

УДК 519.86, 656.073.7, 69.003

ГЛАВА 15. ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ ДОСТАВКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

ТАРАСОВ ДМИТРИЙ ЭДУАРДОВИЧ

ассистент-преподаватель
кафедры «Логистика и управление транспортными системами»
ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта» (МИИТ)

Аннотация: рассматривается организация материально-технического обеспечения в строительной отрасли на принципах логистики на примере доставки бетонной смеси на строительный объект. Данный процесс представляется в работе двумя важнейшими задачами: выбор наилучшего поставщика и оптимальное использование транспортных средств, решение которых на основе логистического подхода позволяет повысить эффективность коммерческо-производственной деятельности предприятий отрасли.

Ключевые слова: материально-техническое обеспечение, строительный объект, доставка бетонной смеси, логистика, строительство, выбор поставщика, доставка строительных грузов, метод БОФа.

LOGISTIC APPROACH TO THE ORGANIZATION OF LOGISTICS OF CONSTRUCTION OBJECT ON THE EXAMPLE OF DELIVERY OF CONCRETE MIX

Tarasov D.E.

Abstract: the organization of logistics in the construction industry on the principles of logistics on the example of delivery of concrete mix to construction object is considered. This process is represented in work as two major tasks: the choice of the best supplier and optimum use of vehicles which decision on the basis of logistic approach allows to increase efficiency of business and productive activity of the enterprises of the industry.

Key words: material support, construction object, delivery of concrete mix, logistics, construction, choice of the supplier, delivery of construction loads, BOF's method.

15.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Организация эффективной доставки строительных грузов к месту потребления – одна из приоритетных задач в строительстве. Ведь темпы и качество строительства во многом предопределяет именно своевременная, экономически выгодная и безопасная доставка необходимых материалов и конструкций.

Логистика как междисциплинарный инструмент активно развивается и внедряется в самых раз-

ных областях, и одним из самых новых, набирающих оборот, научных направлений является логистика в строительстве.

В настоящее время, зачастую, перевозки планируются и организуются на малообоснованных (а иногда и вовсе необоснованных – за счет использования интуиции, выработанных со временем действий, разного рода случайностей в событиях и пр.) принципах и способах. Так, при расчете количества требуемых машин не всегда учитываются такие показатели, как коэффициент использования транспортных средств по грузоподъемности и вместимости, их технические характеристики и возможности, цикл работы и производительность машин, затраты на различные операции и др.

В рамках данного исследования предполагается разработать такую схему доставки бетонной смеси с завода на строительный объект (далее – Объект), при которой автотранспортные средства использовались бы максимально рационально насколько это возможно (сокращение числа ходов недогруженных автобетоносмесителей), сроки перевозки всего необходимого объема смеси были бы минимальными, и, как следствие, с наименьшими затратами.

Материально-техническое обеспечение (МТО) является формой распределения средств производства на основе организационных связей и договоров между поставщиками и потребителями. Оно в значительной мере предопределяет результативность строительного производства, оказывая непосредственное воздействие на использование производственных фондов, ритмичность производства строительно-монтажных работ, себестоимость, производительность труда, продолжительность строительства и другие показатели.

Основными функциями МТО в строительной сфере являются:

- обеспечение строительных потоков необходимым сырьем, материалами, полуфабрикатами, конструкциями и деталями;
- хранение, обработка и подача сырья и материалов по заявкам потребителей;
- обеспечение инструментами, приспособлениями, в том числе и при ремонте технологического, энергетического, транспортного и другого оборудования;
- перемещение грузов как внутри строительного объекта, так и вне его;
- проведение погрузочно-разгрузочных работ.

Организация МТО зависит от ряда факторов. К внешним относятся все предприятия, участвующие в материально-техническом обеспечении строительства, но не входящие в организационно-правовую структуру какого-либо строительного предприятия. К внутренним относятся: применяемые технологии строительного производства, номенклатура и происхождение используемых материально-технических ресурсов, масштабы строительного производства, территориальная дислокация строительных объектов данного строительного предприятия, применяемая технология товародвижения и др. [1].

Важной составной частью поиска эффективных решений в области МТО является построение рациональных логистических решений. Являясь одним из крупнейших субъектов конечного потребления материальных ресурсов, строительный комплекс в наибольшей степени заинтересован в эффективных формах их приобретения и рациональном использовании.

Основными группами параметров логистических решений, оказывающих влияние на эффективность строительства и строительного производства, являются [1]:

- затраты на приобретение материалов, транспортировку и другие логистические операции;
- качество поставляемых материалов;
- надежность поставок (включая надежность поставщика и перевозчика, соблюдение сроков поставок).

Для материалов, строительных конструкций и деталей первостепенное значение имеет рационализация материальных потоков с целью минимизации связанных с ними затрат, максимизации качества, оптимизации сроков поставок, что предопределяет целесообразность и необходимость применения логистики как эффективного научного инструмента управления формированием и движением материальных потоков [1].

15.2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР ПОСТАВЩИКОВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Важность проблемы выбора поставщика ресурсов объясняется, главным образом, тем, что поставщик должен быть надежным партнером [2].

