующих в выборе из представленных вариантов. Суждения представлены вербальными и соответствующими им числовыми оценками по 9-и балльной фундаментальной шкале [3].

Таблица 1

Общий вид матрицы парных сравнений для расчета весов критериев

Фактор	$A_1$	$A_2$	$A_j$	$A_n$	Оценки компонент собственного вектора по строке (среднее геометрическое)	Нормализация результата
$A_1$	$I$	$w_{12}$	$w_{1j}$	$w_{1n}$	$e_1 = \sqrt[n]{w_{11} \cdot w_{12} \cdot w_{1j} \cdot w_{1n}}$	$X_1 = \frac{e_1}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_2$	$w_{21}$	$I$	$w_{2j}$	$w_{2n}$	$e_2 = \sqrt[n]{w_{21} \cdot w_{22} \cdot w_{2j} \cdot w_{2n}}$	$X_2 = \frac{e_2}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_i$	$w_{i1}$	$w_{i2}$	$I$	$w_{in}$	$e_i = \sqrt[n]{w_{i1} \cdot w_{i2} \cdot w_{ij} \cdot w_{in}}$	$X_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}$
$A_n$	$w_{n1}$	$w_{n2}$	$w_{nj}$	$I$	$e_n = \sqrt[n]{w_{n1} \cdot w_{n2} \cdot w_{nj} \cdot w_{nn}}$	$X_n = \frac{e_n}{\sum_{i=1}^n e_i}$

Матрица парных сравнений групп факторов, влияющих на выбор места размещения РЦ, представлена в таб. 5. Значения в этой матрице показывают доминирование фактора, расположенного слева, над факторами, указанными сверху. Например, значение 4 в третьей строке и четвертом столбце соответствует суждению о том, что инфраструктурный показатель является более важным, чем экономический, и предпочтение эксперта к нему выше среднего. Соответственно, экономический показатель имеет приоритет по отношению к инфраструктурному показателю равный 1/4.

Исходя из расчетов, наиболее приоритетным является экономико-географический показатель, имеющий приоритет, равный 0,40, меньше приоритет у инфраструктурного показателя – 0,28. Самым низким приоритетом обладает географический показатель – 0,03. Отношение согласованности  $C.R.$  для представленной матрицы равно 0,0678, т.е.  $C.R. \leq 0,10$  (в

нашем случае  $S.R.$  должно быть меньше 1,25, т.к. размер матрицы составляет  $b$ ), что подтверждает согласованность суждений о предпочтительности каждого из показателей. Однако, если в иерархию выбора места размещения РЦ ввести хотя бы один дополнительный показатель оценки, то это может существенно повлиять на значение приоритетов имеющихся показателей.

Таблица 2

*Матрица результатов попарного сравнения критериев выбора места размещения РЦ*

<i>Показатель</i>	<i>Географ.</i>	<i>Поток.</i>	<i>Инфр.</i>	<i>Эконом.</i>	<i>Эк.-геогр.</i>	<i>Полит.</i>	<i>Нормированный вектор приоритетов</i>
Географ.	1	1/5	1/5	1/6	1/7	1/2	0,03
Поток.	5	1	1/5	1/2	1/4	3	0,10
Инфр.	5	5	1	4	1/3	7	0,28
Эконом.	6	2	1/4	1	1/3	4	0,15
Эк.-геогр.	7	4	3	3	1	7	0,40
Полит.	2	1/3	1/7	1/4	1/7	1	0,04

Таким образом, для принятия решения о выборе варианта размещения конкретного РЦ следует учитывать степень влияния каждого показателя в соответствии с его приоритетом и отдавать предпочтение варианту с высокими оценками наиболее приоритетных показателей. Для этого необходимо построить матрицы парных сравнений вариантов относительно каждого показателя. Например, если выбор ведется из трех вариантов по шести показателям, то в итоге получается шесть матриц размерностью  $3 \times 3$ . Для каждой матрицы находится собственный вектор (вектор приоритетов) и рассчитываются идеализированные приоритеты [3, 5]. В табл. 3 приведен пример матрицы парных сравнений вариантов размещения РЦ металлопродукции.

