

Д.А. Скоробогатченко

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
Волгоград, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА МЕСТА ДИСЛОКАЦИИ И МОЩНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ ГОРОДСКОГО ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Обеспечение нормативного транспортно-эксплуатационного состояния городских автомобильных дорог в значительной степени зависит от качества применяемых при их строительстве и ремонте асфальтобетонных смесей, поставляемых асфальтобетонными заводами. При этом на сегодняшний день большинство городских асфальтобетонных заводов не обладают достаточной эффективностью функционирования – в отрасли отсутствуют механизмы комплексного планирования, размещения и развития производственной базы. Следовательно, особую актуальность в настоящее время приобретают вопросы, связанные с размещением и выбором мощности асфальтобетонных заводов для удовлетворения потребностей городского дорожного хозяйства в качественных асфальтобетонных смесях по приемлемой цене. Городское дорожное хозяйство характеризуется определенной потребностью в асфальтобетонных смесях, поставляемых с нескольких заводов различной мощности для ремонта и содержания муниципальных автомобильных дорог. Цель исследования заключается в разработке системы поддержки выбора оптимального расположения асфальтобетонных заводов и их мощности для обслуживания городской улично-дорожной сети. Для достижения поставленной цели классифицируются факторы, определяющие дислокацию завода, и приводится формализация комплексной задачи управления размещением асфальтобетонных заводов. На основании предложенной системы факторов и формализованной задачи разработан алгоритм, позволяющий минимизировать затраты при обеспечении потребностей городской сети автомобильных дорог в асфальтобетонных смесях. Указывается, что реализация предложенной методики моделирования выбора места размещения и мощности асфальтобетонных заводов для нужд города позволит повысить эффективность использования бюджетных средств и транспортно-эксплуатационные показатели городской улично-дорожной сети, а также получить значительный внутранспортный социально-экономический эффект.

Ключевые слова: оптимизация дислокации, выбор мощности, асфальтобетонный завод, содержание городской улично-дорожной сети.

D.A. Skorobogatchenko

Volgograd State Architectural University, Volgograd, Russian Federation

TASK MODELING OF DISLOCATION PLACE CHOOSING AND THE POWER OF ASPHALT-CONCRETE FACTORY FOR ENSURING THE NEEDS OF URBAN ROAD SECTOR

Ensuring regulatory operating condition of urban roads, largely depends on the quality used in their construction and repair of asphalt mixtures supplied asphalt plant. The majority of urban asphalt plants do not have sufficient effect on the functioning of today - the industry there are no mechanisms of complex scheduling and development of the production base. Therefore, a special urgency now become

issues related to the placement and choice of power coating plants to meet the needs of urban road sector in the quality of asphalt mixtures at an affordable price. Urban road sector is characterized by a specific need for asphalt mixtures supplied with several plants of various capacities for the repair and maintenance of municipal roads. The purpose of research is to develop a support system for selecting the optimum location of asphalt plants and their capacity to serve the urban road network. To achieve this goal the author classified the factors that determine the disposition of the plant and provides a formalization of the complex task of managing the placement of asphalt plants. On the basis of the proposed system factors and formalized tasks in the main part of the work developed an algorithm that allows to minimize costs while ensuring the needs of the urban road network in asphalt mixtures. States that the implementation of the proposed modeling techniques siting and power coating plants for the needs of the city will increase the efficiency of use of budgetary funds, transport and operational performance of urban road network, as well as get traffic is significant socio-economic impact.

Keywords: optimization of the dislocation, the choice of power, asphalt plant, the content of the urban road network.

В настоящее время подавляющее большинство автомобильных дорог России не отвечают нормативным требованиям по транспортно-эксплуатационным показателям и функционируют в условиях значительного превышения допустимой нагрузки от транспортных средств. Данное обстоятельство способствует быстрому износу дорожных конструкций, приводя к сокращению сроков службы автомобильных дорог, что, в свою очередь, влечет за собой существенные социально-экономические потери [1].

Обеспечение нормативного транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог нежесткого типа, наряду с прочими не менее важными факторами, в значительной степени зависит от качества применяемых асфальтобетонных смесей [2]. Следовательно, без комплексной программы размещения и использования асфальтобетонных заводов (АБЗ), автоматизации управления и оснащения дорожно-строительных организаций новыми высокоэффективными и производительными смесителями невозможно повышение эффективности функционирования дорожного хозяйства страны¹.

