

DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-537-545

УДК 658.566 (075)

Оптимизация поставок материальных ресурсов в логистической системе строительства автомобильных дорог

Канд. экон. наук, доц. И. М. Царенкова¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет транспорта (Гомель, Республика Беларусь)© Белорусский национальный технический университет, 2017
Belarusian National Technical University, 2017

Реферат. Особо значима роль логистики в ресурсном обеспечении строительства автомобильных дорог, где велико влияние таких специфических факторов, как необходимость использования разнообразных видов материальных ресурсов, наличие многокомпонентных полуфабрикатов, требующих приготовления в построечных условиях, значительная линейная протяженность объектов, что требует формирования логистического дорожно-строительного потока, удаленность от производственных баз строительных организаций, зависимость производства от природно-климатических факторов, ярко выраженная сезонность производства работ. Все эти условия влияют на конкретные организационно-экономические формы логистических процессов при строительстве автомобильных дорог. С целью применения логистического подхода к организации строительства автомобильной дороги целесообразно моделирование системы поставок материальных ресурсов для обеспечения непрерывного хода производства работ, что позволит выделить процессы, требующие оптимизации. Предлагаемый логистический подход к рациональной организации поставок материальных ресурсов на объект строительства автомобильной дороги состоит в управлении всеми операциями, которые необходимо выполнять на пути продвижения материального потока. Спецификой цепей поставок материальных ресурсов в логистической системе строительства автодорог является прямая зависимость качества произведенного продукта от соблюдения технологии производства работ, напрямую связанной со своевременной поставкой материалов. Оптимизация достигается за счет подбора количественного состава транспортных средств, повышения их производительности и выбора рациональной схемы транспортировки по критерию минимальной стоимости. Использование математического аппарата позволяет рассчитать оптимальное число транспортных средств в логистической системе строительства автодороги, обеспечивающих бесперебойную доставку материальных ресурсов на объект с учетом требуемых темпов производства работ.

Ключевые слова: логистическая система, материальный поток, материальные ресурсы, транспортные затраты, цепи поставок

Для цитирования: Царенкова, И. М. Оптимизация поставок материальных ресурсов в логистической системе строительства автомобильных дорог / И. М. Царенкова // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 6. С. 537–545. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-537-545

Optimization of Supplies for Material Resources in Logistics System for Construction of Automobile Roads

I. M. Tsarenkova¹⁾¹⁾Belarusian State University of Transport (Gomel, Republic of Belarus)

Abstract. Logistics plays a significant role in resource provision of automobile road construction. The following specific factors have rather high influential character, namely: necessity to use various types of material resources, presence of multi-component semi-finished products that require final preparation on the construction site, rather large linear length of objects that requires formation of logistics road-construction flow, distance from production bases of construction organizations, dependence of production on natural and climatic factors, distinct seasonality of executed works. All these conditions influence on specific organizational and economic forms of logistics processes while constructing automobile roads. In order to apply a logistics approach for organization of the automobile road construction it is expedient to make modeling of systems

Адрес для переписки

Царенкова Ирина Михайловна
Белорусский государственный университет транспорта
ул. Кирова, 34,
246653, г. Гомель, Республика Беларусь
Тел.: +375 232 95-39-67
tsar_irina@mail.ru

Address for correspondence

Tsarenkova Irina M.
Belarusian State University of Transport
34 Kirova str.,
246653, Gomel, Republic of Belarus
Tel.: +375 232 95-39-67
tsar_irina@mail.ru

for supply of material resources to ensure continuous process of works. Such approach will permit to specify processes requiring optimization. The proposed logistics approach to rational organization of supply for material resources required for automobile road construction presupposes control of all operations which must be carried out on the path of material flow motion. Specific feature of supply chain of material resources in the logistics system for automobile road construction is a direct dependence of final product quality on technology compliance during execution of works which is directly connected with timely supply of materials. Optimization is achieved through selection of quantitative composition of transport facilities, improvement of their productivity and selection of rational transportation schemes using a criterion of minimum cost. Usage of mathematical apparatus allows to calculate optimal number of transport facilities in the logistics system for automobile road construction, ensuring smooth delivery of material resources to the object with due account of the required rate of construction works.

