

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Инженеры ШНАЙДЕРХАЙНЦЕ Т., АБИЛОВА А. А.,
канд. техн. наук, доц. СЕДЮКЕВИЧ В. Н.*

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим оптимизацию на основе имитационного статистического моделирования параметров транспортно-логистических систем поставки комплектующих для международного параллельного производства автомобилей. В качестве критерия оптимальности принят максимум выручки от реализации готовой продукции за вычетом затрат, связанных с функционированием транспортно-логистической системы.

Предложенный подход, в отличие от классических методов оптимизации транспортно-логистических систем, учитывает имеющие место для рассматриваемого случая дискретность процесса доставки по размеру партии и размеру отправки комплектующих, а также смещенный характер распределения временных характеристик.

В развернутом виде предлагаемая целевая функция имеет вид:

$$\begin{aligned}
 Z = & \frac{M(D_b + D_k)}{1 + E_{dc} / 365 / 24 t_k} - \left(\frac{E_n}{365 \cdot 24} M C_{ck} t_{dc} + S_{пр} \frac{M}{m} t_{пр} + \right. \\
 & \left. + (a_{склад} + E_n C_{ck}) \left(m - 1 + M \frac{t_{ож}}{365 \cdot 24} \right) + \right. \\
 & \left. + n(a_{тран1} + a_{тран2} L_d) + a_{подг1} M + a_{подг2} \frac{M}{m} + \right. \\
 & \left. + a_{п-р1} n + a_{п-р2} M + a_{п-р3} \frac{M}{m} \right) \Rightarrow \max,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где D_b – цена реализации произведенного автомобиля базовой комплектации; D_k – дополни-

тельная цена реализации произведенного автомобиля k -го варианта комплектации; E_{dc} – годовая банковская ставка на капитал в долях; t_k – дополнительное время на реализацию автомобиля k -й комплектации, ч; E_n – годовой коэффициент эффективности оборотных средств в долях; M – годовая программа производства автомобилей; C_{ck} – цена машинокомплекта k -й комплектации; t_{dc} – средняя длительность периода доставки отправки машинокомплектов, ч; $S_{пр}$ – часовые потери от простоя производства автомобилей; m – число машинокомплектов в партии; $t_{пр}$ – среднее время простоя производства автомобилей из-за несвоевременной поставки машинокомплектов, ч; $a_{склад}$ – годовые затраты на хранение одного машинокомплекта; $t_{ож}$ – среднее время нахождения отправки машинокомплектов на складе до начала использования, ч; n – годовое число отправок машинокомплектов,

$$n = M / m (\text{int}(m / q) + \text{sign}(m / q - \text{int}(m / q)));$$

q – вместимость транспортного средства, перевозящего отправку, по числу машинокомплектов; $a_{тран1}$ – составляющая затрат на транспортирование, приходящаяся на одну отправку; $a_{тран2}$ – то же на 1 км транспортирования отправки комплектующих; L_d – расстояние транспортирования отправки комплектующих при данной транспортной схеме, км; $a_{подг1}$ – затраты на подготовку машинокомплекта к перевозке и использованию для производства автомобиля; $a_{подг2}$ – то же партии машинокомплектов к перевозке и использо-

ванию для производства автомобиля; $a_{п-р1}$ – затраты на погрузку-выгрузку и таможенное оформление, связанные с одной отправкой машинокомплектов; $a_{п-р2}$ – то же, приходящиеся на один машинокомплект; $a_{п-р3}$ – то же, связанные с одной партией машинокомплектов.

Приведенная целевая функция зависит от вида транспортной схемы и параметров транспортно-логистической системы и может определяться при известных исходных данных на основе имитационного статистического моделирования.

При выборе параметров транспортно-логистических систем принята стратегия максимума предложенной целевой функции с дополнительным условием поставки комплектующих «не позже, чем к требуемому моменту времени», т. е. чтобы срок $t_{дji}$ i -х доставок при j -й транспортной схеме не превышал плановый период доставки $t_{дпj}$ с заданной вероятностью.

Стратегия «точно ко времени» признана невозможной из-за высокой случайности процесса международной доставки с пересечением нескольких государственных границ.

Стратегия с постоянным резервом признана неподходящей из-за невозможности реализации в этом случае принципа многовариантности комплектации автомобилей под заказ. Именно исходя из этой особенности маркетинговой политики производителя автомобилей, при разработке транспортно-логистических систем доставки в первую очередь учитывается то, что машинокомплект должен поставляться под заказ к требуемому моменту с высокой вероятностью.

