

МОДЕЛЬ ГРАФИКА ПОСТАВКИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье предложена математическая модель оптимизации сводного графика поставки дорожно-строительных материалов при строительстве лесовозных автомобильных дорог. Она основана на прогнозе изменения стоимости материалов и услуг в строительный период, провозной способности транспортного звена и интенсивности потребления ресурсов.

Ключевые слова: лесовозная автомобильная дорога, дорожно-строительные материалы, поставка материалов, график поставки.

A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova, T.V. Skvortsova

DELIVERY SCHEDULE MODEL OF ROAD-CONSTRUCTION MATERIALS IN THE LOGGING ROAD CONSTRUCTION

The mathematical model for optimizing the road-construction material delivery schedule in the logging road construction is offered in the article. It is based on the forecast of the materials and services cost change in the construction period, on the transport level carrying capacity and on the resource consumption intensity.

Key words: logging automobile road, road-construction materials, supply of materials, delivery schedule.

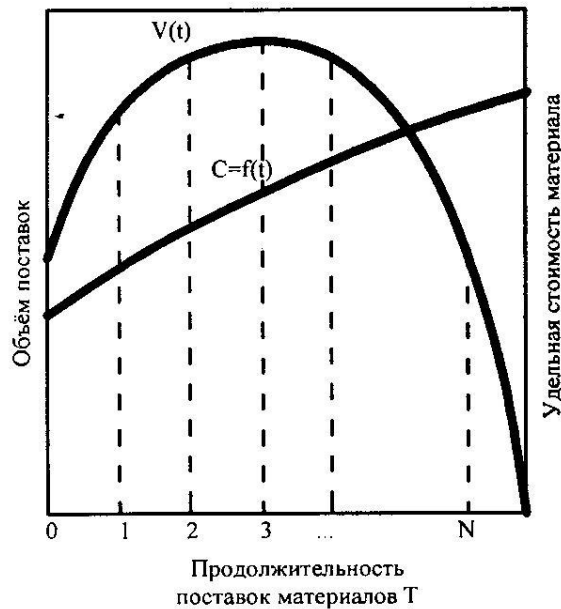
Отличительной особенностью практически всех дорожно-строительных работ является их протяженность во времени. Это предъявляет особые требования к эндогенным и экзогенным переменным математической модели, а также параметрам, величина которых переменна во времени.

Суммарные затраты в дорожно-строительные материалы, поступающие на строительный объект (дорогу), формируются в результате взаимодействия внешних и внутренних технико-экономических факторов [2].

К внешним факторам можно условно отнести стоимость строительных материалов, полуфабрикатов, энергоресурсов, эксплуатации автотранспорта и дорожно-строительных машин, которая носит вероятностный характер и имеет тенденцию роста в течение года. К внутренним факторам можно внести последовательность и интенсивность потребления производственных ресурсов, которая неустойчива во времени и претерпевает сезонные изменения вследствие комплексного воздействия природно-климатических условий района строительства, физико-механических свойств перерабатываемых материалов, организации и технологии строительства.

Вследствие этого можно сделать заключение, что модель сводного графика поставки строительных материалов и энергоресурсов на строительный объект должна быть динамической. С другой стороны, она не должна быть слишком сложной, так как это затруднит ее применение на практике и едва ли увеличит точность (учитывая вероятностный характер используемой информации). В качестве целевой функции при оптимизации графика поставки производственных ресурсов на строительный объект следует использовать суммарные затраты на закупку и поставку материалов. Допустим, что информационная матрица, полученная в результате расчета, должна быть составлена с учетом уже имеющегося опыта в соответствующей области. Если обнаруживается «нестыковка», то следует пересмотреть используемую информацию, приблизив ее к реальным условиям.

Определение параметров линейной целевой функции (удельная стоимость материалов с учетом транспортных расходов в различные временные периоды t) следует выполнять на основе прогноза стоимости строительных материалов и транспортных услуг на период строительства $C(t)$, что увеличит точность получаемых результатов.



Расчётная схема оптимизации сводного графика поставок ресурсов

Рассмотрим математическую модель формирования сводного графика поставки ресурсов на объект на основе графиков поставки всей номенклатуры используемых материалов (рис. 1). Обозначим $X_{i,j}$ – объем поставок i -го материала в j -й период времени, $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$; W_j – транспортные ограничения по периодам, определяемые провозной возможностью автотранспорта; $V_i (i = \overline{1, m})$ – плановые суммарные объемы поставок i -го материала; $a_{i,j}$ – ограничения на $X_{i,j}$ – связанные с конкретными условиями поставок i -го материала в j -й период времени, определяемые условием хранения материала на строительном объекте (дороге) или производственными потребностями технологических процессов. Провозная возможность автотранспорта одинаковой грузоподъемности q за период времени Δt_j определяется по формуле [1].

$$W_j = \left[\frac{\Delta t_j A_c q \gamma_c \beta_c V_\tau}{(L_\Gamma + t_{np} V_T \beta_e)(1 + L_c d_n)} \right], \quad (1)$$

- где A_c – число автомобилей, участвующих в транспортном процессе в период Δt_j ;
 γ_c – коэффициент использования грузоподъемности;
 β_c – коэффициент использования пробега;
 V_τ – техническая скорость автомобиля, км/ч;
 L_Γ – длина пути с грузом, км;
 t_{np} – время на маневрирование, погрузку и разгрузку автомобиля за один цикл, ч;
 L_c – среднесуточный пробег автомобиля, км;
 d_n – удельный простой автомобиля в ремонте, обслуживании по организационным причинам.