Основные этапы выбора поставщика отражены на рис. 1 [2]:

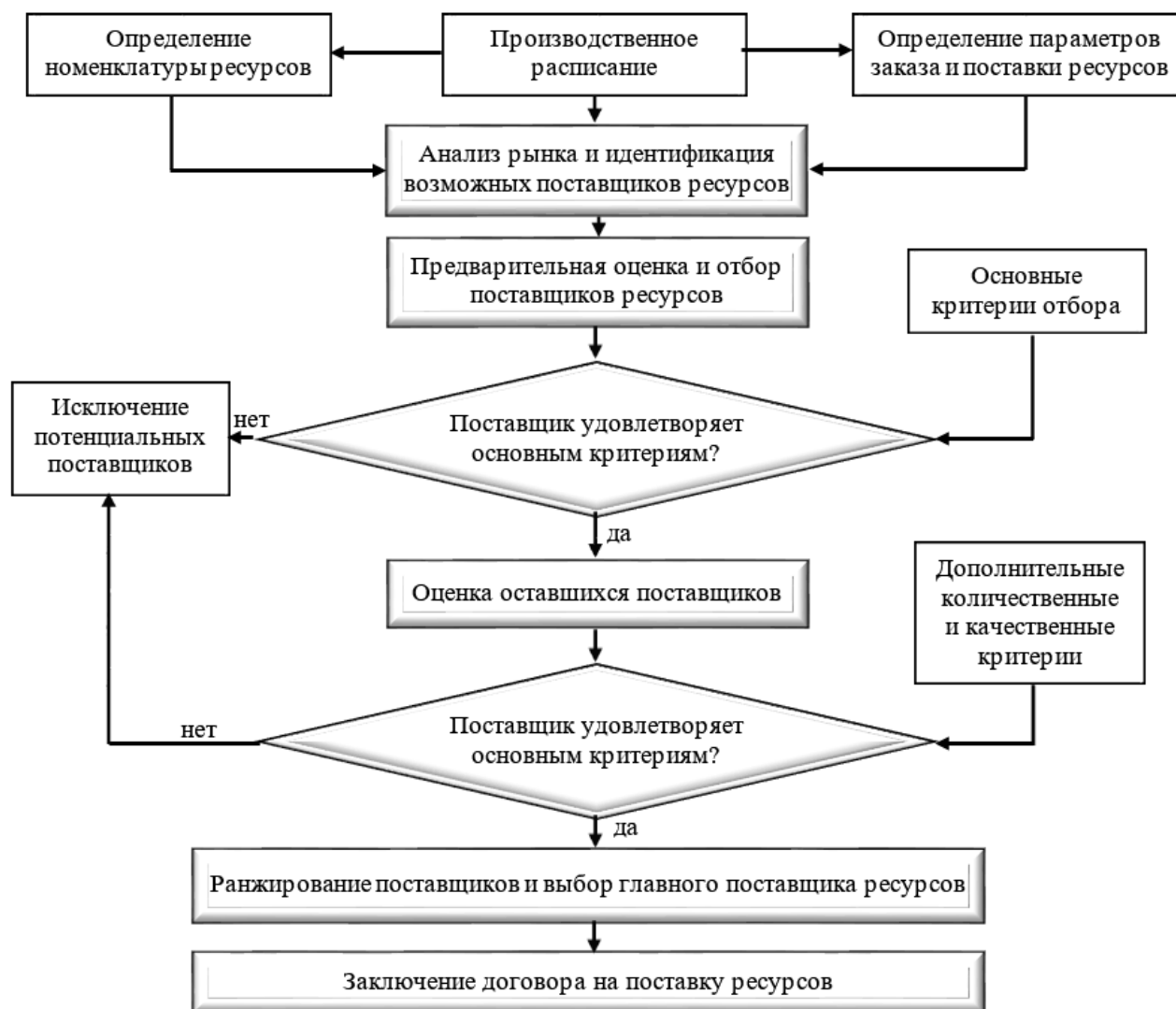


Рис. 1. Алгоритм выбора поставщика ресурсов

Установление связей между грузоотправителем (бетонным заводом) и грузополучателем (строительным объектом) производится на основе договоров, которые заключаются, исходя из экономических (стоимость материалов, способы и условия оплаты), технических (номенклатура и качество материалов), транспортных (расстояние, время доставки, продолжительность грузовых работ), субъективных (родственные, дружеские связи) и иных предпосылок [3].

Выбор поставщика осуществляется по следующим наиболее используемым показателям:

1. Надежность поставщика.
2. Гарантия качества.
3. Производственные мощности.
4. Цена продукции / услуги.
5. Местоположение.
6. Технический потенциал.
7. Финансовое положение.

8. Возможность компромиссов.
9. Наличие информационной системы связи и обработки заказов.
10. Послепродажный сервис.
11. Репутация и роль в своей отрасли.
12. Деловая активность.
13. Уровень управления.
14. Уровень контроля.
15. Отношение к покупателю.
16. Имидж поставщика.
17. Оформление грузов.
18. Трудовые отношения.
19. Деловой опыт и история взаимоотношений.
20. Вспомогательная литература и инструкции.
21. Взаимосвязь выгод и интересов.

Как следует из этого перечня, задача выбора поставщика является многофакторной.

Упрощенный алгоритм выбора поставщика:

1. Формирование расширенной системы показателей для выбора поставщиков (см. вышеприведенный перечень) ($W_1, \dots, W_{21}$).
2. Выбор возможных поставщиков и их экспертная оценка их по 10-балльной шкале (большая оценка предпочтительнее меньшей).
3. Методом дисперсионного анализа проверка гипотезы H_0 – различие между поставщиками не существенно. Против гипотезы H_0 – альтернатива H_1 – различие между поставщиками существенно.
 - 3.1 При справедливости H_1 для выбора поставщиков используется вышеприведенный 21 показатель расширенной системы показателей.
 - 3.2 При справедливости H_0 используется система показателей меньшего размера, которая включает следующие показатели:
 - W_1 – качество продукции;
 - W_2 – своевременность доставки;
 - W_3 – цена продукции / услуги;
 - W_4 – уровень обслуживания;
 - W_5 – партнерские отношения и возможности;
 - W_6 – техническая, инженерная и производственная мощь;
 - W_7 – оценка дистрибьюторских возможностей;
 - W_8 – детальная оценка финансов и управления.
4. Сравнительный анализ и выбор поставщиков по критерию наибольшего значения обобщенного показателя привлекательности поставщика.

Рассматриваемые поставщики – заводы по производству бетонной смеси, имеющие парк собственных специализированных автотранспортных средств (далее – САТС) – автомобилей-бетоносмесителей:

- Поставщик 1 (П1);
- Поставщик 2 (П2);
- Поставщик 3 (П3);
- Поставщик 4 (П4);
- Поставщик 5 (П5);
- Поставщик 6 (П6).

