

**ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СХЕМЫ**

Разработана математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации транспортных схем с одним поставщиком и сетью потребителей. Данная модель обеспечивает минимальную транспортную массу, что гарантирует минимальный расход топлива.

**Ключевые слова:** транспортная схема, критерий оптимальности, задача коммивояжера, математическая модель, алгоритм решения.

**Yu.M. Eldeshtein, Z.E. Shapороva**

**THE TASK OF THE TRANSPORT SCHEME OPTIMIZATION**

The mathematical model and algorithm for solving the task of the transport scheme optimization with one supplier and the network of consumers is developed. This model provides the minimum transport mass, ensuring minimum fuel consumption.

**Key words:** transport scheme, optimality criterion, traveling salesman task, mathematical model, algorithm of solution.

Одной из основных проблем, решаемых транспортной логистикой, является оптимизация маршрутов движения транспортных средств. Многие потребители заказывают со складов партии «меньше чем вагон», «меньше чем трейлер», что значительно увеличивает издержки, связанные с доставкой таких грузов. Для сокращения транспортных расходов склад может организовать унитизацию небольших партий грузов для нескольких клиентов до максимальной загрузки транспортных средств [1].

На рис. 1 в виде направленных графов приведены два примера различных маршрутов обслуживания трех потребителей с одного склада. Здесь рядом с квадратами, изображающими потребителей, указаны их потребности в тоннах, на ребрах графов – соответствующие расстояния.

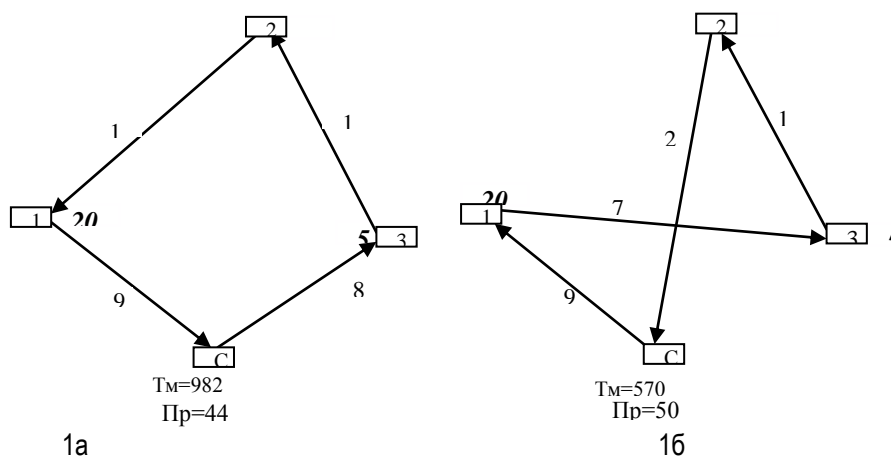


Рис. 1. Два варианта прокладки маршрута от склада до трех потребителей

Маршрут от склада до нескольких потребителей с возвратом на склад называется кольцевым маршрутом, если он исключает возможность пересекающихся направлений движения (рис. 1, а).

Кольцевой маршрут действительно обеспечивает минимальный пробег автомобиля Пр (в данном примере  $Pr=9+13+14+8=44$  км), однако он не учитывает изменение его загруженности по мере объезда потребителей, а следовательно, и общего расхода топлива на маршруте. Естественно, что чем быстрее осуществляется разгрузка автомобиля, тем меньше будет расход топлива на его дальнейшем пути. В данном случае при собственной массе автомобиля, равной 5 т, его товарная масса при кольцевом маршруте составит  $Tm=8*(5+1+20+5)+14*(1+20+5)+13*(20+5)+9*5=982$  т\*км.

Для оптимизации транспортных маршрутов обычно решается «задача коммивояжера» [2], в которой исходными данными являются координаты источника (склада) и потребителей, т.е. расстояния от склада до

каждого из потребителей и соответствующие расстояния между последними. На рис. 1, б приведена схема маршрута, найденная методом “коммивояжера” [2].

Для вышеприведенных исходных данных эта задача решена нами не по расстояниям, как это рекомендуется в литературе, а по транспортным массам. Это решение показало, что минимальная векторная транспортная масса обеспечивается маршрутом, изображенном на рис. 1, б ( $T_m = 9 \cdot (20 + 5 + 2 + 5) + 7 \cdot (5 + 2 + 5) + 14 \cdot (2 + 5) + 20 \cdot 5 = 570$  т\*км.) Это на 42 % меньше, чем при кольцевом маршруте.

Для построения математической модели задачи оптимизации перевозок введем обозначения:

$P_i$  – потребности  $i$ -го потребителя, т;

$i = 1, \dots, n$  – номер потребителя;

$n$  – число потребителей;

$j$  – номер кольцевого маршрута;

$m$  – число маршрутов;

$G_{ам}$  – грузоподъемность автомобиля, т;

$V_j$  – средняя скорость автомобиля на  $j$ -м маршруте, км/ч;

$R_j$  – средний расход топлива на  $j$ -м маршруте, л/км.