Keywords: logistics system, material flow, material resources, transportation costs, supply chain

For citation: Tsarenkova I. M. (2017) Optimization of Supplies for Material Resources in Logistics System for Construction of Automobile Roads // *Science and Technique*. 16 (6), 537–545. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-537-545

Введение

В дорожном строительстве потребляется большое количество материальных ресурсов. С целью их использования при расчете сметной стоимости строительства автомобильных дорог сформирована республиканская нормативная база текущих цен на строительные материалы, представляющая собой систему, структура и методы которой позволяют создавать укрупненные группы строительных материалов, перечень и номенклатура которых увязаны с нормативами расхода ресурсов в натуральном выражении, объединенных по наименованию, технической характеристике и единице измерения [1]. Для расчета стоимости асфальтобетонных смесей по установленной форме составляются калькуляции на их приготовление, учитывающие фактические затраты на эксплуатацию оборудования асфальтобетонного завода, стоимость исходных

компонентов и транспортные расходы по их доставке на завод, заработную плату работников и другие статьи затрат [2]. Поэтому стоимость асфальтобетонной смеси одинакового состава различается у разных производителей. Результаты мониторинга стоимости щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси типа ЩМСц на щебне фракции 5–10 мм по областям республики представлены на рис. 1.

При формировании сметной стоимости строительства объекта учитывается не только стоимость асфальтобетонной смеси как материала для устройства покрытия в конструкции дорожной одежды, но и транспортные затраты по ее доставке на объект [2].

Для снижения удельного веса затрат на материальные ресурсы в составе сметной стоимости строительства автомобильных дорог требуется учет многих критериев, определяемых отраслевой особенностью организации выполняемых видов работ.



Рис. 1. Результаты мониторинга стоимости асфальтобетонной смеси (март 2017 г.)

Fig. 1. Monitoring results of asphalt mix cost (March, 2017)

Система усложняется, если подрядная организация работает на нескольких объектах, расположенных в одном или разных регионах, либо, наоборот, на объекте значительной линейной протяженности занято несколько дорожно-строительных управлений.

Развитие логистики в условиях рыночной экономики требует интегрированного подхода к процессу формирования цепи поставок материальных ресурсов на объекты дорожного строительства [3]. Интегрирующая функция логистики в процессе управления материальным потоком асфальтобетонной смеси при строительстве автомобильной дороги выражается через:

- интеграцию функции определения потребности в асфальтобетонной смеси с учетом темпа производства работ на объекте с функциями формирования хозяйственных связей по их поставке;

- координацию оперативного управления поставками, процессом транспортировки асфальтобетонной смеси на объект и ее производственным потреблением по всей длине участка производства работ;

- кооперацию в управлении сквозным материальным и сопутствующим ему информационным потоком;

- оптимизацию совокупных транспортно-логистических издержек всей цепи поставок – от исходных компонентов до готовой продукции – путем экономической заинтересованности организаций дорожного хозяйства в повышении эффективности движения материального потока, за счет разработки логистических схем;

- развитие специфических функций управления движением материального потока в увязке с традиционными функциями организации технологических процессов.

Логистическая цепь поставок формируется из упорядоченного множества поставщиков, перевозчиков и потребителей, осуществляющих логистические операции по доведению внешнего материального потока от одной логистической системы до другой [4]. Принципиальная схема логистической цепи поставки асфальтобетонной смеси на объект строительства представлена на рис. 2.