По мнению автора [3], ключевыми показателями, определяющими эффективное функционирование АБЗ, является себестоимость производства асфальтобетонных смесей и их качество, которые, в свою очередь, зависят от размещения АБЗ, их технических характеристик и загрузки.

На сегодняшний день в России в качестве традиционного фактора [4], определяющего дислокацию АБЗ (рис. 1), рассматривается близость

¹ Проект национальной программы модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года [Электронный ресурс] / Министерство транспорта и связи Российской Федерации, Федеральное дорожное агентство. URL: <http://mindortrans.donland.ru/Default.aspx?pageid=51782> (дата обращения: 02.11.14).

к железнодорожным, автомобильным и водным путям, а также карьерам дорожно-строительных материалов². Далее после проверки выбранного места на время остывания смеси, так чтобы оно было меньше времени ее доставки к месту укладки, уточняются технические детали относительно площадки, персонала и коммуникаций. Важным фактором планирования размещения АБЗ является дальность до жилой застройки. АБЗ относятся к экологически опасным производствам, оказывающим серьезное негативное воздействие на окружающую среду, и в соответствии с санитарными требованиями должны быть отнесены не менее чем на 500 м от жилой застройки³.

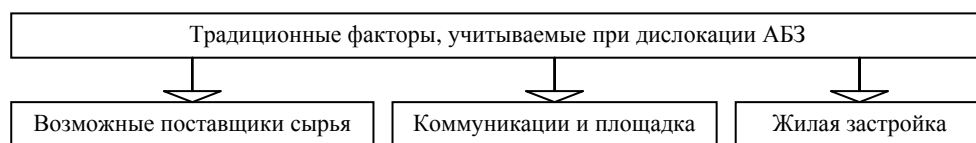


Рис. 1. Схема факторов, традиционно учитываемых при размещении АБЗ

Зарубежные исследователи, ориентируясь на технологии доставки асфальтобетонных смесей к объекту с минимальными тепловыми потерями [5], зачастую проблему выбора места дислокации АБЗ решают как логистическую задачу управления транспортом [6].

При этом условие размещения АБЗ с подветренной стороны населенного пункта на дальности не ближе 500 м является спорным и не всегда выполняется на практике (таблица).

Следует отметить, что применение инновационных технологий очистки и переработки на АБЗ позволяет существенно снизить уровень их загрязняющего воздействия [7, 8]. Безусловно, учет дальности поставки материалов и полуфабрикатов является чрезвычайно важным фактором при выборе места дислокации АБЗ. Тем не менее считаем крайне ограниченным подход, опирающийся только на данный фактор при оптимизации вопросов, связанных с себестоимостью конечного продукта.

² Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона: Технический регламент ТР 103-07: утв. Управлением научно-технической политики в строительной отрасли / НИИМосстрой. М., 2007. № 2007.

³ Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.04.2008 № 25 / Минздрав России. М., 2003. 48 с.

Данные по размещению некоторых АБЗ в г. Волгограде

Наименование собственника	Тип АБЗ	Экология	Выпуск смеси
ДСУ-2 МУП трест ДМС (Кировский район)	1. ДС-158 – 30 т/ч 2. ДС 117 – 25 т/ч 3. Д 508 – 20 т/ч	Через дорогу (2-я Продольная магистраль) жилой сектор – 100 м, средняя школа – 200 м	Около 50 тыс. т
ОАО ДРСУ «Южное» (Кировский район)	ДС-158 – 30 т/ч	Через дорогу (2-я Продольная магистраль) жилой сектор – 100 м, средняя школа – 400 м	10–20 тыс. т
СУ 873 (Дзержинский район)	Тельтомат – 60 т/ч	Близость больницы № 18	3–5 тыс. т

Другим существенным показателем, определяющим эффективное функционирование АБЗ, является выбор его мощности, способствующей непрерывности укладки смеси [9, 10]. Как в отечественных [11], так и в зарубежных [12] исследованиях указывается, что мощность АБЗ должна быть оптимальной, поскольку как низкая производительность АБЗ, так и превышение его производительности над потребностями ведет к нарушению технологии и снижению качества.

Следовательно, можно констатировать, что проблема выбора места дислокации и мощности АБЗ для обеспечения потребностей города в асфальтобетонных смесях является комплексной, многофакторной и подверженной действию ряда вероятностно-неопределенных факторов (рис. 2).