Тогда математическая модель будет иметь вид:

- загрузка автомобиля (т) не должна превышать его грузоподъемности:

$$\sum_{i=1}^k P_{ij} \leq G_{ам} \quad (j=1, \dots, m); \quad (1)$$

- загрузка автомобиля (т) на каждом маршруте должна быть максимальной:

$$F_1 = \sum_{i=1}^k P_{ij} \rightarrow Max \quad (j=1, \dots, m); \quad (2)$$

- транспортная масса (т\*км) должна быть минимальной:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} P_{ij} \rightarrow Min \quad (3)$$

Это ограничение на первый взгляд противоречит предыдущему, однако оно выполняется при условии

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} \rightarrow Min \quad (4)$$

расход топлива (л\*ч) за весь производственный цикл должен быть минимален:

$$F_3 = \sum_{j=1}^m R_j \rightarrow Min. \quad (5)$$

Расход топлива зависит от марки автомобиля, его загруженности и его средней скорости. Чем выше скорость автомобиля в городских условиях, тем меньше расход топлива. Поэтому после разбиения зоны обслуживания на сектора, одним из приоритетов должно выступать требование максимальной скорости. Это позволит, кроме экономии топлива, уменьшить среднее время ожидания в очереди, а следовательно, определенные преимущества в конкурентной борьбе.

Загруженность автомобиля меняется по мере его движения по маршруту, а следовательно, по мере разгрузки, поэтому целесообразно двигаться сначала к потребителям с наибольшей величиной запросов, с тем, чтобы максимально разгрузить автомобиль, что обеспечит минимизацию расхода топлива на данном рейсе.

На рис. 2 приведен алгоритм решения задачи оптимизации транспортных схем, основанный на использовании улучшенного алгоритма Свира [1, 3] и вышеприведенной математической модели.