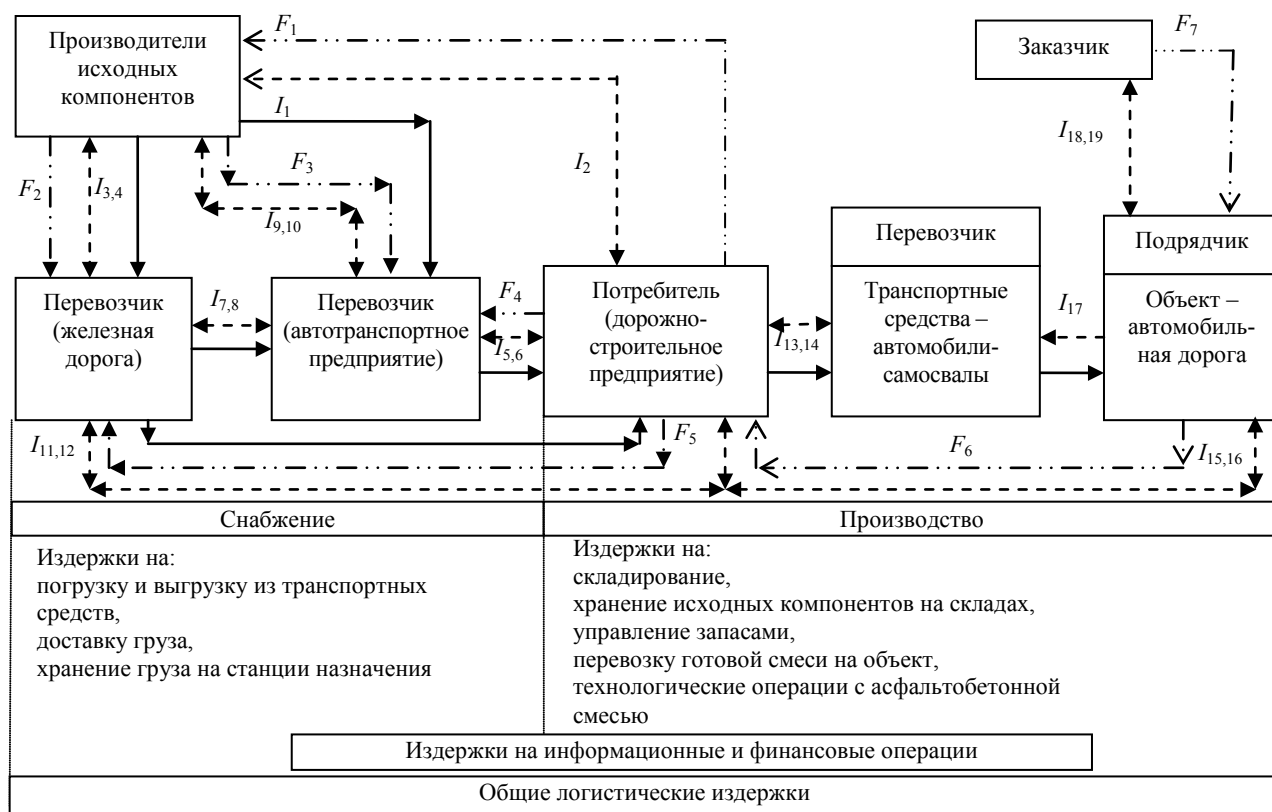


Рис. 2. Логистическая цепь поставки асфальтобетонной смеси на объект дорожного строительства:

→ – материальный поток; I_1, \dots, I_{19} – информационные потоки (---); F_1, \dots, F_7 – финансовые потоки (— · —)

Fig. 2. Logistic chain of asphalt mix delivery for road construction:

→ – material flow; I_1, \dots, I_{19} – information flows (---); F_1, \dots, F_7 – financial flows (— · —)

Следует отметить, что участие в указанной цепи организации-перевозчика является условным и для каждого строительного участка определяется индивидуально. Транспортировку как исходных компонентов для приготовления асфальтобетонной смеси, так и готового продукта могут выполнять транспортные средства подрядных организаций, либо поставщика материала, либо автотранспортной организации. Также возможна эксплуатация транспортных средств на условиях лизинга и аренды. Кроме того, в данной цепи поставок возможно и, как правило, присутствует сочетание различных видов транспорта [5]. Задача логистического управления в такой ситуации – определить, какой из альтернативных вариантов наиболее выгоден с точки зрения издержек при одинаковых условиях качества и времени выполнения операций. В любом случае, особенностью данного процесса является использование только автотранспортных средств для доставки асфальтобетонной смеси на объект строительства, что объясняется специфическими свойствами данного дорожно-строительного материала.

