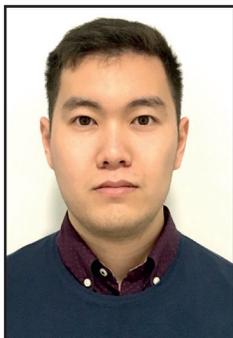




Современные подходы к размещению объектов транспортно-логистической инфраструктуры



Андрей БАГИНОВ

Andrey V. BAGINOV

Modern Approaches to Siting of Transport and Logistics Infrastructure Facilities
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 173)

В статье рассмотрен вопрос целесообразности применения современных математических инструментов при решении задач размещения объектов транспортно-логистической инфраструктуры. Проведён анализ существующих подходов к оценке и значимости используемых методов, в частности координатных, гравитационных и комбинированного. На примере транспортно-логистического комплекса Республики Бурятия показана применимость предлагаемых способов и инструментов управления, включая средства программно-имитационного моделирования.

Ключевые слова: транспортно-логистическая инфраструктура, размещение объектов, транспортный комплекс региона, программно-имитационное моделирование, критерии, методы.

Багинов Андрей Владимирович – инженер, ЗАО «ПромтрансНИИпроект», Москва, Россия.

Всё, что связано с размещением транспортно-логистической инфраструктуры, относится к фундаментальным задачам организации производства. Это обусловлено в большей степени двумя причинами: во-первых, ошибки, допущенные при решении задач подобного рода, приводят к появлению дополнительных эксплуатационных издержек; во-вторых, нивелирование негативных последствий, связанных с неудовлетворительным размещением объекта, зачастую не представляется возможным.

1.

Исследования отечественных учёных [1–11], занимающихся проблемами размещения транспортных объектов, достаточно подробно раскрывают диапазон математического и программно-имитационного инструментария. Однако нередко использование предлагаемых методов на практике оказывается несостоятельным, а полученные результаты не позволяют принять корректное управленческое решение.

Условно современные подходы к задачам размещения можно разделить на две группы:

– выбор наиболее предпочтительного варианта осуществляется среди предварительно сформированного множества альтернатив, решение сводится к многокритериальному анализу и подсчёту рейтингов рассматриваемых вариантов;

– выбор наилучшего варианта осуществляется без ориентации на конкретные варианты, объект размещается относительно участников транспортно-логистического процесса (поставщиков, потребителей, торговых предприятий, производств, станций и т.д.) или транспортных потоков, а лицо, принимающее решение, фактически оперирует аргументами геометрического характера – координатами.

В первом случае решение можно разбить на несколько этапов:

1. Формирование перечня рассматриваемых критериев и определение их критериальных показателей. Стоит учесть, что количество критериев может быть любым, однако при малом диапазоне полученные результаты не могут обеспечить высокой точности, а широкий диапазон критериев существенно усложнит решение задачи. При этом некоторые из учитываемых критериев будут мало влиять на конечный результат.

2. Определение значимости рассматриваемых критериев.

$$\alpha_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i};$$

$$\beta = \sqrt[n]{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \dots \gamma_n},$$

где α – значимость критерия, β – среднее геометрическое коэффициентов относительной важности, γ – коэффициенты относительной важности критериев.

3. Нормирование величин критериальных показателей Z с целью их приведения к безразмерным величинам. При этом, если наилучшим вариантом является наименьшее значение критерия, поиск нормированной величины представляет собой $Z = \frac{x_{min}}{x_p}$, где x_p – критерийный показатель, x_{min} – наилучшее (минимальное) значение. В противном

случае процедура обратная: $Z = \frac{x_p}{x_{max}}$, где

x_{max} – наилучшее (максимальное) значение.

4. Определение рейтингов рассматриваемых критериев $R_k = \sum_{i=1}^n Z_{ik} \alpha_i$ и выбор

наилучшего варианта, где R_k – рейтинг k -го перевозчика, Z_{ik} – значение i -го критериального показателя для k -го перевозчика.

Во втором случае для определения координатного расположения объектов или транспортных потоков, относительно которых будет осуществляться поиск оптимального месторасположения, необходимо использование условной сетки координат. Например, в работе [10] автор предлагает осуществлять поиск координат месторасположения контейнерного терминала относительно плотности контейнеропотоков по принципу поиска координат центра масс, накладывая условную координатную сетку на рассматриваемый полигон:

$$x_0 = \frac{1}{M} \iint_D x r(x, y) dx dy;$$

$$y_0 = \frac{1}{M} \iint_D y r(x, y) dx dy,$$

где D – область поиска; x, y – плотность контейнерных перевозок.