Условие модели:

Производство и поставка бетонной смеси на Объект осуществляются разными бетонными заводами. Выберем трех из шести возможных поставщиков с использованием системы следующих показателей:

- W_1 – надежность поставщика;

- W_2 – гарантия качества;
- W_3 – производственные мощности;
- W_4 – цена продукции / услуги;
- W_5 – местоположение;
- W_6 – технический потенциал;
- W_7 – финансовое положение;
- W_8 – возможность компромиссов;
- W_9 – наличие информационной системы связи и обработки заказов;
- W_{10} – наличие собственного парка САТС различной размерности;
- W_{11} – репутация и роль в своей отрасли;
- W_{12} – деловая активность;
- W_{13} – уровень управления;
- W_{14} – уровень контроля;
- W_{15} – отношение к покупателю;
- W_{16} – имидж поставщика;
- W_{17} – оформление грузов;
- W_{18} – трудовые отношения;
- W_{19} – деловой опыт и история взаимоотношений;
- W_{20} – вспомогательная литература и инструкции;
- W_{21} – взаимность выгод и интересов.

Результаты экспертного анализа поставщиков по каждому показателю приведены в табл. 1:

Таблица 1

Экспертная оценка поставщиков

Показатели (W_i)	Поставщики					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
W_1	5	10	9	7	8	6
W_2	6	7	8	9	10	5
W_3	5	9	10	6	7	8
W_4	10	6	9	8	7	5
W_5	9	10	5	6	8	7
W_6	7	10	5	9	6	8
W_7	8	6	9	10	7	5
W_8	9	5	7	8	10	6
W_9	9	6	10	7	8	5
W_{10}	7	5	10	6	9	8
W_{11}	8	10	6	7	5	9
W_{12}	9	5	10	8	6	7
W_{13}	7	5	6	9	8	10
W_{14}	8	5	9	6	10	7
W_{15}	6	10	7	8	9	5
W_{16}	7	5	10	8	6	9
W_{17}	5	6	10	7	9	8
W_{18}	6	7	5	8	10	9
W_{19}	10	6	5	8	7	9
W_{20}	7	9	10	5	6	8
W_{21}	9	5	6	10	8	7

Алгоритм дисперсионного анализа:

1. Определим сумму вариантов (наблюдаемых значений) по каждой градации факторов (количество градаций r факторного признака равно количеству поставщиков, $r = 6$):

$$V_j = \sum W_i, \quad (1)$$

тогда:

$$V_{n1} = 5 + 6 + 5 + 10 + 9 + 7 + 8 + 9 + 9 + 7 + 8 + 9 + 7 + 8 + 6 + 7 + 5 + 6 + 10 + 7 + 9 = 157;$$

$$V_{n2} = 10 + 7 + 9 + 6 + 10 + 10 + 6 + 5 + 6 + 5 + 10 + 5 + 5 + 5 + 10 + 5 + 6 + 7 + 6 + 9 + 5 = 147;$$

$$V_{n3} = 9 + 8 + 10 + 9 + 5 + 5 + 9 + 7 + 10 + 10 + 6 + 10 + 6 + 9 + 7 + 10 + 10 + 5 + 5 + 10 + 6 = 166;$$

$$V_{n4} = 7 + 9 + 6 + 8 + 6 + 9 + 10 + 8 + 7 + 6 + 7 + 8 + 9 + 6 + 8 + 8 + 7 + 8 + 8 + 5 + 10 = 160;$$

$$V_{n5} = 8 + 10 + 7 + 7 + 8 + 6 + 7 + 10 + 8 + 9 + 5 + 6 + 8 + 10 + 9 + 6 + 9 + 10 + 7 + 6 + 8 = 164;$$

$$V_{n6} = 6 + 5 + 8 + 5 + 7 + 8 + 5 + 6 + 5 + 8 + 9 + 7 + 10 + 7 + 5 + 9 + 8 + 9 + 9 + 8 + 7 = 151.$$

2. Определим общую сумму вариантов по всем градациям факторного признака:

$$V_{\text{общ}} = \sum V_j, \quad (2)$$

тогда:

$$V_{\text{общ}} = 157 + 147 + 166 + 160 + 164 + 151 = 945.$$

3. Определим факторную (межгрупповую) дисперсию, которая характеризует разброс групповых средних от общего среднего:

$$D_{\text{факт}} = \left(\sum h_j \right) - H; \quad (3)$$

$$h_j = \frac{(V_j)^2}{n}, \quad (4)$$

где n – количество показателей, $n = 21$;

$$H = \frac{(V_{\text{общ}})^2}{\sum n}. \quad (5)$$

Тогда:

$$h_{n1} = \frac{(157)^2}{21} = 1173,76;$$

$$h_{n2} = \frac{(147)^2}{21} = 1029;$$

$$h_{n3} = \frac{(166)^2}{21} = 1312,19;$$

$$h_{n4} = \frac{(160)^2}{21} = 1219,04;$$

$$h_{n5} = \frac{(164)^2}{21} = 1280,76;$$

$$h_{n6} = \frac{(151)^2}{21} = 1085,76;$$

$$\sum h_j = 1173,76 + 1029 + 1312,19 + 1219,04 + 1280,76 + 1085,76 = 7100,51;$$

$$H = \frac{(945)^2}{21+21+21+21+21+21} = 7087,5;$$

$$D_{\text{факт}} = 7100,51 - 7087,5 = 13,01.$$

4. Определим остаточную (внутригрупповую) дисперсию, которая характеризует рассеяние вариантов внутри групп:

$$D_{\text{ост}} = V_{\text{общ}}^* - \sum h_j; \quad (6)$$

$$V_{\text{общ}}^* = \sum V_j^*; \quad (7)$$

$$V_j^* = \sum W_i^2. \quad (8)$$

Тогда:

$$V_{n1}^* = 5^2 + 6^2 + 5^2 + 10^2 + 9^2 + 7^2 + 8^2 + 9^2 + 9^2 + 7^2 + 8^2 + 9^2 + 7^2 + 8^2 + 6^2 + 7^2 + 5^2 + 6^2 + 10^2 + 7^2 + 9^2 = 1225;$$

$$V_{п2}^* = 10^2 + 7^2 + 9^2 + 6^2 + 10^2 + 10^2 + 6^2 + 5^2 + 6^2 + 5^2 + 10^2 + 5^2 + 5^2 + 5^2 + 10^2 + 5^2 + 6^2 + 7^2 + 6^2 + 9^2 + 5^2 = 1115;$$

$$V_{п3}^* = 9^2 + 8^2 + 10^2 + 9^2 + 5^2 + 5^2 + 9^2 + 7^2 + 10^2 + 10^2 + 6^2 + 10^2 + 6^2 + 9^2 + 7^2 + 10^2 + 10^2 + 5^2 + 5^2 + 10^2 + 6^2 = 1394;$$

$$V_{п4}^* = 7^2 + 9^2 + 6^2 + 8^2 + 6^2 + 9^2 + 10^2 + 8^2 + 7^2 + 6^2 + 7^2 + 8^2 + 9^2 + 6^2 + 8^2 + 8^2 + 7^2 + 8^2 + 8^2 + 5^2 + 10^2 = 1256;$$

$$V_{п5}^* = 8^2 + 10^2 + 7^2 + 7^2 + 8^2 + 6^2 + 7^2 + 10^2 + 8^2 + 9^2 + 5^2 + 6^2 + 8^2 + 10^2 + 9^2 + 6^2 + 9^2 + 10^2 + 7^2 + 6^2 + 8^2 = 1328;$$

$$V_{п6}^* = 6^2 + 5^2 + 8^2 + 5^2 + 7^2 + 8^2 + 5^2 + 6^2 + 5^2 + 8^2 + 9^2 + 7^2 + 10^2 + 7^2 + 5^2 + 9^2 + 8^2 + 9^2 + 9^2 + 8^2 + 7^2 = 1137;$$

$$V_{общ}^* = 1225 + 1115 + 1394 + 1256 + 1328 + 1137 = 7455;$$

$$D_{ост} = 7455 - 7100,51 = 354,49.$$

5. Определим общую дисперсию, которая характеризуется разбросом вариант от общего среднего:

$$D_{общ} = V_{общ}^* - H. \quad (9)$$

Тогда:

$$D_{общ} = 7455 - 7087,5 = 367,5.$$

6. Определим показатель силы влияния факторного признака на результат (показывает, какую долю занимает влияние изучаемого фактора среди всех других факторов):

$$\eta^2 = \frac{D_{факт}}{D_{общ}} \times 100 \%. \quad (10)$$

Отсюда:

$$\eta^2 = \frac{13,01}{367,5} \times 100 \% = 3,5 \%.$$

7. Определим достоверность результатов исследования методом Фишера (критерий Фишера, F -критерий):

$$F = \frac{\sigma_{факт}^2}{\sigma_{ост}^2}; \quad (11)$$

$$\sigma_{факт}^2 = \frac{D_{факт}}{r-1}; \quad (12)$$

$$\sigma_{ост}^2 = \frac{D_{ост}}{N-r}, \quad (13)$$

где N – общее количество наблюдений, $N = 126$.

Тогда:

$$\sigma_{факт}^2 = \frac{13,01}{6-1} = 2,6;$$

$$\sigma_{ост}^2 = \frac{354,49}{126-6} = 2,95;$$

$$F = \frac{2,6}{2,95} = 0,88.$$

8. Сравним полученное значение F -критерия со значением из таблицы распределения Фишера, определив степени свободы (при уровне значимости $\alpha = 0,05$):

$$v_1 = n - 1; \quad (14)$$

$$v_2 = N - r. \quad (15)$$

Тогда:

$$v_1 = 21 - 1 = 20;$$

$$v_2 = 126 - 6 = 120.$$

Входим в таблицы распределения Фишера и определяем табличное значение F -статистики:

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ v_1 = 20 \\ v_2 = 120 \end{array} \right\} \text{вход в таблицу} \rightarrow F_T = 1,65.$$

α – вероятность ошибки при проверке H_0 , то есть вероятность отвергнуть гипотезу H_0 при условии ее невозможности.

В результате получено:

$$F < F_T \quad (16)$$

9. Применим статистический критерий: если рассчитанное значение F -статистики меньше табличного, то гипотеза H_0 справедлива, в противном случае она отвергается.

В рассматриваемой задаче гипотеза H_0 справедлива ($F < F_T$), то есть влияние исследуемого фактора – выбор поставщика – несущественно, иначе говоря, все поставщики примерно одинаковы по своим характеристикам. Для решения задачи выбора поставщика в этом случае необходимо воспользоваться дополнительной информацией, например, оценить поставщиков с использованием другой системы меньшей размерности.

Вывод: используя сравнительный анализ для выбора поставщика по 21 критерию, установлено, что данные всех 6 поставщиков примерно одинаковы по своим характеристикам. Поэтому для окончательного выбора следует обратиться за дополнительной информацией.

Для решения задачи воспользуемся сокращенной системой показателей и выберем поставщиков методом БОФа. Метод БОФа представляет собой процедуру принятия решения на множестве альтернатив по множеству показателей и, по сути своей, представляет метод многомерной оптимизации [4].