Для того чтобы логистическая цепь функционировала и ее результаты были оптимальными по временным и стоимостным критериям, ею необходимо управлять. В процессе управления оптимизации подлежат такие параметры, как вместимость склада, грузоподъемность транспортных средств, производительность и грузоподъемность подъемно-транспортных средств, производительность и количество дорожно-строительных машин [6].

Постановка задачи

При проектировании и организации материального потока асфальтобетонной смеси учитываются особенности, связанные с ее специфическими свойствами и технологией производства работ по устройству асфальтобетонного покрытия:

- цикл производства асфальтобетонной смеси составляет короткий промежуток времени (в зависимости от производительности асфальтосмесительной установки – от 0,8 до 10 т/мин);

- готовая асфальтобетонная смесь не может храниться длительное время в накопительном бункере (0,5–1,5 ч);

- ограниченное расстояние транспортировки, обусловленное температурными ограничениями (температура укладки – не ниже 120–130 °С);

- потребность в специальном подвижном составе с целью сохранения качественных характеристик готового продукта;

- процесс потребления смеси зависит от природно-климатических факторов, что обуславливает необходимость учета риска и неопределенности;

- необходимость строгого соблюдения требований технологического процесса как при производстве смеси, так и при ее укладке в слой асфальтобетонного покрытия [7].

При формировании логистических систем продвижения материальных потоков при строительстве (реконструкции) дороги выделяются следующие ограничивающие факторы:

- строгое соблюдение технологии производства работ;

- строгая последовательность выполняемых работ.

Соблюдение первого принципа связано с большой зависимостью технологии дорожных работ от природно-климатических факторов. Укладка горячих асфальтобетонных смесей выполняется только при положительных температурах воздуха и на сухом основании [8]. Поэтому особенности технологии дорожных работ требуют строгого соблюдения температурного режима, что отражается на сроках производства работ. Кроме того, нужно выдерживать определенные временные интервалы между отдельными видами работ для достижения необходимого качества дорожных покрытий. Второй принцип заключается в строгом соблюдении последовательности выполняемых операций с обеспечением необходимого задела, обеспечивающего непрерывность производства работ.

Существуют «тянущие» и «толкающие» системы управления материальными потоками внутри производственной системы. «Тянущие» системы обеспечивают управление материальными потоками по принципу «точно в срок», «толкающие» – планирование потребности в материалах и распределение ресурсов [9, 10].

Если рассматривать в качестве производственной системы асфальтобетонный завод, то можно говорить о формировании «толкающей» системы управления материальными потоками. При этом с целью обеспечения максимальной загрузки производственных мощностей планирование начинается с заготовительной стадии. Создаются большие запасы исходных материалов, поставляемых, как правило, большими партиями, так как их отсутствие может привести к сбою в производстве. При этом недостаточно отслеживается спрос на продукцию, что может привести к сокращению оборачиваемости оборотных средств вследствие излишних запасов в случаях, когда отсутствует потребность в асфальтобетонной смеси, что наиболее ярко проявляется в весенне-осенние периоды.

При использовании логистического подхода, целью которого является сквозное управление материальными потоками, для решения поставленной задачи в качестве производственной системы представляется система «асфальтобетонный завод – строящаяся автомобильная дорога». При организации ее работы на принципах «тянущей» системы материалы при производстве асфальтобетонной смеси и впоследствии готовая продукция поступают на следующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости. В этом случае пополнение запасов исходных материалов происходит, когда их количество достигает критического уровня, что позволяет снизить логистические издержки, связанные с созданием запасов и транспортировкой материалов.

