

УДК 666.964.32

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

Д. А. Скоробогатченко

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Обеспечение нормативного транспортно-эксплуатационного состояния городских автомобильных дорог в значительной степени зависит от качества применяемых асфальтобетонных смесей, поставляемых асфальтобетонными заводами. При этом большинство городских асфальтобетонных заводов не обладают сегодня 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 хозяйство характеризуется определенной потребностью в асфальтобетонных смесях, поставляемых с нескольких заводов различной мощности для ремонта и содержания муниципальных автомобильных дорог. Цель исследований заключается в разработке системы поддержки выбора оптимального расположения асфальтобетонных заводов и их мощности. Для достижения поставленной цели автором классифицируются факторы, определяющие дислокацию завода, и приводится формализация комплексной задачи управления размещением асфальтобетонных заводов. На основании предложенной системы факторов и формализованной задачи в основной части работы 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 социально-экономический эффект.

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

CHOICE ISSUE MODELLING OF ASPHALT PLANTS DISLOCATIONS AND POWER TO MEET THE DEMANDS OF URBAN ROAD SYSTEM

D. A. Skorobogatchenko

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering

Providing regulatory transportation and operational condition of urban roads, largely depends on the quality of used asphalt mixtures supplied asphalt plant. The majority of urban asphalt plants do not possess sufficient efficiency for today functioning - there are no mechanisms in the sector of integrated planning and placement of production base. Hence, the urgency is now becoming issues associated with the placement and choice of power coating plants to meet the needs of the urban road sector in the quality of asphalt mixes at an affordable price. Urban agriculture is characterized by determining the need for asphalt mixtures, comes with several different power plants for the repair and maintenance of municipal roads. The purpose of research is to develop a support system for selecting the optimal location of asphalt plants and their power. 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 algorithm is developed that allows minimizing costs while ensuring the needs of the urban road network in asphalt mixes. Indicated that the implementation of the proposed modeling techniques sitting and power coating plants for the needs of the city will increase the efficiency of use of budgetary funds and freight performance indicators urban road network, and also get a significant socio-economic impact.

Key words: 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 отвечает нормативным требованиям по транспортно-эксплуатационным показателям и функционирует 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 страны [3].

По мнению [4], ключевыми показателями, определяющими эффективное функционирование АБЗ, являются себестоимость производства асфальтобетонных смесей и их качество, кото-

рые, в свою очередь, зависят от размещения АБЗ их технических характеристик и загрузки.

В соответствии с отечественными нормативными документами [5, 6], в качестве традиционных факторов, определяющих дислокацию АБЗ (см. рис. 1), рассматривается близость к железнодорожным, автомобильным и водным путям, а также карьерам дорожно-строительных материалов. Далее, после проверки выбранного места на время остывания смеси (чтобы оно было меньше времени ее доставки к месту укладки), уточняются технические детали относительно площадки, персонала и коммуникаций.

Важным фактором планирования размещения АБЗ является расстояние до жилой за-

стройки. АБЗ относятся к экологически опасным производствам, оказывающим серьезное негативное воздействие на окружающую среду, и, согласно санитарным требованиям, должны быть отнесены не менее чем на 500 м от жилой застройки [7].

Зарубежные исследователи, ориентируясь на технологии доставки асфальтобетонных смесей к объекту с минимальными теплопотерями [8], зачастую проблему выбора места дислокации АБЗ решают как логистическую задачу управления транспортом [9]. При этом выполнение условия размещения АБЗ с подветренной стороны населенного пункта на дальности не ближе 500 м является спорным и не всегда выполняется на практике (см. табл. 1).