В табл. 2 приведены ранговые оценки (R_{ji}) поставщиков по каждому показателю, полученные методом экспертного анализа (меньшее значение ранга предпочтительнее большего):

Таблица 2

Сокращенная система показателей (ранговые оценки R_{ji})

Показатели (W_i)	Поставщики					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
Качество продукции, W_1	5	4	3	2	1	6
Своевременность доставки, W_2	6	1	2	4	3	5
Цена продукции / услуги, W_3	1	5	2	3	4	6
Уровень обслуживания, W_4	1	4	5	6	2	3
Партнерские отношения и возможности, W_5	6	3	4	1	5	2
Техническая, инженерная и производственная мощь, W_6	6	5	2	1	3	4
Оценка дистрибьюторских возможностей, W_7	3	1	5	6	4	2
Детальная оценка финансов и управления, W_8	2	5	1	6	3	4

Проранжируем показатели по важности (табл. 3):

Таблица 3

Ранги важности показателей, R_i

W_i	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8
R_i	1	2	3	4	6	5	8	7

Определим весовые коэффициенты [5] показателей и внесем результаты в табл. 4:

$$C_i = 1 - \frac{R_i - 1}{M}, \quad (17)$$

где M – число показателей, $M = 8$.

Таблица 4

Весовые коэффициенты показателей, C_i

W_i	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8
C_i	1	0,875	0,75	0,625	0,375	0,5	0,125	0,25

Пронормируем значения весовых коэффициентов показателей их суммой [4] и внесем результаты в табл. 5:

$$C_i^* = \frac{C_i}{\sum C_i}. \quad (18)$$

Таблица 5

Нормированные значения весовых коэффициентов показателей, C_i^*

W_i	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8
C_i^*	0,222	0,194	0,166	0,138	0,083	0,111	0,027	0,055

Проверка:

$$\sum C_i^* = 1. \quad (19)$$

Рассчитаем весовые коэффициенты поставщиков по каждому показателю [4] и внесем результаты в табл. 6:

$$C_{ji} = 1 - \frac{R_{ji} - 1}{k}, \quad (20)$$

где: k – число поставщиков.

Таблица 6

Весовые коэффициенты поставщиков по каждому показателю, C_{ji}

Показатели (W_i)	Поставщики					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
W_1	0,333	0,5	0,666	0,833	1	0,166
W_2	0,166	1	0,833	0,6	0,666	0,333
W_3	1	0,333	0,833	0,666	0,5	0,166
W_4	1	0,5	0,333	0,166	0,833	0,666
W_5	0,166	0,666	0,5	1	0,333	0,833
W_6	0,166	0,333	0,833	1	0,666	0,5
W_7	0,666	1	0,333	0,166	0,5	0,833
W_8	0,833	0,333	1	0,166	0,666	0,5

Пронормируем весовые коэффициенты поставщиков по каждому показателю [4]. Для этого просуммируем по строкам значения весовых коэффициентов из табл. 6 и разделим каждое значение C_{ji} по строке на эту сумму. Полученные результаты внесем в табл. 7:

$$\hat{C}_{ji} = \frac{C_{ji}}{\sum C_{ji}}. \quad (21)$$

Таблица 7

Нормированные значения весовых коэффициентов поставщиков, $\hat{C}_{ji}$

Показатели (W_i)	Поставщики					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
W_1	0,095	0,142	0,190	0,238	0,285	0,047
W_2	0,047	0,285	0,238	0,142	0,190	0,095
W_3	0,285	0,095	0,238	0,190	0,142	0,047
W_4	0,285	0,142	0,095	0,047	0,238	0,190
W_5	0,047	0,190	0,142	0,285	0,095	0,238
W_6	0,047	0,095	0,238	0,285	0,190	0,142
W_7	0,190	0,285	0,095	0,047	0,142	0,238
W_8	0,238	0,095	0,285	0,047	0,190	0,142

Проверка:

$$\sum \hat{C}_{ji} \text{ (по строке)} = 1. \quad (22)$$

Рассчитаем значение обобщенного показателя [4] привлекательности поставщика (ОППП):

$$\text{ОППП}_i = \sum (C_i^* \times \hat{C}_{ji} \text{ (по столбцу } P_j)). \quad (23)$$

Получим:

$$\text{ОППП}_1 = 0,145;$$

$$\text{ОППП}_2 = 0,162;$$

$$\text{ОППП}_3 = 0,198;$$

$$\text{ОППП}_4 = 0,178;$$

$$\text{ОППП}_5 = 0,201;$$

$$\text{ОППП}_6 = 0,113;$$

$$\sum \text{ОППП} = 1.$$

По критерию наибольшего результата ОППП выберем трех поставщиков. Примечание: если появились дополнительные соображения или дополнительная информация, то можно любого из поставщиков заменить на оставшихся, так как выше было доказано, что все поставщики примерно одинаковы.

Вывод: благодаря вышеприведенных вычислениям, можно отобрать трех поставщиков (из шести), имеющих наибольшую привлекательность, а именно: поставщика № 5, поставщика № 3 и поставщика № 4.

Стоит отметить, что данная процедура выбора поставщиков не имеет ограничений на размерность решаемой задачи (число рассматриваемых поставщиков и принимаемых показателей).

В дальнейшем предприятия поставщиков будем обозначать следующим образом:

- предприятие поставщика № 3 – завод № 1;
- предприятие поставщика № 4 – завод № 2;
- предприятие поставщика № 5 – завод № 3.