Экономико-математическая модель поставки асфальтобетонной смеси на объект на основе динамического программирования

Для практической реализации «тянущей» системы необходимо наличие надежных поставщиков и перевозчиков материальных ресурсов. Требуется сформировать модель логистической цепи при синхронном производстве, транспортировке и потреблении асфальтобетонной смеси, так как при устройстве асфаль-

тобетонного покрытия поточным методом требуется одинаковое количество смеси в равные промежутки времени на захватку. Выбор для моделирования заключительного звена цепи поставок связан с тем, что именно от его согласованной работы в большей степени зависит качество устраиваемого покрытия.

В данной модели учитываются возможность выпуска нескольких типов смесей, строгое соблюдение норм поставки готовой смеси на конкретные объекты, величина транспортной партии, отгружаемой каждому потребителю с учетом производственной мощности завода, стоимость хранения исходных материалов при отсутствии заказов на производство. В дальнейшем для определения путей оптимизации движения материальных потоков задача формулируется по двум направлениям: один асфальтобетонный завод обслуживает несколько строящихся объектов; система асфальтобетонных заводов обслуживает сеть автомобильных дорог. Оптимизационные расчеты выполняются на основе методов динамического программирования [11].

Целевой функцией z служит стоимость перевозки асфальтобетона от асфальтобетонного завода (АБЗ) до асфальтоукладчика. Стоимость, в свою очередь, зависит от дальности транспортировки асфальтобетонной смеси. Общая стоимость складывается из стоимости перевозки от заводов, поставляющих смесь на данный участок z_1 и z_2 . Дальность перевозки к месту укладки постоянно увеличивается на длину уложенной полосы l_m из смеси, перевозимой одним самосвалом.

Стоимость транспортировки на расстояние x выражается формулой

$$C(x) = C_0 + kx. \quad (1)$$

Формируется графическая зависимость стоимости перевозки от дальности транспортирования.

Целевая функция является суммой стоимости перевозки каждого автосамосвала на данный участок и описывается формулой

$$z = z_1 + z_2 = \sum_{i=0}^n (C_0 + k(l_1 + il_m)) +$$

$$+ \sum_{j=0}^m (C_0 + k(l_2 + jl_m)), \quad (2)$$

где l_1, l_2 – дальность транспортировки от АБЗ до начала участка, км; n, m – требуемое количество автосамосвалов.

Преобразуем целевые функции для расчета:

$$z_1 = \sum_{i=0}^n (C_0 + k(l_1 + il_m)) = \sum_{i=0}^n C_0 + k \sum_{i=0}^n (l_1 + il_m) = nC_0 + k \sum_{i=0}^n l_1 + kl_m \sum_{i=0}^n i = nC_0 + nkl_1 + kl_m \frac{n(n-1)}{2};$$

$$z_2 = \sum_{j=0}^m (C_0 + k(l_2 + jl_m)) = \sum_{j=0}^m C_0 + k \sum_{j=0}^m (l_2 + jl_m) = mC_0 + k \sum_{j=0}^m l_2 + kl_m \sum_{j=0}^m j = mC_0 + mkl_2 + kl_m \frac{m(m-1)}{2}.$$

Затраты на транспортирование асфальтобетонной смеси будут минимальны, когда целевая функция стремится к минимуму:

$$z = z_1 + z_2 = nC_0 + nkl_1 + kl_m \frac{n(n-1)}{2} + mC_0 + mkl_2 + kl_m \frac{m(m-1)}{2} \rightarrow \min.$$

Ограничениями в данном случае является то, что n и m – целые неотрицательные числа. Условием выполнения будет укладка покрытия не менее чем на длину участка S

$$\begin{cases} (n+m)l_m \geq S, \\ n, m \geq 0 - \text{целые.} \end{cases} \quad (3)$$

Данные вычисления подходят для случая, когда АБЗ располагаются с разных сторон участка. Когда же АБЗ располагаются с одной стороны, целевая функция приобретает вид

$$z_{\text{общ}} = (n+m)C_0 + (n+m)kS + kl_m \frac{(n+m-1)(n+m)}{2}. \quad (4)$$

Для реализации экономико-математической модели поставки асфальтобетонной смеси на объект на основе динамического программирования графов целесообразно использовать программное обеспечение табличного редактора Microsoft Excel с помощью надстройки «Поиск решения». Для расчета составляется таблица исходных данных для решения задачи, задаются параметры целевой функции и ее вид (рис. 3).