На следующем шаге производится синтез глобальных приоритетов для каждого варианта размещения РЦ. Для того, чтобы определить глобальные приоритеты вариантов расположения РЦ, необходимо составить матрицу локальных приоритетов по каждому показателю (табл. 4), используя данные таблицы 3. Затем каждый столбец этой матрицы умножается на приоритет соответствующего показателя из табл. 2. Последующее суммирование по строкам дает компоненты вектора глобальных приоритетов вариантов размещения распределительного центра (табл. 4). Из табл. 4 видно, что после вычисления глобальных приоритетов наиболее предпочтительным является вариант с расположением распределительного центра в окрестностях города Екатеринбург.

Таблица 3

Пример матрицы парных сравнений вариантов размещения  
РЦ металлопродукции

<b>Потоковые</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	1/3	1/2	0,16	0,30
Магнитогорск	3	1	2	0,54	<b>1,00</b>
Челябинск	2	1/2	1	0,30	0,55
<b>Географические</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	1/4	1/3	0,12	0,22
Магнитогорск	4	1	2	0,56	<b>1,00</b>
Челябинск	3	1/2	1	0,32	0,57
<b>Инфраструктурные</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	8	6	0,75	<b>1,00</b>
Магнитогорск	1/8	1	1/5	0,06	0,08
Челябинск	1/6	5	1	0,19	0,26
<b>Экономико-географические</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	6	4	0,68	<b>1,00</b>
Магнитогорск	1/6	1	1/4	0,08	0,12
Челябинск	1/4	4	1	0,24	0,35
<b>Политические</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	5	4	0,67	<b>1,00</b>
Магнитогорск	1/5	1	1/3	0,10	0,15
Челябинск	1/4	3	1	0,23	0,33
<b>Экономические</b>	Е-бург	Магн-ск	Чел-ск	Нормиров. приоритеты	Идеализир. приоритеты
Екатеринбург	1	1/9	1/6	0,05	0,07
Магнитогорск	9	1	6	0,75	<b>1,00</b>
Челябинск	6	1/6	1	0,20	0,26

Таблица 4

*Матрица результатов синтеза глобальных приоритетов  
вариантов размещения РЦ*

Приоритет показателя	Гео-граф. (0,03)	По-ток. (0,08)	Инфр. (0,27)	Эконом. (0,19)	Эк.-геогр. (0,39)	Политич. (0,04)	Глобальный приоритет
<b>Распределенный способ</b>							
Екатеринбург	0,12	0,16	0,75	0,05	0,68	0,67	<b>0,52</b>
Магнитогорск	0,56	0,54	0,06	0,75	0,08	0,10	0,25
Челябинск	0,32	0,30	0,19	0,20	0,24	0,23	0,22
<b>Идеальный способ</b>							
Екатеринбург	0,22	0,30	1,00	0,07	1,00	1,00	<b>1,00</b>
Магнитогорск	1,00	1,00	0,08	1,00	0,12	0,15	0,49
Челябинск	0,57	0,55	0,26	0,26	0,35	0,33	0,43

Перед выбором конкретного места размещения РЦ требуется оценить выгоды и издержки рассматриваемых альтернатив. В таких случаях полезно строить отдельные иерархии для издержек и выгод с одинаковыми наборами альтернатив на нижнем уровне (уровне альтернатив). Обобщенный вектор приоритетов, учитывающий и выгоды и издержки, получается делением приоритета выгод на приоритет издержек для каждой альтернативы. Максимальное значение этого отношения показывает наиболее предпочтительный вариант. Точно также можно применять четыре иерархии для вычисления обобщенного отношения [3].

МАИ является эффективным инструментом поддержки принятия управленческого решения. Использование данного метода для решения многокритериальных задач в ситуации недостатка объективных данных позволяет снизить риск принятия неверного решения. Придание количественного значения субъективным вербальным оценкам специалистов конкретной области по математически обоснованной фундаментальной шкале позволяет получить более реалистичные результаты, чем в других методах (в том числе моделях, основанных на принципах «черного ящика»). Метод анализа иерархий позволяет разбить сложную проблему на ряд простых, выявить противоречия.

Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на выбор решения.

Составление структуры модели принятия решения может быть трудоемким процессом, однако если она составлена, то может затем применяться многократно. Остается лишь корректировать эту структуру и наполнять ее данными [4].

Однако, выбирая вариант размещения РЦ с помощью МАИ, следует учитывать, что реальный объект функционирует в ситуации постоянного контакта с динамичной внешней средой – нелинейной системой, которой присущи обратные связи и стохастические процессы. Кроме того, причины и следствия сложных систем разнесены во времени, поэтому человеку трудно предсказать, какие последствия вызовет то или иное управленческое решение. Основные причины низкой эффективности принятия решений в динамичной управленческой среде [8]:

- недооценка и ошибочное восприятие эффектов обратной связи;
- упрощение реальности и выборочное использование информации;
- ограниченность по времени процесса принятия решений;
- неопределенность и сложность окружающей среды.

Томас Саати, обобщая метод анализа иерархий, предложил использовать метод аналитических сетей (МАС), позволяющий учитывать обратные связи в исследуемой системе. Кроме того, перспективным подходом для принятия управленческого решения, связанного с инфраструктурными инвестиционными проектами на транспорте, является сочетание МАИ и имитационного моделирования.

Как упоминалось выше, включение РЦ в систему распределения компании может выступать сложным инфраструктурным решением, в таком случае эксперимент с реальной системой практически невозможен, что вызвано большими затратами на проведение такого эксперимента и высоким риском. В таком случае, после выбора наилучшей альтернативы размещения (или нескольких вариантов, имеющих близкие по значению величины глобального приоритета по отношению к лучшему варианту) уместно на основании построенной имитационной модели (ИМ) исследовать возможные ситуации развития перспективной системы распределения. Например, с помощью моделирования появляется возможность исследовать «узкие места» будущей системы распределения, оценивать производительность, стоимость, пропускную способность – все главные характеристики еще до того, как система будет создана [2]. Имитационная модель транспортной системы, включающей в себя распределительный центр (центры) позволит оценить важнейшие его параметры, настроить работу с учетом необходимых технологических особенностей, «проиграть» возможные ситуации функционирования с учетом временного фактора, стохастических процессов и обратных связей.

Сравнительная оценка доказывает явные преимущества имитационного моделирования. Однако имитационное моделирование является трудоемким и недостаточно производительным подходом, когда имеется существенная многовариантность [5]. Подход, предлагаемый авторами, позволяет исключить многовариантность выбора места размещения РЦ с

помощью МАИ. Иерархия проблемы выбора места размещения РЦ включает в себя несколько групп факторов (параметров), оказывающих влияние на привлекательность той или иной альтернативы размещения. Создавая имитационную модель распределительной сети с участием РЦ, необходимо использовать параметры сети, важность которых высока, исходя из результатов проведенных парных сравнений по МАИ. Такое ранжирование позволит упростить построение модели для требуемого уровня управления (стратегическое, тактическое, оперативное), не потеряв при этом ключевые, определяющие функционирование системы распределения, факторы. Данные факторы определяют множество исходных данных и расчетные параметры, необходимых для имитационного моделирования (табл. 4).

*Таблица 4*  
*Основные исходные данные (пример) и параметры имитационной РЦ металлопродукции*