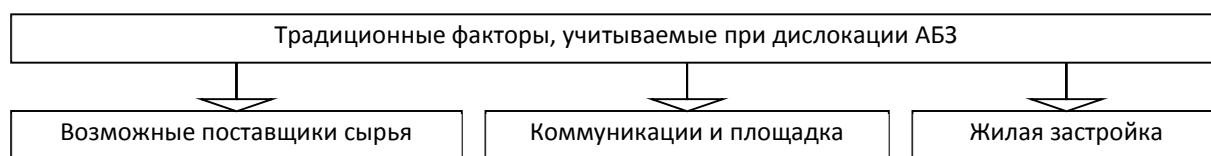


Рис. 1. Схема факторов, традиционно учитываемых при размещении АБЗ

Таблица 1

Данные по размещению некоторых АБЗ в г. Волгоград

Наименование собственника	Тип АБЗ	Экология	Выпуск смеси
ДСУ-2 МУП трест ДМС (Кировский район)	1. ДС-158 – 30 т/час 2. ДС 117 – 25 т/час. 3. Д 508 – 20 т/час	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/час	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/час	Близость больницы № 18	3–5 тыс. т

Применение инновационных технологий очистки и переработки на АБЗ позволяет существенно снизить уровень их загрязняющего воздействия [10, 11]. 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.

Другим существенным показателем, определяющим эффективное функционирование АБЗ, является выбор его мощности, способствующей непрерывности укладки смеси [12, 13]. В отечественных [14] и зарубежных [15] исследованиях указывается, что мощность АБЗ должна быть оптимальной – 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 встречается в работе [16], где авторами делается попытка 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.

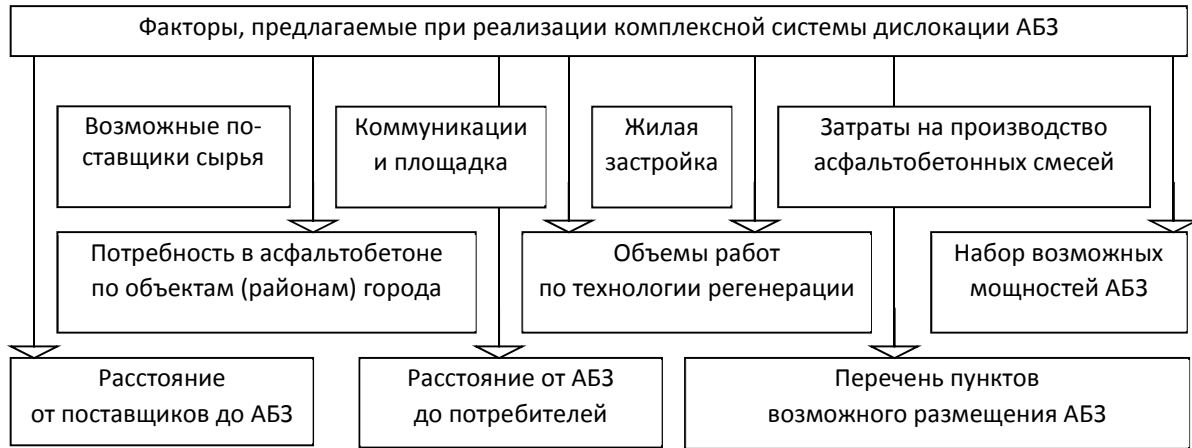


Рис. 2. Схема факторов, предлагаемых при построении системы оптимизации дислокации и мощности городских АБЗ

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 время [17–19].

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 зарубежные подходы к решению проблемы повышения эффективности дорожного хозяйства на основе оптимизации размещения асфальтобетонных заводов и выбора их мощности. Так, в частности, в работе [20] 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 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 предлагается алгоритм, представленный на рис. 3.

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 – см. рис. 4);

2) координаты потенциального расположения поставщиков (то есть места возможной дислокации АБЗ). Вектор поставщиков обозначен M_k , где k – число заводов (первоначальное число мест возможной дислокации АБЗ – см. рис. 5);

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).