	B	C	D	E	F
1					
2	Количество ездов от АБЗ, n_1	0	Параметр стоимости C_0 , руб		111226
3	Количество ездов от АБЗ, m_1	0	Параметр стоимости k , руб		27238
4	Длина уложенной полосы от выгрузки самосвала l_m , км	0,027			
5	Длина участка укладки S_1 , км	7,1			
6	Расстояние от АБЗ до участка l_1 , км	16			
7	Расстояние от АБЗ до участка l_2 , км	4,3			
8	Целевая функция z , руб	=C2*(F2+F3)			
9	Ограничение по длине, $(n_1+m_2)l_m$	0			
10	Ограничение по количеству	0			
11					

Рис. 3. Форма представления таблицы исходных данных

Fig. 3. Form of initial data table presentation

Далее в надстройке «Поиск решения» задается адрес целевых ячеек, дается ссылка на ограничения, указывается требование неотрицательности переменных (рис. 4).

После задания всех параметров задачи на экран выводятся результаты поиска решений (рис. 5).

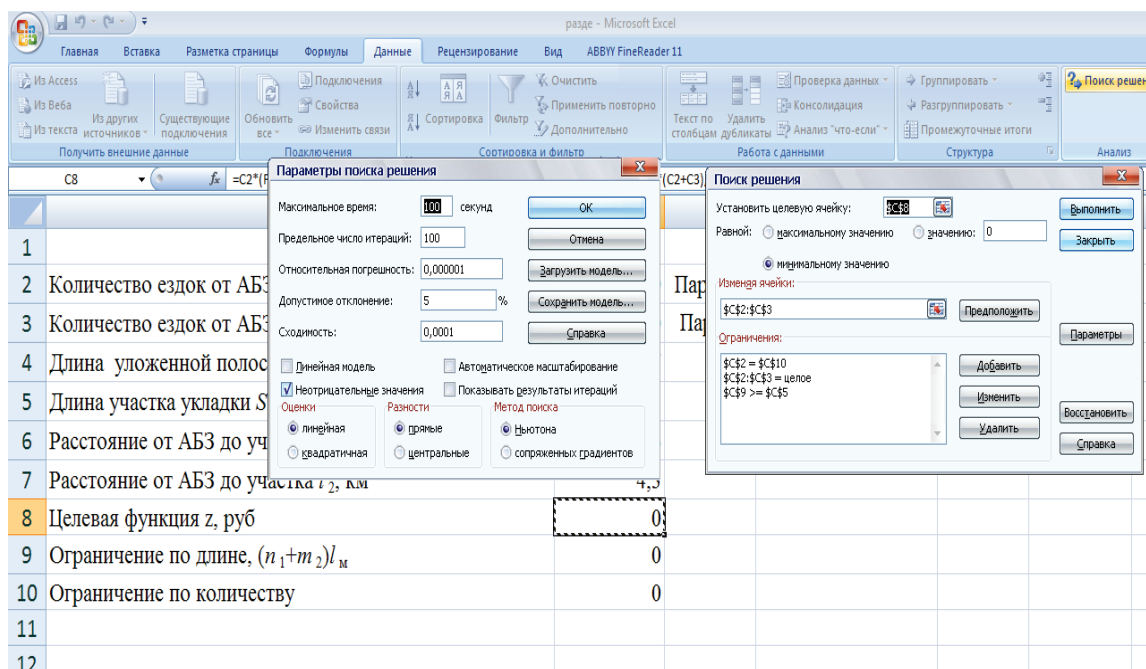


Рис. 4. Применение надстройки «Поиск решения»