Подобный подход представлен в методических рекомендациях⁴, где авторы предприняли попытку максимизировать экономический эффект на основе комплексного подхода к размещению и развитию всех АБЗ, обеспечивающих потребности города, с учетом неравномерности потребления готовой продукции множеством разрозненных потребителей. Однако в экономических реалиях сегодняшнего дня с негосударственными подрядчиками, тендерными торгами и бюджетным финансированием различного уровня этот, безусловно, ценнейший подход, имеет ограниченное применение.

⁴ Методические рекомендации по оптимизации развития и размещения стационарных и передвижных асфальтобетонных заводов / утв. Постановлением Минавтодора РСФСР от 11.04.1980. М: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. № 1980.

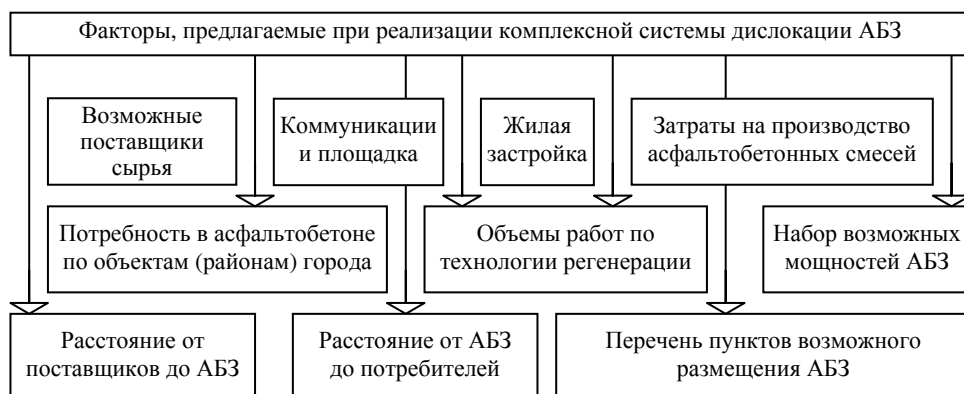


Рис. 2. Схема факторов, предлагаемых при построении системы оптимизации дислокации и мощности городских АБЗ

Отметим, что при размещении городских АБЗ необходимо учитывать значительные объемы продукции из регенерируемой смеси, которые в связи с низкими энергозатратами и повышенными экологическими требованиями возрастают в последнее время⁵ [13, 14].

Таким образом, можно трансформировать сформулированную выше проблему обеспечения потребностей города в асфальтобетонных смесях в задачу моделирования дислокации и мощности асфальтобетонных заводов в городских условиях. Городское хозяйство характеризуется определенной потребностью в асфальтобетонных смесях, поставляемых с нескольких АБЗ различной мощности, для ремонта и содержания муниципальных автомобильных дорог. Известны подходы к решению проблемы повышения эффективности дорожного хозяйства, применяемые за рубежом, на основе оптимизации размещения асфальтобетонных заводов и выбора их мощности. Так, в частности, в работе [15] авторами излагается подход, имеющий целью повышение эффективности использования выпускаемой продукции асфальтобетонных заводов на основе их передислокации по территории страны с одновременным усовершенствованием конструкций под выпуск смесей новых составов при модернизации технологических процессов. Однако следует отметить, что авторы решают задачу с точки зрения снижения

⁵ Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации: утв. Распоряжением Росавтодора № ОС-568-р от 27.06.2002 г. М.: Федеральная государственная служба дорожного хозяйства (Росавтодор), 2002. 56 с.

затрат при функционировании четырех заводов, не рассматривая комплексное повышение эффективности муниципального дорожного хозяйства от передислокации АБЗ и оптимизации их мощности.

Целью дальнейших исследований является разработка системы поддержки выбора оптимального расположения АБЗ и их мощности для удовлетворения потребностей города в асфальтобетонных смесях.

Для достижения поставленной цели авторами предлагается алгоритм, представленный на рис. 3.