В работе [11] для размещения единственного объекта транспортной инфраструктуры относительно потребителей предлагается осуществлять поиск решения координат гравитационным методом:

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i};$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

где w – объём выполняемой работы (поставок); x, y – координаты объектов (потребителей).

Несмотря на наличие возможности оперативных результатов, стоит отметить непрактичность координатных методов. В большей степени она заключается в абстрактности и потере множества объективно важных критериев – таких, как площадь и конфигурация участка застройки, стоимость отчуждения земель,



Таблица 1

Население городов республиканского значения и муниципальных районов

№	Название	Население, чел.	Территория, тыс. км	Административный центр
1	город Улан-Удэ	431922	0,348	город Улан-Удэ
2	Кабанский район	57094	13,5	село Кабанск
3	Иволгинский район	52227	2,7	село Иволгинск
4	Заиграевский район	51251	6,6	пгт Заиграево
5	Селенгинский район	42605	8,3	город Гусиноозёрск
6	Кяхтинский район	37465	4,7	город Кяхта
7	Прибайкальский район	26756	15,5	село Турунтаево
8	Закаменский район	26091	15,3	город Закаменск
9	Джидинский район	24611	8,6	село Петропавловка
10	город Северобайкальск	23673	0,119	город Северобайкальск
11	Мухоршибирский район	23413	4,5	село Мухоршибирь
12	Бичурский район	23233	6,2	село Бичура
13	Баргузинский район	22294	18,5	село Баргузин
14	Тункинский район	20795	11,8	село Кырен
15	Тарбагатайский район	20509	3,3	село Тарбагатай
16	Хоринский район	17281	13,4	село Хоринск
17	Еравнинский район	17211	30,7	село Сосново-Озерское
18	Кижингинский район	15112	7,9	село Кижинга
19	Курумканский район	13852	12,5	село Курумкан
20	Северо-Байкальский район	12262	54	пгт Нижнеангарск
21	Муйский район	10264	25,2	пгт Таксимо
22	Баунтовский эвенкийский район	8743	66,8	село Багдарин
23	Окинский район	5470	26	село Орлик

Таблица 2

Исходные данные

№	Название	Население, чел.	X	Y
1	город Улан-Удэ	431922	590	610
2	село Кабанск	57094	520	600
3	село Иволгинск	52227	550	630
4	пгт Заиграево	51251	620	610
5	город Гусиноозёрск	42605	520	680
6	город Кяхта	37465	510	780
7	село Турунтаево	26756	580	600
8	город Закаменск	26091	300	800

степень развития транспортной инфраструктуры в месте размещения и т.д. Более того, полученный результат в условиях крупных транспортно-логистических систем будет тяготеть к локациям, которые имеют высокий уровень выполняемой работы, т.е. в условиях решения задачи размещения не являются вакантными. Заметим и то, что данный инструментарий не позволяет определить размещение нескольких объектов при формировании сети транспортно-логистической инфраструктуры.

В качестве примера рассмотрим его применимость в условиях транспортно-логистического комплекса Республики Бурятия.

2.

Согласно принятой программе [12], транспортный комплекс Республики Бурятия насчитывает 1675 предприятий. Численность работников организаций транспорта составляет около 10,4 тыс. человек. Доля занятых в транспортном комплексе от общей численности занятых