15.3. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТА ДОСТАВКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ

Специфика доставки бетонной смеси на объект транспортного строительства такова, что перевозки осуществляются по различным маятниковым маршрутам с обратным негруженным (порожним) пробегом (рис. 2):

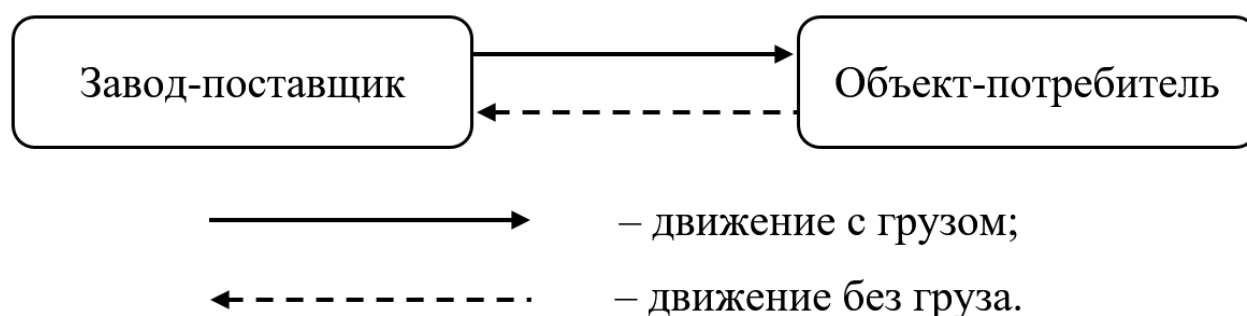


Рис. 2. Маятниковый маршрут перевозки строительных грузов в городах.

Строительные грузы доставляются в городах по радиальному маршруту с производственных или складских объектов на другие места, испытывающие потребность в материалах. Таким образом, каждый завод или склад является центральным связующим звеном в перевозках [3].

Основные параметры рассматриваемой задачи организации МТО приведены в табл. 8:

Таблица 8

Базовые параметры задачи организации МТО

Характеристика	Описание
Вид перевозимого груза	бетонная смесь готовая марки БСГ В40 П4 F300 W12
Пункт отправки перевозимого груза	бетонные заводы, находящиеся вблизи пункта назначения (г. Москва)
Пункт назначения перевозимого груза	Объект транспортного строительства (г. Москва)
Бетонируемый элемент	Пролетное строение эстакады автомобильной развязки
Потребный объем поставки	620 м ³
Планируемое время бетонирования	12 ч
Тип / вид подвижного состава для перевозки	Автомобильный транспорт (автобетоносмесители различных типоразмеров и кубатуры)
Принадлежность автотранспортного парка	Собственность бетонных заводов
Перевозчик	Бетонные заводы

Согласно требованиям разрабатываемой схемы организации МТО (см. табл. 8), на Объект необходимо поставить $Q_{\text{общ}} = 620 \text{ м}^3$ бетонной смеси марки БСГ В40 П4 F300 W12. Продолжительность бетонирования пролетного строения на Объекте составляет $T_{\text{бет}} = 12 \text{ ч}$.

Проведем исследование возможностей трех выбранных поставщиков для удовлетворения объемов данной поставки.

Отобранные заводы находятся примерно на равном удалении от Объекта: завод № 1 – в 45 км, завод № 2 – в 42 км, завод № 3 – в 40 км.

Проанализируем и сведем в табл. 9 парк САТС для перевозки бетонной смеси на каждом из выбранных заводов:

Таблица 9

Приписной парк автобетоносмесителей (АБС) рассматриваемых поставщиков

Приложение 1 к разделу 1.2.2. Техническое описание (ТЭО) разрабатываемых поставщиков					
№ п/п	Марка, модель АБС	Число, A_{ji} , ед.	Вместимость АБС, q_{ji} , м³	Контрольный расход топлива, л / 100 км	Длительность рабочей смены, $T_{смj}$, ч
Завод № 1					
1	58146V	1	6	45,0	8
2	58147A	4	7	35,0	
3	69361T	2	7	38,5	
4	58149Z	7	9	35,6	
Завод № 2					
1	58145W	2	5	20	8
2	69367D	5	7	33	
3	58148Y	1	8	39,4	
4	787017	2	10	43,0	
5	58140W	1	10	45,0	
Завод № 3					
1	58146T	3	6	44,6	8
2	69367D	5	7	33	
3	58147A	4	7	35,0	
4	58140W	1	10	45,0	

В дальнейшем задача рассматривается при условии, что все автобетоносмесители каждого завода исправны и находятся в эксплуатации.

Вычислим, какой суммарный объем способен перевозить каждый автопарк за 1 ходку исходя из количества АБС различной вместимости:

$$Q_{\text{парк}j} = \sum_{ji} (A_{ji} \times q_{ji}), \text{ м}^3, \quad (24)$$

где A_{ji} – число АБС i -й модели на j -м заводе, ед.;

q_{ji} – вместимость АБС i -й модели на j -м заводе, м^3 .

Тогда:

– завод № 1: $Q_{\text{парк}1} = 1 \times 6 + 4 \times 7 + 2 \times 7 + 7 \times 9 = 111 \text{ м}^3$;

– завод № 2: $Q_{\text{парк}2} = 2 \times 5 + 5 \times 7 + 1 \times 8 + 2 \times 10 + 1 \times 10 = 83 \text{ м}^3$;

– завод № 3: $Q_{\text{парк}3} = 3 \times 6 + 5 \times 7 + 4 \times 7 + 1 \times 10 = 91 \text{ м}^3$.

Определим общее количество ходок всего парка АБС от каждого завода для доставки 620 м^3 :

$$N_{xj} = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{парк}j}}, \text{ ходок.} \quad (25)$$

Тогда:

– завод № 1: $N_{x1} = \frac{620}{111} = 5,58 \approx 5$ полных ходок;

– завод № 2: $N_{x2} = \frac{620}{83} = 7,46 \approx 7$ полных ходок;

– завод № 3: $N_{x3} = \frac{620}{91} = 6,81 \approx 6$ полных ходок.

Очевидно, что поставщик № 1 быстрее перевезет необходимый объем бетонной смеси.

Поскольку выбранные поставщики примерно одинаковы, для дальнейших расчетов принимаем первого поставщика (завод №1), так как возможности его парка САТС позволяют перевезти 620 м^3 за минимально возможные сроки.

Определим порядок загрузки машин с целью наиболее полного использования их по вместимости.