Fig. 4. Application of additional component "Search for solution"

	B	C	D	E	F
1					
2	Количество ездов от АБЗ, n_1	0	Параметр стоимости C_0 , руб		111226
3	Количество ездов от АБЗ, m_1	263	Параметр стоимости k , руб		27238
4	Длина уложенной полосы от выгрузки самосвала l_m , км	0,027			
5	Длина участка укладки S_1 , км	7,1			
6	Расстояние от АБЗ до участка l_1 , км	16			
7	Расстояние от АБЗ до участка l_2 , км	4,3			
8	Целевая функция z , руб	165507480			
9	Ограничение по длине, $(n_1+m_2)l_m$	7,101			
10	Ограничение по количеству	0			
11					

Рис. 5. Пример выдачи результатов поиска решений

Fig. 5. Example of output results of Search for solution

В случае, если необходимо использовать мощности нескольких асфальтобетонных заводов (например, для обеспечения участка

большим объемом асфальтобетонной смеси), в расчет вводится фиксированная поставка (рис. 6).

	B	C	D	E	F
1					
2	Количество ездов от АБЗ, n_1	100	Параметр стоимости C_0 , руб		111226
3	Количество ездов от АБЗ, m_1	163	Параметр стоимости k , руб		27238
4	Длина уложенной полосы от выгрузки самосвала l_m , км	0,027			
5	Длина участка укладки S_1 , км	7,1			
6	Расстояние от АБЗ до участка l_1 , км	16			
7	Расстояние от АБЗ до участка l_2 , км	4,3			
8	Целевая функция z , руб	197375940			
9	Ограничение по длине, $(n_1 + m_2)l_m$	7,101			
10	Ограничение по количеству	100			
11					

Рис. 6. Результаты поиска решения с фиксированной поставкой

Fig. 6. Results of search for solution with fixed supply

ВЫВОДЫ

1. При построении модели динамического программирования, описывающей процесс поставки асфальтобетонной смеси из нескольких асфальтобетонных заводов для строительства дороги, выявлен ряд факторов, влияющих на конечные экономические результаты строительства:

- стоимость асфальтобетонной смеси у разных поставщиков;
- стоимость транспортирования, зависящая от расстояния перевозки и принятой транспортной схемы;
- различная сложность организации транспортного процесса и управления при доставке материала с одного и нескольких заводов;
- степень экономической стабильности поставщиков и их дисциплинированности при выполнении договорных обязательств.

2. При формировании транспортно-логистических цепей продвижения материальных ресурсов в логистической системе строительства

автомобильной дороги существенным и управляемым оказывается фактор транспортировки, который может быть принят в качестве доминирующего.