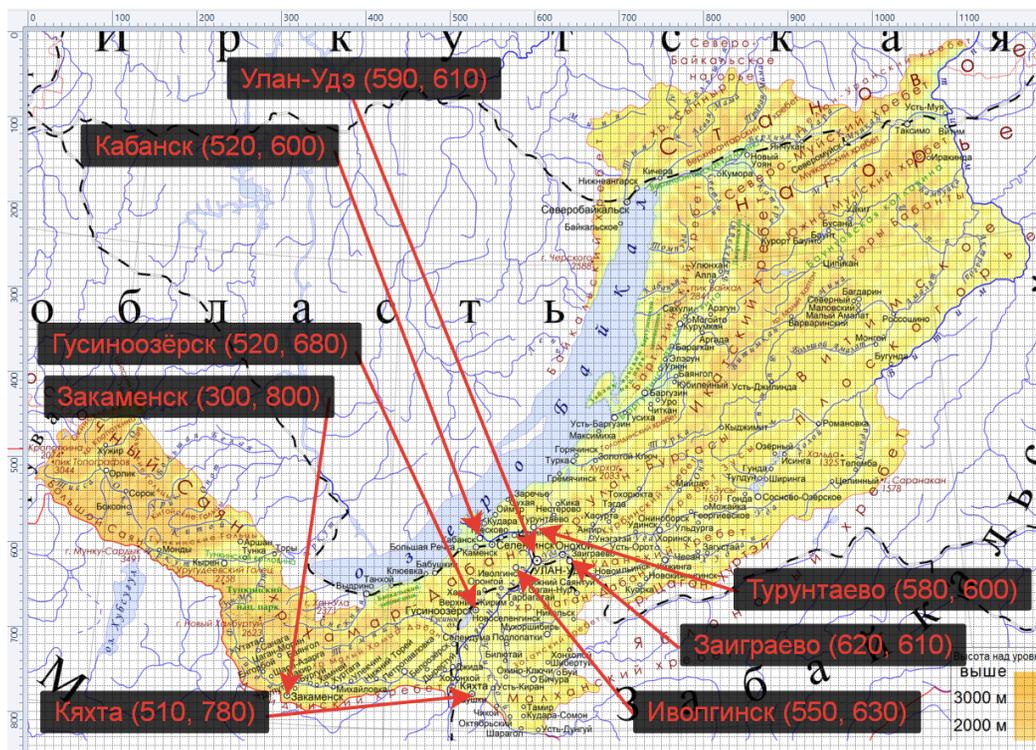


Рис. 1. Рассматриваемые объекты (населённые пункты) и их координаты.

в экономике республики – 4,1 %. При этом удельный вес транспорта в структуре валового регионального продукта – 23 %. И такой расклад позволяет отнести транспорт к числу приоритетных отраслей экономики.

Состав транспортного комплекса республики включает инфраструктуру железнодорожного, внутреннего водного, воздушного и автомобильного транспорта. В большей степени спрос на внутрирегиональные грузовые перевозки удовлетворяется автомобильным транспортом (в некоторых местах до 98 % грузов), транзитные – преимущественно железнодорожным транспортом.

Объёмы потребления транспортной продукции в Бурятии косвенно может характеризовать количество населения городов республиканского значения и муниципальных районов (таблица 1).

Для облегчения расчётов целесообразно рассматривать объекты с населением свыше 25 тыс. чел. Координаты таких объектов изображены на рис. 1. А исходные данные для решения задачи сведём в таблицу 2.

Используя гравитационный метод, получим координаты месторасположения объекта транспортной инфраструктуры (523,75; 663,75). Исходя из полученных результатов, наиболее целесообразным представляется размещение объекта на границе Кабанского и Иволгинского районов республики, на 50–60 километров западнее основного потребителя транспортной продукции города Улан-Удэ.

Несмотря на высокую степень транспортного обеспечения, наличие железнодорожного сообщения с городом республиканского значения и доступность автомобильной дороги федерального значения А340 Улан-Удэ–Кяхта, полученный результат нельзя считать корректным по целому ряду причин. Во-первых, при увеличении количества учитываемых городов республиканского значения и муниципальных районов координаты неизбежно скорректируются в сторону северных районов и города Северобайкальск. Во-вторых, проведённые расчёты не позволяют учесть такие объективно важные критерии, как пло-