Предлагается использовать следующую последовательность загрузки при каждой ходке – предпочтительнее в первую очередь начинать загрузку автомобилей большей вместимости:

1) 9-кубовые АБС в количестве 7 ед.;

2) 7-кубовые АБС в количестве 6 ед.;

3) 6-кубовый АБС в количестве 1 ед.

Определим количество перевезенной бетонной смеси за N_{x1} полных ходок:

$$Q_I = Q_{\text{парк}} \times N_{x1}, \text{ м}^3, \quad (26)$$

где $Q_{\text{парк}}$ – суммарный объем, который способен перевезти автопарк поставщика за 1 ходку.

Получим:

$$Q_I = 111 \times 5 = 555 \text{ м}^3.$$

Определим оставшийся объем бетонной смеси, также надлежащий перевозке:

$$Q_{II} = Q_{\text{общ}} - Q_I, \text{ м}^3. \quad (27)$$

Получим:

$$Q_{II} = 620 - 555 = 65 \text{ м}^3.$$

Для вывоза оставшегося объема $Q_{II} = 65 \text{ м}^3$ бетонной смеси за $N_{x(\text{ост})}^q$ ходок с использованием $A_{\text{ост}}^q$ автомобилей рационально в первую очередь использовать АБС большей вместимости, затем – меньшей. Исходя из этого воспользуемся следующим количеством машин:

1) 9-кубовые АБС в количестве $A_{\text{ост}}^9 = 7$ ед. → итого к перевозке 63 м^3 ; $N_{x(\text{ост})}^9 = 1$ ходка;

2) 6-кубовый АБС в количестве $A_{\text{ост}}^6 = 1$ ед. → итого к перевозке 2 м^3 ; $N_{x(\text{ост})}^6 = 1$ ходка.

Подсчитаем суммарное количество ходок для каждого АБС определенной вместимости:

$$N_x^q = (N'_{xj} \times A_{\text{общ}}^q) + (N_{x(\text{ост})}^q \times A_{\text{ост}}^q), \text{ ходок,} \quad (28)$$

где N'_{xj} – общее количество полных ходок всего парка АБС рассматриваемого завода, $N'_{xj} = N_{x1} = 5$;

$A^q_{\text{общ}}$ – совокупность АБС различных моделей с одинаковой вместимостью, ед.

Тогда:

– для 9-кубовых АБС: $N^9_x = (5 \times 7) + (1 \times 7) = 42$ ходки;

– для 7-кубовых АБС: $N^7_x = (5 \times (4 + 2)) = 30$ ходок;

– для 6-кубового АБС: $N^6_x = (5 \times 1) + (1 \times 1) = 6$ ходок.

Определим сменную производительность АБС различной вместимости с учетом 8-часовой смены работы:

$$\Pi^q_{\text{см}} = \frac{60 \times g \times T_{\text{см}j} \times k_r \times k_b}{t^q_{\text{ц}}}, \text{ т – км/ч,} \quad (29)$$

где 60 – конструктивная скорость движения, км/ч;

g – грузоподъемность АБС, т (1 м³ бетонной смеси = 2,3 т);

$T_{\text{см}j}$ – длительность рабочей смены на j -м заводе, ч;

k_r – коэффициент использования АБС по грузоподъемности, $k_r = 1$;

k_b – коэффициент использования АБС по времени, $k_b = 0,8$;

$t^q_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы АБС различной вместимости, ч.

Продолжительность цикла работы АБС найдем по формуле:

$$t^q_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{гп}} + t_{\text{хп}} + t_p + t_m, \text{ мин,} \quad (30)$$

где t_3 – продолжительность загрузки, мин;

$t_{\text{гп}}$ – продолжительность груженого пробега, мин;

$t_{\text{хп}}$ – продолжительность холостого (порожного) пробега, мин;

t_p – время разгрузки, мин; в среднем принимаем $t_p = 7$ мин;

t_m – продолжительность мойки колес, мин, $t_m = 3$ мин.

Скорость загрузки АБС на заводе составляет 1 м³/мин. Время загрузки t_3 зависит от объема смешительного барабана АБС:

– для загрузки 6 кубов потребуется 6 мин;

– для загрузки 7 кубов потребуется 7 мин;

– для загрузки 9 кубов потребуется 9 мин.

Тогда производительность и время цикла работы АБС различной кубатуры составит:

– для 6-кубового АБС:

$t^6_{\text{ц}} = 6 + 45 + 45 + 7 + 3 = 106$ мин = 1,76 ч;

$$\Pi^6_{\text{см}} = \frac{60 \times 13,8 \times 8 \times 1 \times 0,8}{1,76} = 3010,9 \text{ т-км/ч;}$$

– для 7-кубовых АБС:

$t^7_{\text{ц}} = 7 + 45 + 45 + 7 + 3 = 107$ мин = 1,78 ч;

$$\Pi^7_{\text{см}} = \frac{60 \times 16,1 \times 8 \times 1 \times 0,8}{1,78} = 3473,2 \text{ т-км/ч;}$$

– для 9-кубовых АБС:

$t^9_{\text{ц}} = 9 + 45 + 45 + 7 + 3 = 109$ мин = 1,81 ч;

$$\Pi^9_{\text{см}} = \frac{60 \times 20,7 \times 8 \times 1 \times 0,8}{1,81} = 4391,6 \text{ т-км/ч.}$$

Зная время цикла работы, определим машинное время работы автобетоносмесителей:

$$T^q_{\text{маш}} = N^q_x \times t^q_{\text{ц}}, \text{ машино-час.} \quad (31)$$

Тогда:

– для 6-кубовых АБС: $T^6_{\text{маш}} = 6 \times 1,76 = 10,56$ машино-час.;

– для 7-кубовых АБС: $T^7_{\text{маш}} = 30 \times 1,78 = 53,4$ машино-час.;

– для 9-кубовых АБС: $T^9_{\text{маш}} = 42 \times 1,81 = 76,02$ машино-час.