Для принятой стратегии интегрированные временные параметры для j -й транспортной схемы определяются по формулам:

$$t_{kj} = 1 / K_j \sum_{i=1}^{K_j} t_{реалji}; \quad (2)$$

$$t_{реалji} = \begin{cases} 1 / l_{oj} \sum_{l=1}^{l_{oj}} t_l, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} > 0; \\ 0, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} \leq 0; \end{cases} \quad (3)$$

$$t_l = \begin{cases} t_{дji} - t_{дпj} - (l-1)(8760/M - 8760/M_{пр}), & \\ \text{если } t_{дji} - t_{дпj} - (l-1)(8760/M - 8760/M_{пр}) > 0; \\ 0, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} - 8760/M - 8760/M_{пр} \leq 0; \end{cases} \quad (4)$$

$$t_{деj} = 1 / K_j \sum_{i=1}^{K_j} t_{дji}; \quad (5)$$

$$t_{пji} = 1 / K_j \sum_{i=1}^{K_j} t_{пji}; \quad (6)$$

$$t_{пji} = \begin{cases} t_{дji} - t_{дпj}, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} > 0; \\ 0, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} \leq 0; \end{cases} \quad (7)$$

$$t_{ожj} = 1 / K_j \sum_{i=1}^{K_j} t_{ожидji}; \quad (8)$$

$$t_{ожидji} = \begin{cases} t_{дji} - t_{дпj}, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} < 0; \\ 0, & \text{если } t_{дji} - t_{дпj} \geq 0, \end{cases} \quad (9)$$

где K_j – число моделируемых поставок для j -й транспортной схемы; $M_{пр}$ – годовая проектная (возможная) программа производства автомобилей; $t_{дji}$ – случайная общая длительность времени доставки комплектующих, ч; $t_{дпj}$ – плановый период доставки комплектующих, отправляемых одной партией, при j -й транспортной схеме, ч.

Поясняющая схема к определению интегрированных временных параметров приведена на рис. 1.

Управляемыми параметрами, влияющими на значение целевой функции исследуемой транспортно-логистической системы, являются значения M , $M_{пр}$, $t_{дп}$, t . Оптимизируемыми управляемыми параметрами для транспортно-логистической системы при заданных значениях M и $M_{пр}$ будут $t_{дп}$ и t . Принятая стратегия управления системой доставки требует выполнения дополнительного условия $t_d < t_{дп}$ с определенной вероятностью. Такую вероятность рекомендуется принимать равной $\gamma \geq 0,99$.

Для вычисления значений целевой функции разработан алгоритм имитационного статистического моделирования поставки комплектующих и оптимизации управляемых параметров $t_{дп}$ и t для различных транспортных схем, включающий:

- получение моделированием на основе параметров распределения элементов процесса доставки случайных значений общих сроков доставки $t_{дji}$;

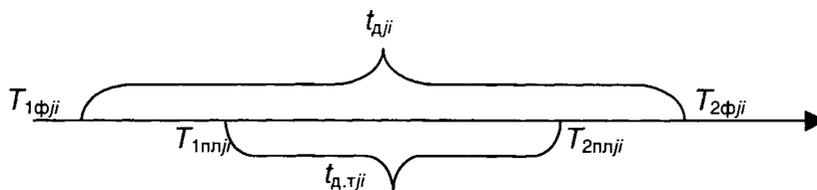


Рис. 1. Схема моментов и периодов поставки комплектующих: $T_{2плji} - T_{1плji} = t_{д.тji}$ – требуемый период доставки при i -м случае поставки; $T_{2плji} - T_{1фji} = t_{дji}$ – фактический период доставки; $t_{нji} = T_{2фji} - T_{2плji}$, если $T_{2фji} - T_{2плji} > 0$ при i -м случае поставки или $t_{нji} = t_{дji} - t_{д.тji} > 0$

- вероятностную оценку фактического обеспечения установленного срока доставки с требуемой точностью;
- вычисление интегрированных временных параметров доставки комплектующих;
- расчет значений целевой функции Z при известных величинах постоянных и управляемых параметров с учетом дискретности и случайности процесса доставки;
- оптимизацию управляемых параметров m и $t_{дп}$ с учетом дискретности m и непрерывности $t_{дп}$.

В силу возможности оценки параметров функционирования системы и целевой функции Z только на основе имитационного статистического моделирования поиск оптимального решения реализован численным методом путем целенаправленного просмотра зоны оптимума.

Для реализации разработанного алгоритма моделирования и оптимизации составлена компьютерная программа. Моделирование систем позволяет определить наиболее оптимальную транспортную схему и параметры транспортно-логистической системы поставок комплектующих.