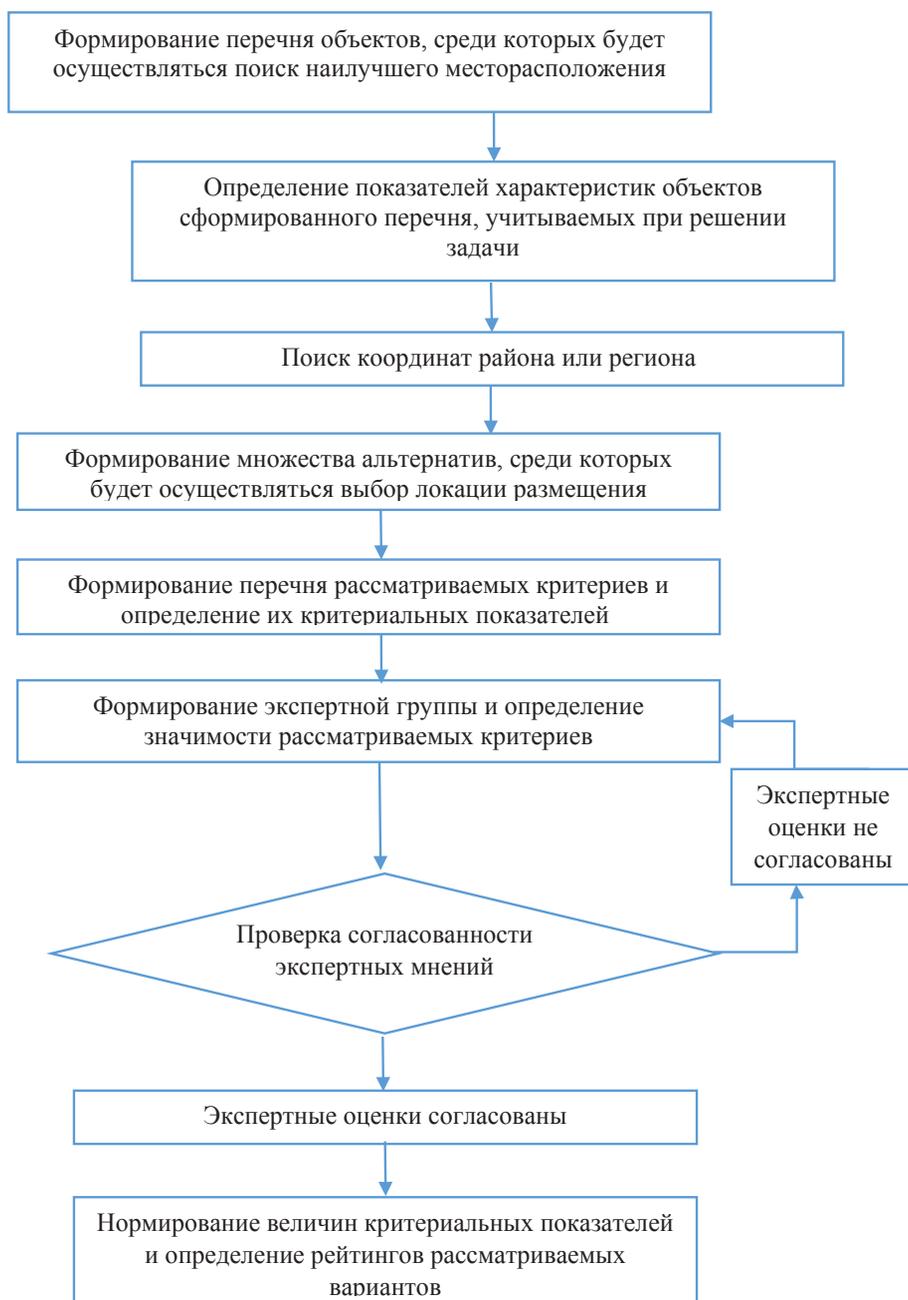


Рис. 2. Алгоритм комбинирования методов решения задач размещения.

щадь и конфигурация участка застройки, стоимость отчуждения земель, степень развития транспортной инфраструктуры и т.д.

С учётом сказанного можно сделать вывод, что гравитационные методы определения оптимального месторасположения объектов транспортно-логистической инфраструктуры корректны исключительно на макроуровне решения задачи, в аспекте определения района

или региона размещения. Целесообразным представляется комбинирование методов. В общем виде алгоритм комбинирования представлен на рис. 2.

Стоит оговориться, что, учитывая объёмность и комплексность совокупного использования методов размещения, в рамках данной статьи представляется целесообразным сфокусировать внимание на макроуровне решения задачи, на координатных методах. В связи с этим