<i>Исходные данные</i>	<i>Начальные значения (пример)</i>	<i>Расчетные параметры</i>
1. Объем производства металлопродукции, млн. тонн	12	1. Объем переработки РЦ
2. Доля металлопродукции на экспорт, %	35	2. Наполненность складов РЦ
3. Доля региона в продажах на внутренний рынок, %	8,3	3. Затраты на доставку ж/д транспортом
4. Вместимость складов РЦ, тыс. тонн	90	4. Затраты на переработку в РЦ
5. Вместимость грузового фронта, ваг.	115	5. Затраты на автотранспорт
6. Расстояние до РЦ, км	664	6. Статистические характеристики потока готовой продукции
7. Величина ж/д тарифа от поставщика до РЦ, руб./тонна	680,32	7. Удельные затраты на доставку металлопродукции
8. Стоимость переработки в РЦ, руб./т	25	
9. Продолжительность разгрузки вагона, мин.	12	
10. Средняя стоимость километра пробега автомобиля, руб./км	36	
11. Грузоподъемность автомобилей (мин., средн., макс), тонн	20, 25, 30	
12. Число автомобилей	60	
13. Средняя скорость движения грузового автомобиля, км/час	50	

В качестве инструмента построения имитационной модели схемы доставки металлопродукции была использована программная система AnyLogic, позволяющая строить, в частности, дискретно-событийные (процессные) модели. При помощи моделей такого типа удобно моделировать цепочки поставки продукции, изменяя в процессе моделирования

как схему доставки, зависящую от выбранного места размещения РЦ, так и остальные параметры модели. На рис. 5 представлена логическая структура имитационной модели доставки металлопродукции крупного металлургического предприятия потребителям Уральского региона. Логическая структура модели представляет собой совокупность стандартных элементов библиотеки дискретно-событийного моделирования программной системы AnyLogic

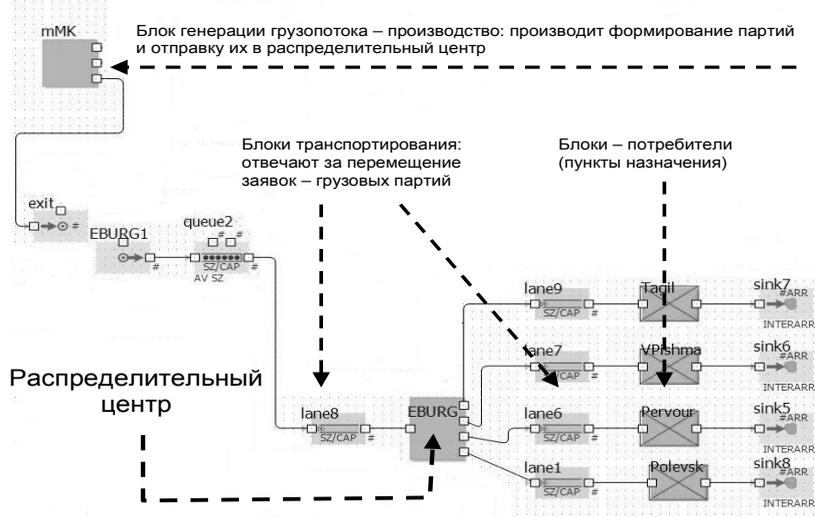


Рис. 4. Логическая структура имитационной модели доставки металлопродукции

В качестве примера приведены результаты экспериментов с построенной имитационной моделью, в которых исследовались зависимости удельных затрат на доставку продукции с использованием РЦ от грузоподъемности автомобилей, занятых на доставке металлопродукции от РЦ до конечных потребителей. Установлено, что в результате повышения грузоподъемности автомобилей скорость приращения средних удельных затрат на распределение с использованием РЦ снижается при использовании автомобилей грузоподъемностью свыше 20 тонн (рис. 5). Это обусловлено тем, что при использовании большего числа автомобилей меньшей грузоподъемности РЦ не справляется с вывозом поступающей продукции, в результате чего происходит переполнение складов. «Узким местом» моделируемого РЦ, при использовании автомобилей грузоподъемностью менее 20 тонн, становятся пункты погрузки автотранспорта.

Предложенный в данной статье подход основан на сочетании метода анализа иерархий, формирующего проблему выбора места размещения РЦ, и имитационного моделирования, позволяющего провести экспе-

рименты с различными вариантами размещения, сформированными по результатам применения МАИ. Полученное решение позволит существенно снизить как инвестиционные риски, так и расходы на функционирование логистической системы.