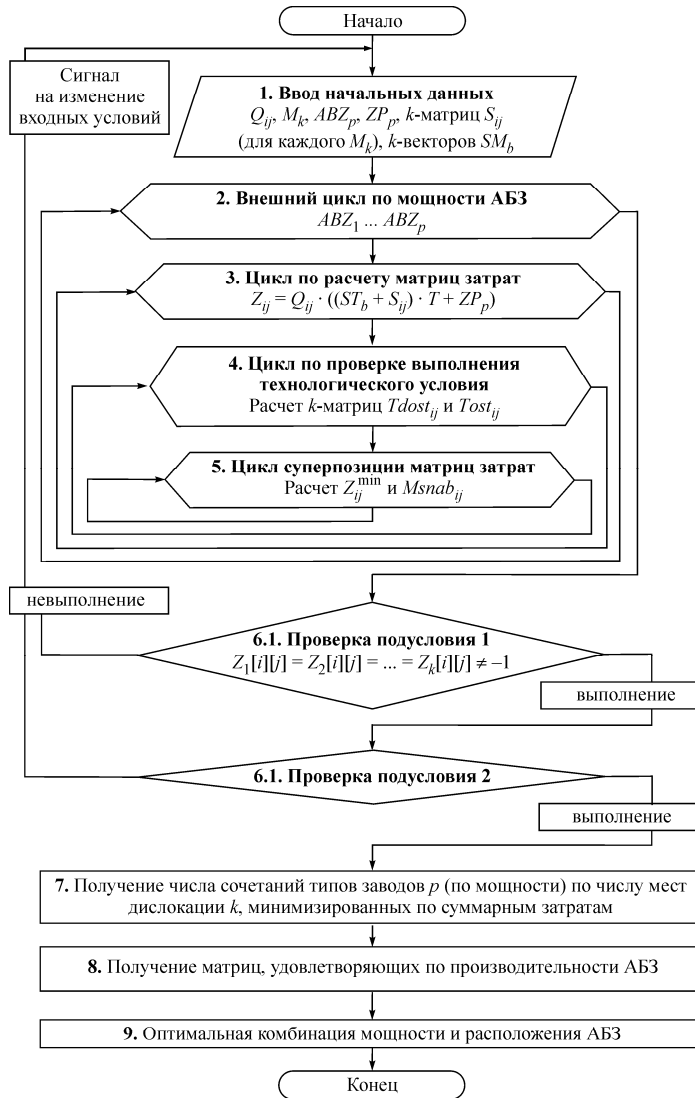


Рис. 3. Алгоритм выбора места дислокации и мощности АБЗ для обеспечения потребностей городского дорожного хозяйства

На *первом этапе* алгоритма осуществляется ввод данных, в частности:

1. Потребность города в асфальтобетонной смеси. Потребность в асфальтобетонной смеси можно рассматривать как матрицу. При этом число ее ячеек будет определять дискретность и точность расчетов. Матрица потребителей обозначена как Q_{ij} , где i и j – индексы, определяющие местоположение потребителя (сегмент города – рис. 4).

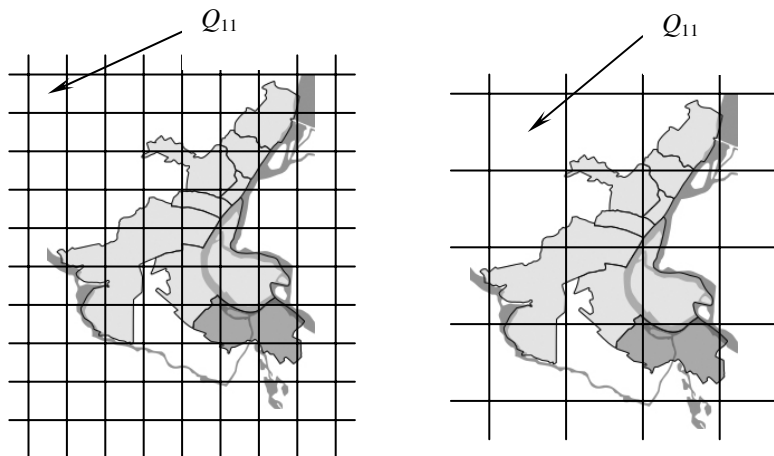


Рис. 4. Определение матрицы потребителей асфальтобетонной смеси Q_{ij}

2. Координаты потенциального расположения поставщиков (т.е. места возможной дислокации АБЗ). Вектор поставщиков обозначен M_k , где k – число заводов (первоначальное число мест возможной дислокации АБЗ – рис. 5).

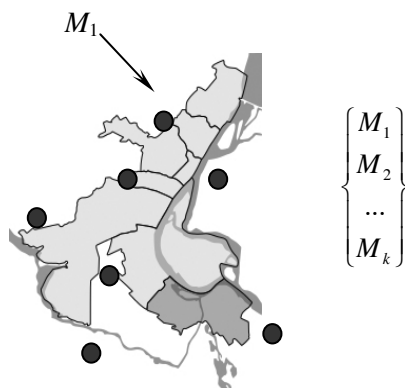


Рис. 5. Определение координат потенциального расположения поставщиков M_k

3. Типы АБЗ, отличающиеся производительностью по выпуску смеси и удельными затратами на ее производство. Вектор типов АБЗ обозначен ABZ_p , где p – число типов АБЗ по производительности (и соответствующей удельной стоимости смеси).