Определим суммарное машинное время работы парка:

$$T_{\text{маш}}^{\text{сумм}} = \sum T_{\text{маш}}^q, \text{ машино-час.} \quad (32)$$

Тогда:

$$T_{\text{маш}}^{\text{сумм}} = T_{\text{маш}}^6 + T_{\text{маш}}^7 + T_{\text{маш}}^9 = 10,56 + 53,4 + 76,02 = 139,98 \text{ машино-час.}$$

Определим время работы автотранспорта при перевозке бетонной смеси:

$$T_{\text{раб}} = \frac{T_{\text{маш}}^{\text{сумм}}}{A'_{\text{общ}}}, \text{ ч.} \quad (33)$$

$A'_{\text{общ}}$ – общее количество эксплуатируемых АБС рассматриваемого завода, ед., $A'_{\text{общ}} = 14$.

Тогда:

$$T_{\text{раб}} = \frac{139,98}{14} = 9,99 \text{ ч.}$$

Вариант 2.

Для сравнения по временным затратам рассмотрим иную последовательность загрузки автобетоносмесителей на заводе:

1) 6-кубовый АБС в количестве 1 ед.;

2) 7-кубовые АБС в количестве 6 ед.;

3) 9-кубовые АБС в количестве 7 ед.

По аналогии выполним всю последовательность расчетов для варианта 2.

Количество перевезенной бетонной смеси за 5 полных ходок составит:

$$Q_I = 111 \times 5 = 555 \text{ м}^3.$$

Оставшийся объем бетонной смеси составит:

$$Q_{II} = 620 - 555 = 65 \text{ м}^3.$$

Для вывоза оставшихся $Q_{II} = 65 \text{ м}^3$ бетонной смеси воспользуемся следующим количеством машин:

1) 6-кубовый АБС в количестве 1 ед. → итог к перевозке 6 м^3 ; $N_{x(\text{ост})}^6 = 1$ ходка;

2) 7-кубовые АБС в количестве 6 ед. → итог к перевозке 42 м^3 ; $N_{x(\text{ост})}^7 = 1$ ходка;

3) 9-кубовый АБС в количестве 2 ед. → итог к перевозке 17 м^3 ; $N_{x(\text{ост})}^9 = 1$ ходка.

Подсчитаем суммарное количество ходок N_x^q для каждого АБС определенной вместимости:

– для 6-кубового АБС: $N_x^6 = (5 \times 1) + (1 \times 1) = 6$ ходок;

– для 7-кубовых АБС: $N_x^7 = (5 \times (4 + 2)) + (1 \times 6) = 36$ ходок;

– для 9-кубовых АБС: $N_x^9 = (5 \times 7) + (1 \times 2) = 37$ ходок.

Определим машинное время работы автобетоносмесителей каждого вида:

– для 6-кубового АБС: $T_{\text{маш}}^6 = 6 \times 1,76 = 10,56$ машино-час.;

– для 7-кубовых АБС: $T_{\text{маш}}^7 = 36 \times 1,78 = 64,08$ машино-час.;

– для 9-кубовых АБС: $T_{\text{маш}}^9 = 37 \times 1,81 = 66,97$ машино-час.

Суммарное машинное время работы парка составит:

$$T_{\text{маш}}^{\text{сумм}} = 10,56 + 64,08 + 66,97 = 141,61 \text{ машино-час.}$$

Определим время работы автотранспорта при перевозке бетонной смеси:

$$T_{\text{раб}} = \frac{141,61}{14} = 10,115 \text{ ч.}$$

Исходя из вышеприведенных расчетов, оптимальным является вариант 1 как по срокам выполнения перевозок, так и по затратам на эксплуатацию машинного парка (экономия за счет отсутствия нерациональной работы 7-кубовых АБС при перевозке остаточного объема бетонной смеси; свободные машины можно использовать в полном объеме для перевозки на другие объекты).

Поскольку продолжительность бетонирования пролетного строения на Объекте составляет 12 ч, а доставка бетонной смеси в требуемом для этого объеме 620 м^3 при варианте 1 будет осуществляться в течение 9,99 ч, то можно сделать соответствующий вывод: за счет применения логистического подхода в организации доставки бетонной смеси удалось подобрать оптимальный вариант доставки с минимально возможными денежными затратами и затратами во времени, а также с эффективным использованием автотранспортных средств.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ:

– за счет применения экономико-математических моделей и принципов логистики исследованы потенциальные поставщики и отобраны наилучшие в соответствии с разработанной системой критериев и параметров;

– рассмотрены парки подвижного состава каждого из поставщиков, оценены их возможности и особенности в плане осуществления транспортной деятельности;

– выполнены соответствующие вычисления, позволяющие выбрать из нескольких оптимальный вариант использования подвижного состава при организации материально-технического обеспечения на строительный объект.

Важно отметить, что рассмотренные в данной работе задачи выбора поставщика и оптимального использования грузовых автотранспортных средств являются упрощенными, то есть без учета факторных переменных, способных внести корректировки в транспортно-технологические процессы, а также инфраструктурных, климатических, финансово-экономических и некоторых других ограничений. Все это является основанием для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Одинцова Н.П. Организация управления материально-технического обеспечения строительного предприятия / Н.П. Одинцова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – № 4. – 2012. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/57ergsu412.pdf>.

2. Аникин Б. А., Тяпухин А. П. Коммерческая логистика: учебник. – М.: Проспект, 2014. – 432 с.

3. Совершенствование оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах : монография / С. С. Войтенков, Е. Е. Витвицкий. – Омск: СибАДИ, 2013. – 174 с.

4. Быстров О.Ф., Тарасов Д.Э. Инновационные приложения индексного анализа // Экономика и управление в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и инновации: монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2017. – С. 143-161.

5. Быстров О.Ф., Тарасов Д.Э. Расчетно-аналитическая модификация эвристических моделей общего менеджмента // Проблемы экономики и управления в XXI веке: актуальные вопросы, тенденции, перспективы: монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2016. – С. 101-118.