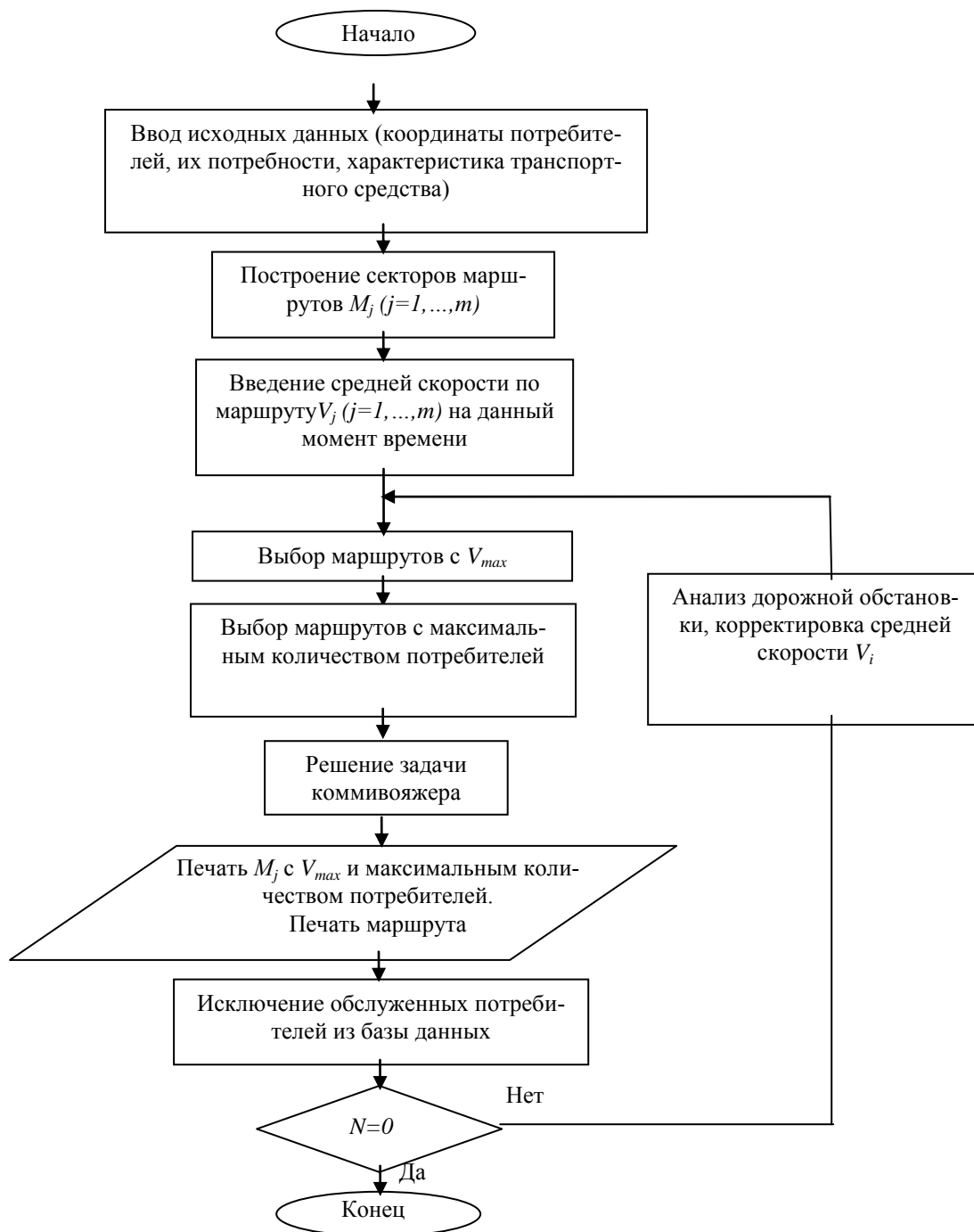


Рис. 2. Алгоритм оптимизации маршрутов перевозок от одного склада

Здесь блок «Построение секторов маршрутов  $M_j (j=1, \dots, m)$ » выполняется по разработанному нами ранее алгоритму [3]. Блок «Выбор маршрутов с максимальным количеством потребителей» обеспечивает уменьшение среднего времени ожидания в очереди на поставки.

Дорожная обстановка существенно меняется в зависимости от сезона и в течение суток (часы пик, аварии на дорогах и пр.), поэтому в алгоритм введен блок «Корректировка средней скорости  $V_i$ ».

Печать конкретных маршрутов движения транспортных средств обеспечивает водителю конкретной программой их действий. Этот алгоритм был реализован в соответствующих программах, прошедших государственную регистрацию [4, 5].

## Литература

1. Неруш Ю.М. Логистика: учеб. для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 495 с.
2. Ельдештейн Ю.М. Логистика с иллюстрациями: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – 272 с.
3. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Алгоритм составления кольцевых маршрутов. Критика алгоритма Свира // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2013. – Ч. 1. – С. 139–143.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611461. «Оптимизация составления плана перевозок» / Ю.М. Ельдештейн, М.С. Зырянов, Д.О. Бражко; заявитель и патенто-обладатель СибГТУ. – Заявка №2013661281; заявл. 05.12.2013; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 03.02.2014.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611897 «Оптимизация составления кольцевых маршрутов на базе улучшенного алгоритма Свира» / Ю.М. Ельдештейн, А.В. Мартынов. – Заявка №2013662391; заявл. 27.12.2013; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13.02.2014.



УДК 630.370

В.Ф. Полетаikin, С.Ю. Гуськов

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАБОТЫ ПЕРЕКИДНОГО ЛЕСОПОГРУЗЧИКА  
С УЧЕТОМ НАКЛОНА КОРПУСА ПРИ НАБОРЕ ГРУЗА**

*В статье разработаны математические модели, позволяющие определять и исследовать нагруженность технологического оборудования лесопогрузчика с учетом влияния конструктивных и эксплуатационных факторов (угловая скорость вращения стрелы, масса груза, угол наклона лесопогрузчика в продольно-вертикальной плоскости).*

**Ключевые слова:** лесопогрузчики гусеничные, лесопромышленные тракторы, технологическое оборудование, динамические нагрузки, математическая модель.

V.F. Poletaikin, S.Yu. Guskov

**MATHEMATICAL MODELS OF THE CHANGEOVER LOGGER WORK TAKING  
INTO ACCOUNT THE BODY INCLINATION IN THE FREIGHT GAIN**

*The mathematical models allowing to define and research the loading of the logger technological equipment taking into account the influence of the constructional and operational factors (angular speed of the lift arm rotation, mass of freight, the logger tilt angle in the longitudinal-vertical plane) are developed in the article.*

**Key words:** caterpillar loggers, timber industry tractors, technological equipment, dynamic loadings, mathematical model.

**Введение.** При наборе груза и перемещении его в транспортное положение в связи с недостаточной продольной устойчивостью лесопогрузчик наклоняется вперед до соприкосновения специальных упоров, установленных на корпусе машины, с опорной поверхностью. Угол наклона корпуса базовых машин ТТ–4М и ТЛТ–100 при этом составляет соответственно 9° и 11°. При этом задние балансирные каретки полностью отрываются от опорной поверхности. В таком положении происходит подъем груза до того момента, когда опрокидывающий момент от груза будет равен удерживающему моменту лесопогрузчика.

При дальнейшем подъеме происходит одновременное перемещение груза вокруг оси вращения стрелы и вращение лесопогрузчика с грузом относительно оси передней балансирной каретки до тех пор, пока задние балансирные каретки лесопогрузчика не встанут на грунт. В момент соударения задней части гусениц с опорной поверхностью лесопогрузчик резко перестает вращаться относительно оси переднего балансира, а груз продолжает вращение относительно оси поворота стрелы.