4. Затраты на производство условной тонны смеси в зависимости от мощности завода ZP_p .

5. Расстояния от каждого потенциального месторасположения АБЗ до всех сегментов потребителей. Другими словами, для каждой точки потенциального расположения АБЗ вектора M_k необходимо задать матрицу расстояний S_{ij} до потребителей смеси (эта матрица будет влиять на стоимости поставки смеси к потребителям).

6. Расстояния от каждого потенциального месторасположения АБЗ до поставщиков материалов. Для каждой точки потенциального расположения АБЗ вектора M_k необходимо задать вектор расстояний поставки материалов SM_b , где b – количество используемых материалов для приготовления асфальтобетонной смеси (этот вектор будет влиять на стоимость доставки компонентов на АБЗ).

На *втором этапе* функционирования алгоритма (см. рис. 3) осуществляется внешний цикл по перебору АБЗ по типам мощности. Данный цикл будет отвечать за подбор оптимальной пространственной конфигурации расположения заводов по мощности. Перебор АБЗ осуществляется начиная с завода с минимальной мощностью до АБЗ с максимальной мощностью.

На *третьем этапе* осуществляется расчет матриц суммарных затрат каждого АБЗ по сегментам поставки. Другими словами, для каждой точки потенциального расположения АБЗ вектора M_k необходимо рассчитать матрицу суммарных затрат по производству и доставке асфальтобетонной смеси до каждого потребителя (сегмента города) Z_{ij} . Общие затраты АБЗ на каждом сегменте города представляют собой сумму транспортных затрат на подвоз компонентов и вывоз готовой продукции, а также производственных затрат. Следовательно, с учетом введенных обозначений на данном этапе необходимо рассчитать k -матрицу вида

$$Z_{ij} = Q_{ij} \cdot \left((SM_b + S_{ij}) \cdot TR + ZP_p \right), \quad (1)$$

где TR – затраты на транспортировку 1 т-км, руб.

На *четвертом этапе* осуществляется проверка выполнения условия соблюдения технологического времени. Как уже отмечалось ранее, время остывания смеси должно быть меньше времени ее доставки на объект для каждого потребителя. Следовательно, для каждого месторасположения АБЗ M_k необходимо рассчитать две матрицы: одна будет содержать в себе данные о времени остывания смеси при ее транспортировке до каждого потребителя ($Tost_{ij}$), другая – данные о времени фактической доставки до каждого потребителя ($Tdost_{ij}$).

Потребитель, технологическое условие для которого не выполняется, должен быть исключен из «клиентов» рассматриваемого АБЗ. Технически для реализации данного условия необходимо затраты завода в точке невыполнения условия приравнять к «-1», т.е.

$$\text{если } Tdost_{ij} > Tost_{ij}, \text{ то } Z_{ij} = -1. \quad (2)$$

Данное условие позволит исключить поставку клиентам заведомо остывшей смеси при дальнейшей суперпозиции матриц и выбора матрицы с минимальными (положительными) затратами.

На *пятом этапе* осуществляется суперпозиция матриц затрат. В результате из k -матриц Z_{ij} (составленных для каждого потенциального места дислокации АБЗ M_k) необходимо получить одну составленную матрицу затрат Z_{ij}^{\min} и соответствующую ей матрицу пунктов снабжения $Msnab_{ij}$, минимизирующих суммарные затраты. В качестве примера представим следующую иллюстрацию:

$$M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix} \rightarrow Z_2 = \begin{bmatrix} 3 & (4) \\ 4 & (3) \end{bmatrix} \rightarrow Z^{\min} = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \text{ и } Msnab = \begin{bmatrix} M_3 & M_2 \\ M_1 & M_2 \end{bmatrix}.$$

$$Z_1 = \begin{bmatrix} 2 & 6 \\ (2) & 8 \end{bmatrix}$$

$$Z_3 = \begin{bmatrix} (1) & 5 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$$

На *шестом этапе* осуществляется проверка выполнения двух подусловий:

1-е подусловие: невозможность обеспечения всех потребностей города. Базовым условием, соблюдение которого необходимо при решении задачи, является обеспечение всех потребностей города в ас-