Опишем систему ограничений:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = V_i, i = \overline{1, m}$$

$$a'_{ij} \leq X_{ij} \leq a''_{ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n},$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq W_j, j = \overline{1, n}.$$
(2)

Условие $a'_{ij} \leq X_{ij} \leq a''_{ij}$ описывает достаточность поставляемого i -го материала в j -й период времени. Величина $a'_{i,j}$ определяется величиной страхового запаса между очередными поставками материала, $a''_{i,j}$ определяется интенсивностью потребления i -го материала $I_{i,j}$ за расчетный интервал времени Δt_j , рассчитывается по формуле

$$a''_{i,j} = a'_{i,j} + I_{i,j} \Delta t_j.$$
(3)

Так как интенсивность потребления ресурсов определяется производительностью ведущих машин, составом и коэффициентом их использования в составе дорожно-строительных отрядов, то ограничения $a'_{i,j}$ и $a''_{i,j}$ на $X_{i,j}$ переменны во времени [3].

Целевой функцией при поиске оптимального решения является минимум затрат в производственные ресурсы, поставляемых на строительный объект в различные моменты времени:

$$P = \alpha_{11}X_{11} + \alpha_{12}X_{12} + \dots + \alpha_{1n}X_{1n} + \alpha_{21}X_{22} + \dots + \alpha_{2n}X_{2n} + \dots +$$

$$+ \alpha_{m1}X_{m1} + \dots + \alpha_{mn}X_{mn} =$$

$$= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} X_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{1}{\beta''_{ij} - \beta'_{ij}} \int_{\beta'_{ij}}^{\beta''_{ij}} f_i^* t dt X_{ij} \right) \rightarrow \min, \right)$$
(4)

где $\beta'_{i,j}$ – пределы интегрирования в j -й период времени;

$f_i^*(t)$ – функция общей стоимости i -го материала с учётом затрат на его закупку, транспортировку и хранение.

Решение отыскивается симплекс-методом с помощью электронных таблиц MS Excell. В результате расчетов формируется двумерная матрица, состоящая из объемов поставки материалов $X_{i,j}$ за дискретный интервал времени Δt_j (табл. 1).

Таблица 1

Матрица решения задачи

	Материалы, поставляемые на строительный объект $X_{i,j}, 1 < i < m$							
Поставка материалов на объект с шагом $\Delta t_j, 1 < j < n$	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	...	$X_{1,m}$	$\sum X_{1,m}$	W_1	Провозная способность автотранспорта W_j
	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	...	$X_{2,m}$	$\sum X_{2,m}$	W_2	
	
	$X_{n,1}$	$X_{n,2}$	$X_{n,3}$	...	$X_{n,m}$	$\sum X_{n,m}$	W_j	
	$V_{n,1}$	$V_{n,2}$	$V_{n,3}$	...	$V_{n,m}$	$\sum Q$	$\sum W_j$	

Выполнение условия возможности перевозки всех материалов за весь период времени определяется выражением $\sum Q \leq \sum W_j$.

Адекватность математической модели проверяли экспериментально, использовались материалы строительной организации ООО «Крона-строй» (г. Курск) (табл. 2).

Таблица 2

Модель перевозки материалов строительной организацией ООО «Крона-строй»

	Материалы, поставляемые на строительный объект $X_{i,j}, 1 < i < m$				$\sum Q$	$\sum W_j$	
Поставка материалов на объект с шагом $\Delta t_j, 1 < j < n$	800	100	340	1500	2740	2950	Провозная способность автотранспорта W_j
	750	120	450	1500	2820	2950	
	600	110	310	1000	2020	2950	
	2150	330	110	4000	7580	8850	

При перевозке использовались транспортные средства: ЗИЛ – 450 усл.ед. объема перевозимого груза (провозная способность), МАЗ – 1000 усл. ед. объема перевозимого груза, КАМАЗ – 1500 усл. ед. перевозимого груза.

Вывод. Предложенная математическая модель оптимизации сводного графика поставки дорожно-строительных материалов позволяет создать предпосылки для оптимизации суммарных затрат на поставку строительных материалов и энергоносителей, основана на прогнозе изменения стоимости материалов и услуг в период проведения дорожно-строительных работ, провозной способности транспортного звена и интенсивности потребления ресурсов в период строительства лесовозных автомобильных дорог.

Литература

1. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. URL: www.science-education.ru/100-5155.
2. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8 (Часть 3). – С. 667–671.
3. Кондрашова Е.В., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 379–385.