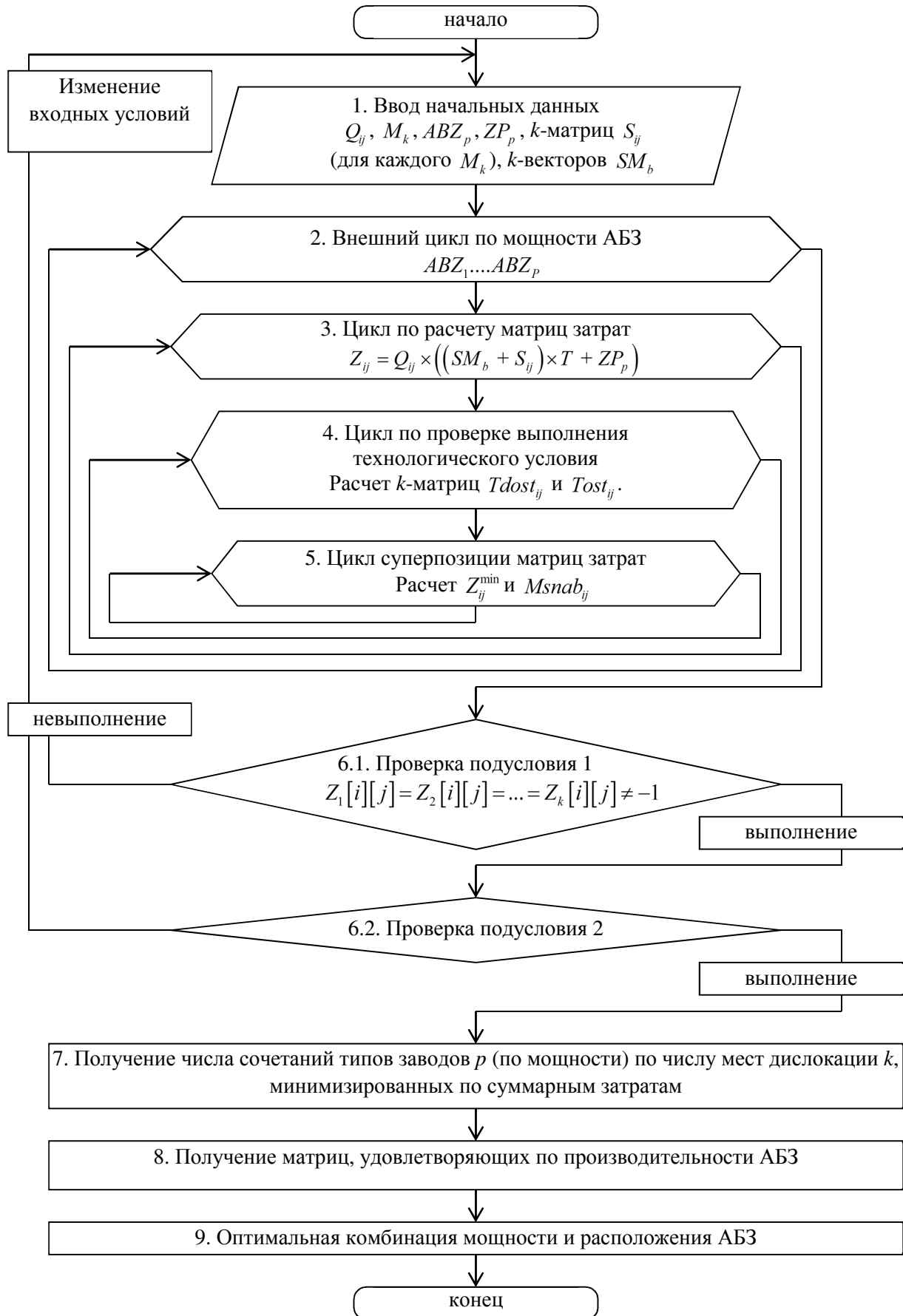


Рис. 3. Алгоритм выбора места дислокации и мощности АБЗ для обеспечения потребностей городского дорожного хозяйства