фальтобетонных смесях. Это означает, что каждая из ячеек матрицы Q_{ij} должна быть обеспечена в полном объеме. В связи с этим необходимо исключить ситуацию, когда по технологическим причинам в одну из ячеек не поставляется асфальтобетонная смесь. В качестве примера представим следующую иллюстрацию:

$$M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix} \rightarrow Z_1 = \begin{bmatrix} -1 & 6 \\ (2) & 8 \end{bmatrix} \rightarrow Z_2 = \begin{bmatrix} -1 & (4) \\ 4 & (3) \end{bmatrix} \rightarrow Z^{\min} = \begin{bmatrix} \times & 4 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \text{ и } Ms_{nab} = \begin{bmatrix} \times & M_2 \\ M_1 & M_2 \end{bmatrix}.$$

$$Z_3 = \begin{bmatrix} -1 & 5 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$$

Таким образом, если выполняется условие

$$Z_1[i][j] = Z_2[i][j] = \dots = Z_k[i][j] = -1, \quad (3)$$

то необходимо выйти на самый верхний уровень алгоритма и дать сигнал о том, что в рамках заданных потенциальных мест расположения АБЗ невозможно решить задачу снабжения города без нарушения технологического времени поставки смеси.

2-е подусловие: одновременная поставка с двух заводов. Если два и более различных АБЗ могут поставить смесь одному и тому же потребителю при равных затратах, необходимо выбирать комбинацию, способствующую нагрузке АБЗ, близкой к оптимальной. При этом оптимальной загрузкой АБЗ, способствующей снижению себестоимости производства, в соответствии с [16] считаем его работу на мощности свыше 80 % от номинальной.

На *седьмом этапе* в результате выполнения цикла перебора АБЗ по мощности и суперпозиции матриц затрат в рамках каждой комбинации получаем набор сочетаний типов заводов по мощности ABZ_p , числу мест дислокации M_k , минимизированных по суммарным затратам Z_{ij}^{\min} . Другими словами, есть двумерный массив АБЗ различной мощности и дислокации с минимальными затратами (рис. б).

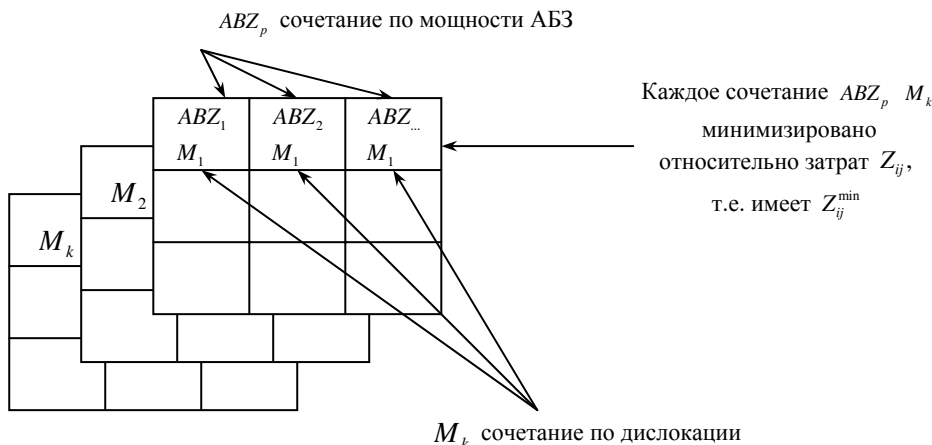


Рис. 6. Схема работы седьмого этапа алгоритма по выбору матриц поставки продукции АБЗ с минимальными затратами

На *восьмом этапе* осуществляется выбор матриц, удовлетворяющих по производительности таким образом, чтобы суммарная потребность обслуживаемых одним АБЗ сегментов не превышала его годовой производительности. Дополнительным подусловием является выбор комбинации с мощностью АБЗ, близкой к оптимальной.

На *девятом, заключительном, этапе* осуществляется итоговый выбор одного варианта с минимальными затратами (оптимальная комбинация мощности и расположения АБЗ).

Выводы

1. Таким образом, можно сделать вывод, что авторами на основе предложенного перечня факторов (см. рис. 2) разработан алгоритм оптимизации дислокации и мощности АБЗ (см. рис. 3), позволяющий минимизировать совокупные производственные и транспортные затраты при обеспечении потребностей городской сети автомобильных дорог в асфальтобетонных смесях.