В качестве примера приведена визуализация результатов расчетов на основе использования разработанной модели транспортно-логистической системы поставок комплектующих для исходных данных реального объекта (СП ЗАО «МАЗ–МАН») в случае комбинированной транспортной схемы (автомобиль–паром–автомобиль) при перевозке одним транспортным средством трех машинокомплектов (рис. 2).

Для визуализации производилась конвертация результатов моделирования в среду Microsoft Windows с последующим применением интегри-

рованной системы для комплексного статистического анализа данных Statistica V.5.0.

Визуализация показывает существование эквивалентной области, т. е. зоны, в которой значения целевой функции при различных величинах управляемых параметров сопоставимы по величине.

Зависимость $Z = f(m, t_{дп})$ позволяет прогнозировать уровень затрат и эффективность в логистической цепи обеспечения поставок комплектующих.

Моделирующая программа позволяет при оптимальных значениях m и $t_{дп}$ определить вероятность доставки комплектующих за плановый период $t_{дп}$. Для ранее указанного реального объекта такая вероятность при оптимальных значениях планового периода доставки $t_{дп}$ для прямой транспортной схемы (автомобильной) составила 0,994 и для комбинированной – 1,000.

Анализ эффективности работы реального объекта (СП ЗАО «МАЗ–МАН») показывает, что оптимальный размер партии поставки находится в пределах 7...12 машинокомплектов. Совпадение с результатами оптимизации для гомоморфной модели, по которой оптимум соответствует 9...12 машинокомплектам, указывает на адекватность предложенной математической модели реальной системе.

Программа позволяет определить оптимальные значения m , $t_{дп}$ при различных других исходных данных реальных систем международного параллельного производства автомобилей. Например, зависимость оптимального значения размера партии комплектующих m от проектной мощности производства $M_{пр}$ и доли его загрузки $M/M_{пр}$ представлена на рис. 3.

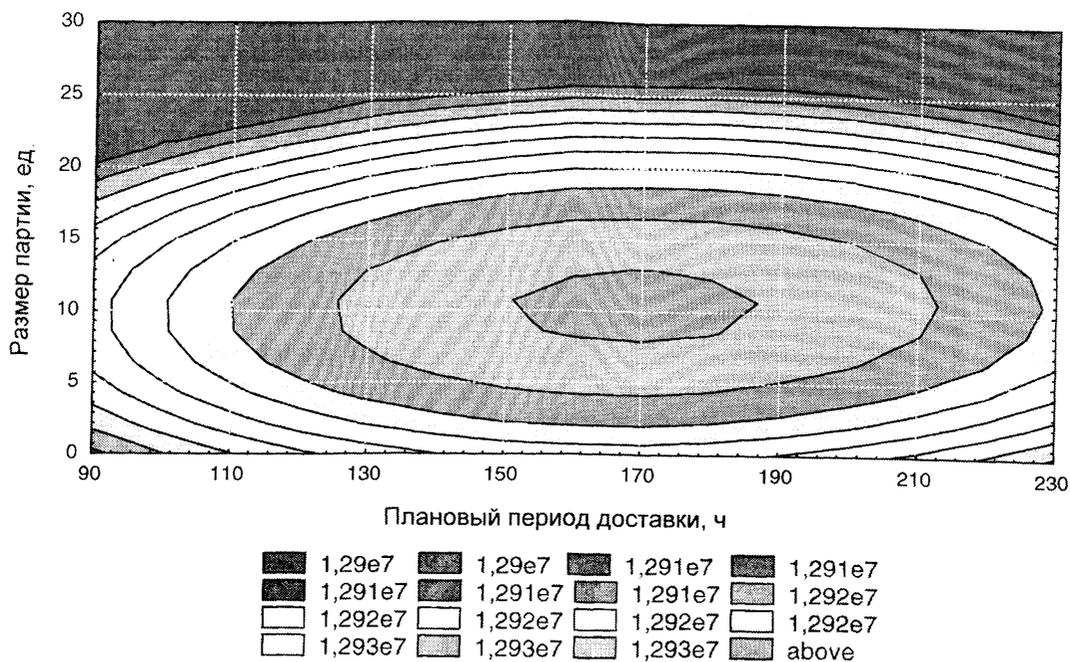
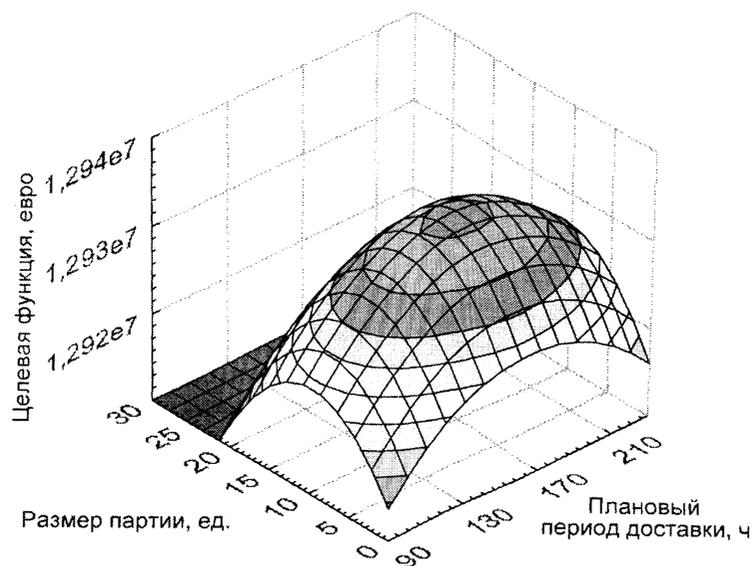