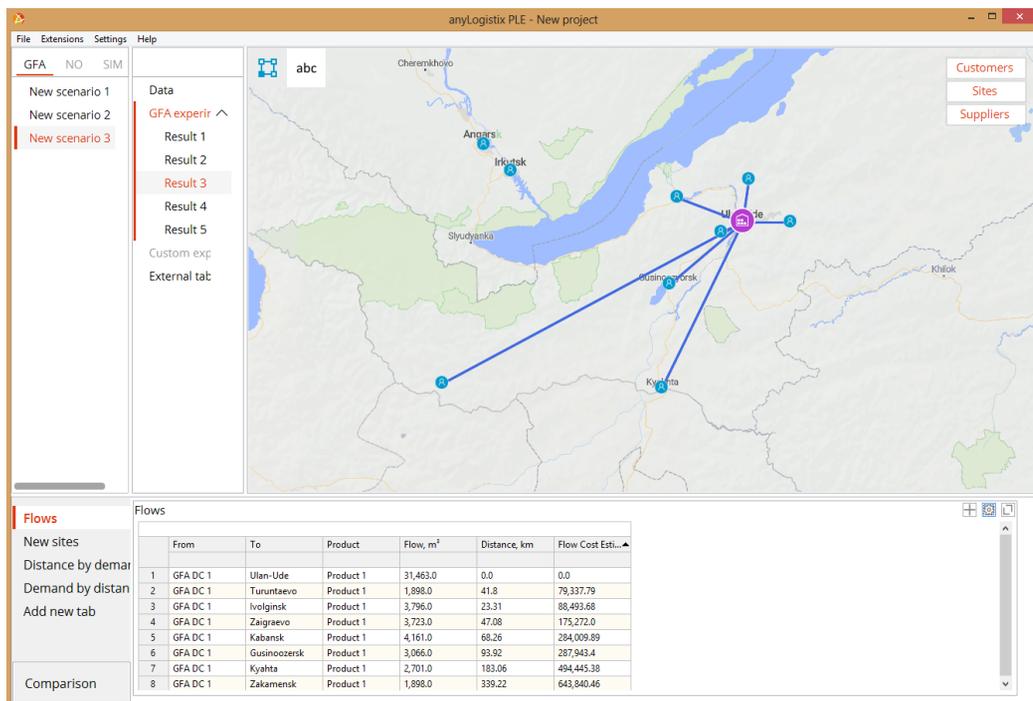


Рис. 3. Интерфейс и результаты первого эксперимента.

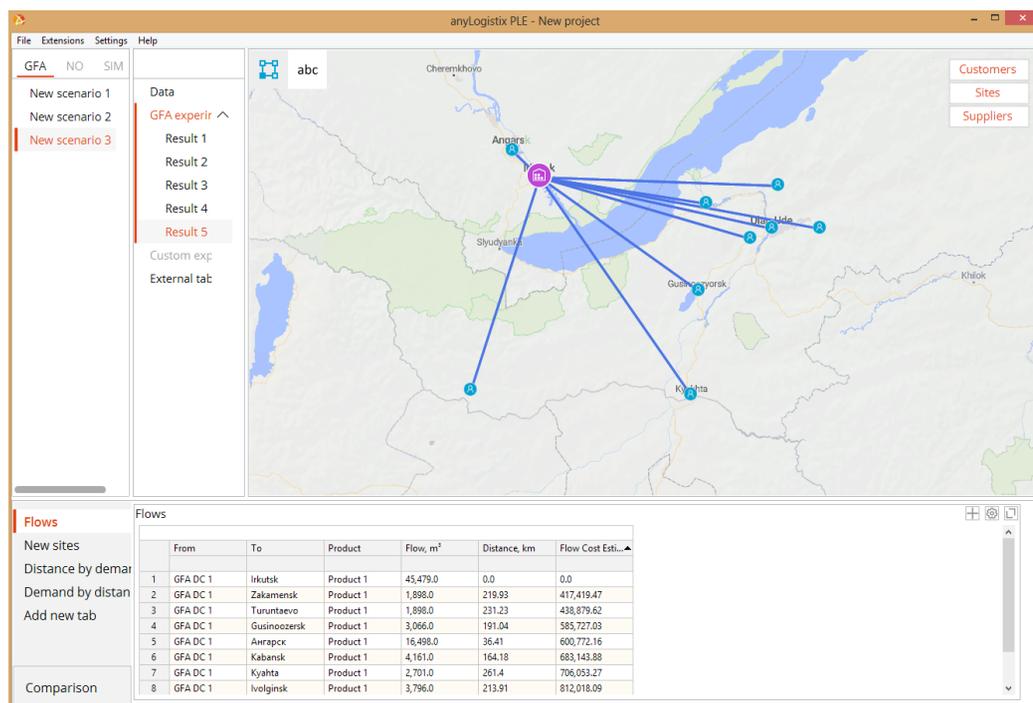


Рис. 4. Интерфейс и результаты второго эксперимента.