2. Предлагаемая концепция комплексного обеспечения потребностей городского дорожного хозяйства в асфальтобетонных смесях отличается от подходов к решению проблем снабжения как логистической транспортной задачи [6], поскольку нацелена на оптимизацию расположения АБЗ и не рассматривает фиксированных поставщиков. Кроме этого, целевая функция модели учитывает не только «прямые»

поставки от поставщиков к потребителям, но и обратные поставки регенерируемой смеси, объемы которой ежегодно возрастают [13].

3. Подход к решению проблемы повышения эффективности дорожного хозяйства на основе оптимизации размещения асфальтобетонных заводов и выбора их мощности, представленный в работе, отличается от существующих зарубежных (в частности, [15]) тем, что автором предлагается рассматривать общественную эффективность, а не экономический эффект на уровне собственников АБЗ, что согласуется с российской методикой оценки инвестиционных проектов.

4. Авторский алгоритм является логическим продолжением традиционного отечественного подхода к максимизации экономического эффекта на основе размещения и развития всех АБЗ, обеспечивающих потребности города с учетом неравномерности потребления готовой продукции множеством разрозненных потребителей [16], с адаптацией его к современным экономическим реалиям.

5. Дальнейшая работа в направлении совершенствования предложенной методики моделирования выбора места размещения и мощности АБЗ, с учетом существующей практики тендерных торгов, позволит повысить эффективность использования бюджетных средств и транспортно-эксплуатационные показатели городской улично-дорожной сети и получить значительный социально-экономический эффект.

Список литературы

1. Скоробогатченко Д.А., Ерохин А.В. Нечеткая нейросетевая модель для прогнозирования числа ДТП региона в условиях ограниченной информации // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2014. – № 36(55). – С. 174–181.

2. Зубков А.Ф., Однолько В.Г., Евсеев Е.Ю. Технология ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с применением горячих асфальтобетонных смесей. – М.: Спектр, 2013. – 180 с.

3. Ткачёв П.П. Российский асфальтобетонный завод [Электронный документ] / ЗАО «Энергопрогресс». – URL: www.ompspb.ru/info/tehnologii/asfalto-betonnii-zavod.php (дата обращения: 02.11.14).

4. Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы: учеб. пособие. – М.: Экон-Информ, 2008. – 266 с.

5. Überlegene Technik, heißerer Asphalt, bessere Straße // Fliegl Asphaltprofi perfektioniert den Straßenbau. – URL: www.fliegl-baukom.de/

ueberlegene-technik-heisserer-asphalt-bessere-strasse/ 150/1877/3238 (accessed 07 November 2014).

6. Miller S.R., Dorée A.G. Improving logistics in the asphalt paving process: what can we learn from the planner's logic? // 24th Annual ARCOM Conference. – UK: Cardiff, 2008. – P. 381–390.

7. Лупанов А.П., Моисеева Н.Г., Гладышев Н.В. Выбросы загрязняющих веществ при производстве асфальтобетонных смесей и пути их снижения // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – № 4. – С. 37–38.

8. Нове обладнання для АБЗ // Автошляховик України. – 2000. – № 4. – С. 48.

9. The Asphalt Handbook // Manual Series No. 4. – Lexington, KY: The Asphalt Institute, 1989. – 535 p.

10. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction / F.L. Roberts, P.S. Kandhal, E.R. Brown, D.-Y. Lee, T.W. Kennedy. – Lanham, Maryland: National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation, 1996. – 456 p.

11. Выбор производительности АБЗ [Электронный ресурс] // Асфальтобетонные заводы СПЕКО. – URL: www.speco-plants.ru/povaya_statya.php (дата обращения: 07.11.14).

12. Effect of construction quality, temperature, and rutting on initiation of top-down cracking / De D. Freitas, P. Paulo, P. Luis, A. Thomas // Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board. – 2005. – № 1929. – P. 174–182.

13. Lane B., Kazmierowski T., Chan S. Evaluation of Cold In-Place Recycling with Expanded Asphalt On Highway 7, Perth, Ontario // Canadian Technical Asphalt Association 49th Annual Conference Proceedings. – 2004. – 16 p.

14. Neues Asphaltmischwerk der BBR Rothenburg: Eine schöne Anlage, die wirtschaftlich produziert // Schweiz. Baust.-Ind. – 2008. – Vol. 40, № 6. – P. 51–54.