Рис. 2. Визуализация зоны оптимума для комбинированной схемы перевозок

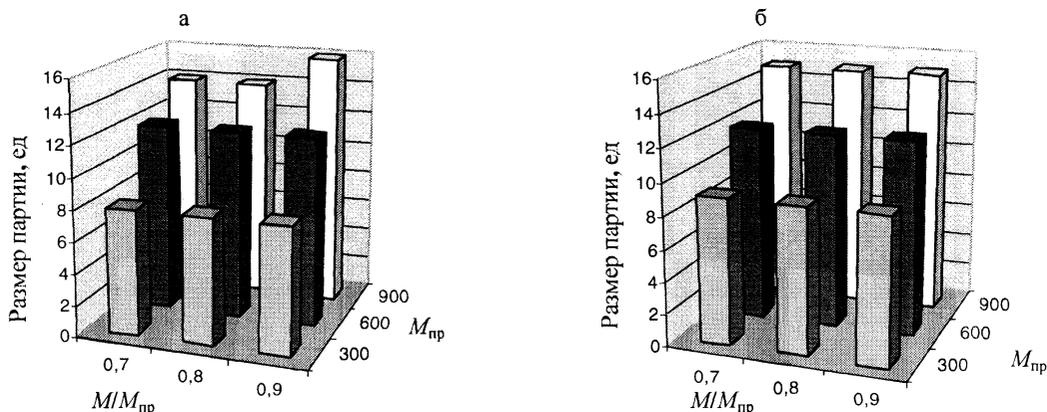


Рис. 3. Оптимальные размеры партии машинокомплектов в зависимости от проектной мощности производства и его загрузки: для а – $q = 2$; б – 3

В результате проведенных исследований работаны математическая модель и ее компьютерная реализация, позволяющая на основе имитационного статистического моделирования оп-

тимизировать параметры транспортно-логистических схем поставок комплектующих при международном параллельном производстве автомобилей.

УДК 656.025.2

ПРОБЛЕМА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Докт. экон. наук, доц. АВРАМОВ П. М.

Высшее техническое училище «Тодор Каблешков» (София, Болгария)

По своей сути параллельные пассажирские перевозки являются нерациональным видом перевозок (в общем смысле это обозначает, что для удовлетворения одной и той же по объему потребности производится в два раза больше транспортных работ). Необходимо всячески уменьшать их долю в общем объеме работ, осуществляемых транспортной системой страны.

Большую роль играет наличие точных параметров и критериев, по которым можно объективно оценить статус каждого отдельного вида перевозок и на этом основании принять соответствующие меры для уменьшения количества тех из них, которые являются нерациональными.

Следовательно, можно выделить два момента: первый связан с установлением факта возникновения или существования нерациональных перевозок, а второй – с принятием соответствующих решений для их прекращения или ограничения.

Для обнаружения параллельных пассажирских перевозок необходимо заранее знать их экономические характеристики. Исходя из этого определяется статус такого вида перевозок, а также причины их возникновения. Необходимость в принятии таких мер существует прежде всего в странах*, в которых развиваются рыночные отношения. В государствах с рыночной

* Оценка значимости и влияния данной транспортной проблемы на экономику делается на основе анализа существующей в Болгарии. Автор считает, что она характерна для всех стран, которые меняют модель централизованного управления экономикой.