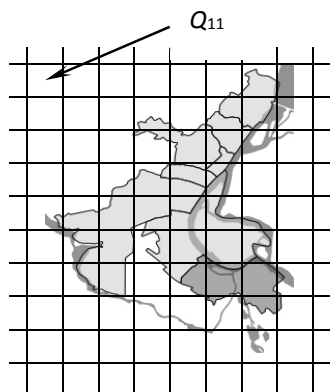


Рис. 4. Определение матрицы потребителей асфальтобетонной смеси Q_{ij}

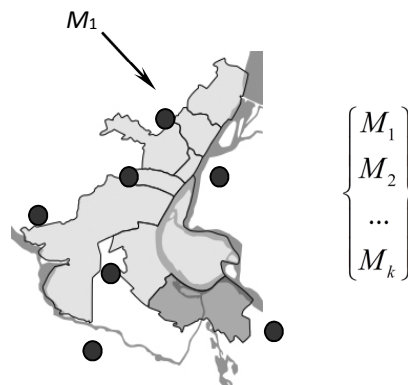
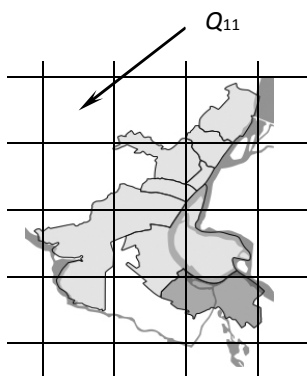


Рис. 5. Определение координат потенциального расположения поставщиков M_k

На втором этапе функционирования алгоритма (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 производится расчет матриц суммарных затрат каждого АБЗ по сегментам поставки. То есть 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 -матриц вида:

$$Z_{ij} = Q_{ij} \times ((SM_b + S_{ij}) \times TR + ZP_p) \quad (1)$$

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

На четвертом этапе осуществляется проверка выполнения условия соблюдения техно-

$$\begin{aligned}
 & Z_1 = \begin{bmatrix} 2 & 6 \\ (2) & 8 \end{bmatrix} \\
 M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix} \rightarrow Z_2 = \begin{bmatrix} 3 & (4) \\ 4 & (3) \end{bmatrix} \rightarrow Z^{\min} = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \text{ и } Msnab = \begin{bmatrix} M_3 & M_2 \\ M_1 & M_2 \end{bmatrix} \\
 & Z_3 = \begin{bmatrix} (1) & 5 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

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 асфальтобетонных смесях. Это

логического 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», то есть:

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

Данное условие позволит исключить поставку клиентам заведомо остывшей смеси.

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 $Msnab_{ij}$, минимизирующие суммарные затраты. В качестве примера представим следующую иллюстрацию:

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 решить задачу снабжения города невозможно 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 [21] 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 по 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 (см. рис. 6).

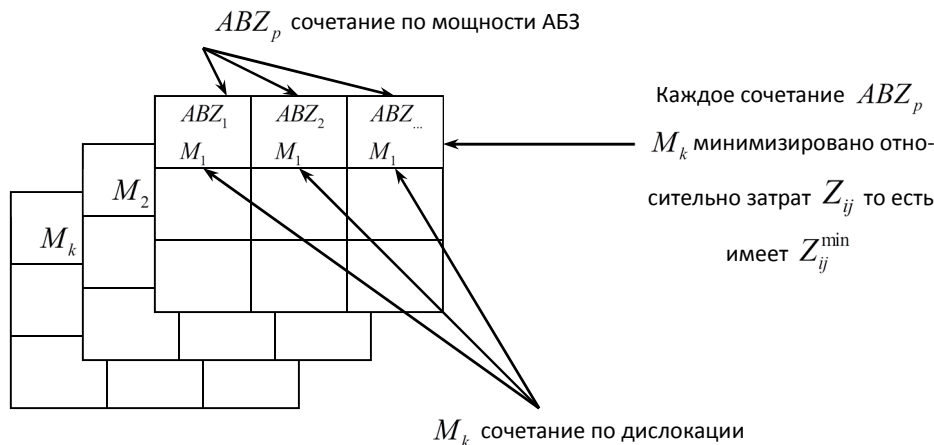


Рис. 6. Схема работы седьмого этапа алгоритма по выбору матриц поставки продукции АБЗ с минимальными затратами

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. Авторами на основе предложенного перечня факторов (рис. 2) разработан алгоритм оптимизации дислокации и мощности АБЗ (рис. 3), позволяющий минимизировать сово-

купные 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 [9], 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 которых ежегодно возрастают [18].