3. Логистические цепи дорожно-строительной организации могут объединять географически распределенные объекты, где приобретаются, преобразуются, хранятся или продаются сырье, готовые асфальтобетонные смеси и соединяющие эти объекты каналы распределения, по которым перемещается продукция. Управление объектами могут осуществлять подрядчики, поставщики, покупатели, представители третьих сторон или другие фирмы, с которыми заказчик имеет деловые отношения. Цель заказчика заключается в эффективном добавлении стоимости своим продуктам по мере того, как они перемещаются по цепи поставок и транспортируются на географически распределенные объекты дорожного строительства в необходимом количестве и комплектации, в требуемое время и по конкурентоспособной цене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации о порядке расчета текущих цен на ресурсы, используемые для определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении. Введ. 01.01.2012. Минск: Минстройархитектуры, 2012. 28 с.
2. Инструкция «О порядке определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении» [Электронный ресурс]: утв. постановлением Мин-ва арх. и стр-ва Респ. Беларусь от 18.11.2011 № 51 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=w21124543>.
3. Сергеев, В. И. Управление цепями поставок: учебник для бакалавров и магистров / В. И. Сергеев. М.: Издательство Юрайт, 2015. 479 с.
4. Царенкова, И. М. Основы развития логистических систем в дорожном хозяйстве / И. М. Царенкова. Гомель: БелГУТ, 2017. 211 с.
5. Ивуть, Р. Б. Логистические системы на транспорте / Р. Б. Ивуть, Т. Р. Кисель, В. С. Холупов. Минск: БНТУ, 2014. 76 с.
6. Царенкова, И. М. Определение рационального задела при прохождении материального потока по логистической цепи / И. М. Царенкова // Известия Гомельского гос. ун-та имени Ф. Скорины. Социально-экономические и общественные науки. 2016. № 2. С. 162–170.
7. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033–2004. Введ. 01.01.2005. Минск: Минстройархитектуры, 2004. 24 с.
8. Автомобильные дороги. Правила устройства: ТКП 059–2012 (02191). Введ. 01.07.2007. Минск: Белорус. дорожный инж.-техн. центр, 2007. 94 с.
9. Еловой, И. А. Логистика / И. А. Еловой. 2-е изд., перераб. и доп. Гомель: БелГУТ, 2011. 165 с.
10. Dynamics and Sustainability in International Logistics and Supply Chain Management. Proceedings of the 6th German-Russian Logistics and SCM Workshop DR-LOG 2011 in Bremen. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2011. 510 p.
11. Мальцев, Ю. А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений / Ю. А. Мальцев. М.: Издат. центр «Академия», 2010. 320 с.

Поступила 04.09.2017

Подписана в печать 08.11.2017

Опубликована онлайн 28.11.2017

REFERENCES

1. *Methodical Recommendations on Procedure for Calculating Current Prices of Resources Used to Determine Estimated Cost of Construction and Estimate Documentation on the Basis of Norms for Consumption of Resources in Real Terms*. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2012. 28 (in Russian).
2. Instructions “On Procedure for Determination of Estimated Cost in Construction and Preparation of Cost Estimating Documentation on the Basis of Norms for Consumption of Resources in Real Terms”: Decree of the Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus dated on 18.11.2011 No 51. *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus*. Available at: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=w21124543> (in Russian).
3. Sergeev V. I. (2015) *Management Over Supply Chain*. Moscow, Urait Publ. 479 (in Russian).
4. Tsarenkova I. M. (2017) Main Principles for Development of Logistic Systems in Road Sector. Gomel, Belarusian State University of Transport. 211 (in Russian).
5. Ivut R. B., Kisel T. R., Kholupov V. S. (2014) *Logistic Systems in Transport*. Minsk, Belarusian National Technical University. 76 (in Russian).
6. Tsarenkova I. M. (2016) Determination of Rational Reserve for Material Flow Passing along Logistic Chain. *Izvestiya Gomel'skogo Gosud. Un-ta imeni F. Skoriny. Sotsial'no-Ekonomicheskie i Obshchestvennye Nauki = Proceedings of Francisk Skorina Gomel State University. Socio-Economic and Social Sciences*, (2), 162–170 (in Russian).
7. STB 1033–2004. *Bitumen Concrete Road, Airfield Mixes and Asphalt Concrete. Technical Specifications*. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2004. 24 (in Russian).
8. TKP 059–2012 (02191). *Automobile Roads. Rules for Design*. Minsk, Belarusian Engineering Technical Road Centre, 2007. 94 (in Russian).
9. Yelovoy I. A. (2011) *Logistics*. Gomel, Belarusian State University of Transport. 165 (in Russian).
10. *Dynamics and Sustainability in International Logistics and Supply Chain Management. Proceedings of the 6th German-Russian Logistics and SCM Workshop DR-LOG 2011 in Bremen*. Göttingen, Cuvillier Verlag, 2011. 510.
11. Maltsev Yu. A. (2010) *Economico-Mathematical Methods for Designing Transport Facilities*. Moscow, “Akademia” Publishing Centre. 320 (in Russian).

Received: 04.09.2017

Accepted: 08.11.2017

Published online: 28.11.2017