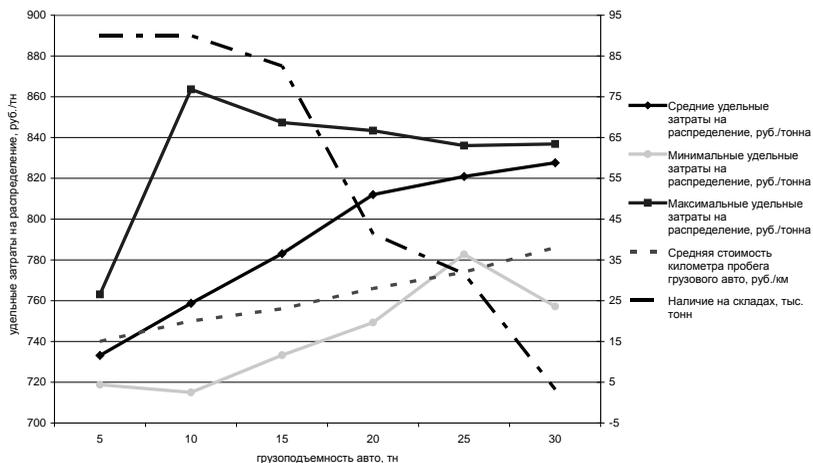


Рис. 5 Динамика основных параметров имитационной модели доставки металлопродукции при изменении значения грузоподъемности автомобилей

### Библиографический список

1. Гавришев С.Е., Дудкин Е.П., Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Транспортная логистика: Учеб. пособие. – С-Пб.: ПГУПС, 2003. 279 с.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 400 с.
3. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.:Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М. Радио и связь, 1991. 224 с.
5. Rozann W. Saaty. Decision Making in Complex Environments. The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making and The Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback. 2003. 115 p.
6. Технологии принятия решений: метод анализа иерархий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.citforum.ru/consulting/BI/resolution/> (дата обращения 03.05.2012).

7. Манжосов Г., Овчаренко Н. Логистические центры в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://sklad.in/2006/07/24/logisticheskie\\_centry\\_v\\_rossii.html](http://sklad.in/2006/07/24/logisticheskie_centry_v_rossii.html) (дата обращения 03.05.2012).

8. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Проблема выбора места размещения логистического распределительного центра. Существующие подходы к решению // Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н.Рахмангулова. Магнитогорск: Изд-во Магнитгорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. С.39-48.

9. Коренкова С.Ю. Социально-экономическая география / С.Ю. Коренкова, С.П. Семенов. – СПб: Питер, 2001.

10. 30 лучших городов для бизнеса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.forbes.ru/ekonomika/50279-kak-my-schitali> (дата обращения 05.05.2012).

11. Рейтинг предпринимательского климата в российских городах [Электронный ресурс ]. Режим доступа: <http://www.raexpert.ru/ratings/towns/2003/> (дата обращения 25.04.2012).

УДК 656.073.235

## **АНАЛИЗ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ РФ**

***П.В. Везгорт (науч. рук. С.Н. Корнилов)***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова» (МГТУ)*

*455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,*

*кафедра «Промышленный транспорт», [pvez@mail.ru](mailto:pvez@mail.ru)*

### ***Аннотация***

В статье представлен анализ состояния контейнерных перевозок в РФ. В качестве одной из главных причин низкого уровня контейнеризации обозначена проблема недостаточного развития терминальной инфраструктуры, в частности неравномерной загрузки контейнерных терминалов (КТ). Для решения представленной проблемы предлагается разработать методику оптимизации размещения КТ в заданном районе.

### ***Актуальность***

Контейнерные перевозки являются одним из перспективных направлений развития рынка транспортных услуг. Главное конкурентное преимущество контейнерных перевозок заключается в универсальности и эффективности такого вида услуг.

В табл. 1 представлен суммарный объем груза, перевезенного в контейнерах с 2000 по 2010 г.г. Из анализа графика, рис. 1, следует, что перевозки контейнеров всеми видами сообщений растут. То есть испол-