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 [20]) 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 разви-

тия всех АБЗ, обеспечивающих потребности города с учетом неравномерности потребления готовой продукции множеством разрозненных потребителей [16], адаптируя 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.

Библиографический список

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. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 36 (55). С. 174–181.
2. Зубков А. Ф., Однолюбо В. Г., Евсеев Е. Ю. Технология ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с применением горячих асфальтобетонных смесей. М. : Изд. дом «Спектр», 2013. 180 с.
3. Проект национальной программы модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года. URL: <http://mindortrans.donland.ru/Default.aspx?pageid=51782> (дата обращения: 02.11.2014).
4. Ткачев П. П. Российский асфальтобетонный завод. URL: <http://www.ompspb.ru/info/tehnologii/asfalto-betonni-zavod.php> (дата обращения: 02.11.2014).
5. Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона : технический регламент ТР 103-07 : утв. Управлением научно-технической политики в строительной отрасли 01.06.2007. ГУП «НИИМосстрой», 2007.
6. Силкин В. В., Лупанов А. П. Асфальтобетонные заводы : учеб. пособие. М. : Экон-Информ, 2008. 266 с.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.04.2008 № 25. М. : Минздрав России, 2003. 48 с.
8. Überlegene Technik, heißerer Asphalt, bessere Straße. URL: <http://www.fliegl-baukom.de/ueberlegene-technik-heisserer-asphalt-bessere-strasse/150/1877/3238/> (дата обращения: 07.11.2014).
9. Miller S. R. and Dorée A. G. Improving logistics in the asphalt paving process: what can we learn from the planner's logic? // 24th Annual ARCOM Conference, A. Dainty, Editor. 2008, Association of Researchers in Construction Management: Cardiff, UK. P. 381–390.
10. 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.
11. Нове обладнання для АБЗ // Автошляховик України. 2000. № 4. С. 48.
12. The Asphalt Handbook. Manual Series No. 4 (MS-4). Lexington, KY : The Asphalt Institute, 1989.
13. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. Lanham, Maryland : National Center for Asphalt Technology, 1996.
14. Выбор производительности АБЗ. URL: http://www.speco-plants.ru/novaya_statya.php (дата обращения: 07.11.2014).
15. De Freitas E. F., Pereira P, Picado-Santos L, Papagiannakis A. T. Effect of construction quality, temperature, and rutting on initiation of top-down cracking // Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board. 2005. № 1929. P. 174–182.
16. Методические рекомендации по оптимизации развития и размещения стационарных и передвижных асфальтобетонных заводов / утв. Постановлением Минавтодор РСФСР от 11.04.1980. М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1980.
17. 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.
18. Lane B., Kazmierowski T. and 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.
19. Neues Asphaltmischwerk der BBR Rothenburg: Eine schone Anlage, die wirtschaftlich produziert // Schweiz. Baust.-Ind. 2008. Vol. 40, № 6. S. 51–54.
20. Ein Optimum an Leistung // Asphalt (BRD). 2001. Vol. 36, № 6. S. 41–42.
21. Mansfield C. How To Choose The Right Asphalt Plant. URL: <http://www.roadsbridges.com/how-choose-right-asphalt-plant> (дата обращения: 07.11.2014).

© Д. А. Скоробогатченко

Ссылка для цитирования:

Скоробогатченко Д. А. Моделирование задачи выбора места дислокации и мощности асфальтобетонных заводов для обеспечения потребностей городского дорожного хозяйства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 1 (11). С. 86–92.