не рассматриваются элементы микро-уровня алгоритма, связанные критерияльным анализом.

Целесообразность использования предложенного алгоритма, а также каче-

ство полученных результатов существенно зависят от уровня детализации (количества критериев, состава экспертной группы и т.д.). При принятии управленческих решений важна, конечно, и апро-



бация конечных результатов с использованием средств программно-имитационного моделирования.

Современные инструменты программно-имитационного моделирования обеспечивают качество результатов, получаемых гравитационным методом. Среда позволяет решать гравитационные задачи, учитывая географическое расположение объектов (клиентов, поставщиков и т.д.), продукты и единицы их измерения, транспортные тарифы, расстояния, объём спроса и предложения и т.д. При этом при постановке эксперимента среда равноценна как для одного единственного искомого объекта, так и для группы.

Проведём эксперименты с гравитационным методом в среде anyLogistix. В первом случае (рис. 3) фигурируют данные, аналогичные решаемой выше задаче: количество населения будет косвенно характеризовать объём выполняемой работы. Периодичность поставок представим одинаковой во всех населённых пунктах.

Как видно из результатов эксперимента, среда предлагает размещать искомый объект непосредственно в черте города Улан-Удэ. Разница между самостоятельным решением и решением, предлагаемым средой anyLogistix, объясняется наличием неизбежной погрешности в определении координат населённых пунктов при самостоятельном решении задачи.

В рамках второго эксперимента (рис. 4) усложним задачу, добавив два крупных населённых пункта Иркутской области — Иркутск (население 624 тыс. чел.) и Ангарск (226 тыс. чел.). Изменение данных необходимо для оценки корректности предлагаемых средой результатов.

Из результатов второго эксперимента видно, что предлагаемым решением среды является размещение искомого объекта в черте Иркутска. При этом если осуществить поиск координат размещения самостоятельно, то результат будет

существенно отличаться, поскольку найденные координаты окажутся в черте озера Байкал, что, разумеется, абсолютно некорректно. Стоит также отметить, что предлагаемый anyLogistix результат логичен ещё и потому, что соответствует локации с развитой транспортной инфраструктурой — это город Иркутск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Д. В. Использование метода анализа иерархий при выборе варианта контрейлерной технологии // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2015. — № 1. — С. 238–244.
2. Кузьмин Д. В. Имитационная модель региональных контрейлерных перевозок // Транспорт Урала. — 2015. — № 1. — С. 114–118.
3. Кузьмин Д. В. Особенности организации контрейлерных перевозок с использованием средств многоподходного имитационного моделирования // Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. — 2014. — № 3. — С. 39–43.
4. Багинова В. В., Кузьмин Д. В. Современные тенденции развития контейнерных перевозок // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей: Сб. трудов Межд. науч.-практ. конференции. — Ростов н/Дону: РГУПС, 2017. — С. 40–44.
5. Багинова В. В. Теоретико-концептуальные основы организации региональной транспортной системы (на примере Республики Бурятия) / Дис... док. техн. наук. — М., 2004. — 295 с.
6. Багинова В. В. Региональные транспортные комплексы с позиций экономической синергетики // Мир транспорта. — 2004. — № 3. — С. 66–74.
7. Лёвин Б. А., Мамаев Э. А., Багинова В. В. О концепции построения моделей производственно-транспортных систем // Наука и техника транспорта. — 2003. — № 4. — С. 8–17.
8. Рахмангулов А. Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем / Дис... док. техн. наук. — М., 2013. — 373 с.
9. Корнилов С. Н., Рахмангулов А. Н., Осинцев Н. А., Цыганов А. В., Довженок А. С. Основы проектирования транспортных систем [Электронный ресурс]: Учеб. пособие. — Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2016. — 1 CD-ROM.
10. Кириллова А. Г. Методология организации контейнерных и контрейлерных перевозок в мультимодальных автомобильно-железнодорожных сообщениях / Дис... док. техн. наук. — М., 2010. — 335 с.
11. Просветов Г. И. Математические методы в логистике. Задачи и решения. — 2-е изд., доп. — М.: Альфа-Пресс, 2009. — 304 с.
12. Постановление правительства Республики Бурятия «О государственной программе Республики Бурятия «Развитие транспорта, энергетики и дорожного хозяйства» от 09.04.2013 г., № 179. ●

Координаты автора: **Багинов А. В.** – baginov93@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 02.03.2018, принята к публикации 14.04.2018.