15. Ein Optimum an Leistung // Asphalt (BRD). – 2001. – Vol. 36, № 6. – P. 41–42.

16. Mansfield C. How To Choose The Right Asphalt Plant // Roads and bridges. – 2000. – Vol. 5, no. 11. – URL: www.roadsbridges.com/how-choose-right-asphalt-plant (дата обращения: 07.11.2014).

References

1. Skorobogatchenko D.A., Erokhin A.V. Nechetkaia neirosetevaia model' dlia prognozirovaniia chisla DTP regiona v usloviiakh ogranichennoi informatsii [Fuzzy neural network model to predict the number of accidents in the region limited information]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriia "Stroitel'stvo i arkhitektura"*, 2014, no. 36 (55), pp. 174-181.
2. Zubkov A.F., Odnol'ko V.G., Evseev E.Iu. Tekhnologiya remonta dorozhnykh pokrytii avtomobil'nykh dorog s primeneniem goriachikh asfal'tobetonnykh smesei [The technology of repair of pavements of roads with the use of hot asphalt mixes]. Moscow: Spektr, 2013. 180 p.
3. Tkachev P.P. Rossiiskii asfal'tobetonnyi zavod [Russian asphalt plant], available at: www.ompspb.ru/info/tehnologii/asfalto-betonni-zavod.php/ (accessed 02 November 2014).
4. Silkin V.V., Lupanov A.P. Asfal'tobetonnye zavody [Asphalt plants]. Moscow: Ekon-Inform, 2008. 266 p.
5. Überlegene Technik, heißerer Asphalt, bessere Straße. *Fliegl Asphaltprofi perfektioniert den Straßenbau*, available at: www.fliegl-baukom.de/ueberlegene-technik-heisserer-asphalt-bessere-strasse/150/1877/3238/.
6. Miller S.R., Dorée A.G. Improving logistics in the asphalt paving process: what can we learn from the planner's logic? *24th Annual ARCOM Conference*. UK: Cardiff, 2008, pp. 381-390.
7. Lupanov A.P., Moiseyeva N.G., Gladyshev N.V. Vybrosty zagriazniaiushchikh veshchestv pri proizvodstve asfal'tobetonnykh smesei i puti ikh snizheniia [Pollutant emissions in the production of asphalt mixes and ways to reduce them]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*, 2013, no. 4, pp. 37-38.
8. Nove obladnannia dlia ABZ [New equipments for asphalt plants]. *Avtoshlyakhovik Ukraini*, 2000, no. 4, pp. 48.
9. The Asphalt Handbook. *Manual Series No. 4*. Lexington, KY: The Asphalt Institute, 1989. 535 p.
10. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction / F.L. Roberts, P.S. Kandhal, E.R. Brown, D.-Y. Lee, T.W. Kennedy. – Lanham, Maryland: National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation, 1996. 456 p.

11. Vybor proizvoditel'nosti ABZ [Selecting the performance of asphalt plants], available at: www.speco-plants.ru/novaya_statya.php (accessed 07 November 2014).

12. Freitas De D., Paulo P., Luis P., Thomas A. Effect of construction quality, temperature, and rutting on initiation of top-down cracking. *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, 2005, no. 1929, pp. 174-182.

13. Lane B., Kazmierowski T., Chan S. Evaluation of Cold In-Place Recycling with Expanded Asphalt On Highway 7, Perth, Ontario. *Canadian Technical Asphalt Association 49th Annual Conference Proceedings*, 2004, 16 p.

14. Neues Asphaltmischwerk der BBR Rothenburg: Eine schone Anlage, die wirtschaftlich produziert. *Schweiz. Baust.-Ind*, 2008, vol. 40, no. 6, pp. 51-54.

15. Ein Optimum an Leistung *Asphalt (BRD)*, 2001, vol. 36, no. 6, pp. 41-42.

16. Mansfield S. How To Choose The Right Asphalt Plant. *Roads and bridges*, 2000, vol. 5, no. 11, available at: www.roadsbridges.com/how-choose-right-asphalt-plant (accessed 07 November 2014).

Получено 9.03.2015

Об авторе

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич (Волгоград, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Экономика и управление на предприятиях дорожного хозяйства» Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета (400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, e-mail: skor2004@rambler.ru).

About the author

Dmitrii A. Skorobogatchenko (Volgograd, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Economics and Management at the Enterprises of Road Economy, Volgograd State Architectural University (1, Academicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation, e-mail: skor2004@rambler.ru).