

© Евдокимов В.Г., Щитов С.В., Кривуца З.Ф.  
Evdokimov V., Shitov S., Krivytsa Z.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ DEFINITION OF OPTIMUM AREAS OF USE OF CARS OF VARIOUS TYPES OF THE SIZES

**Аннотация.** В статье предложена методика определения оптимальной структуры автомобильного парка. Область применения автомобилей оценивается по критерию наименьших энергозатрат при перевозке грузов в рассматриваемом интервале расстояний.

**Annotation.** In article the technique of definition of optimum structure of fleet of vehicles is offered. The scope of cars is estimated by criterion of the smallest expenses of energy in transit cargoes in a considered interval of distances.

**Ключевые слова.** Автомобиль, критерий оптимизации, затраты энергии, структура парка, расстояние.

**Key words.** Car, criterion of optimization, energy expense, park structure, distance.

При определении оптимальной или близкой к ней структуры парка машин необходимо учитывать функциональное назначение и тип машин, характера выполнения ими транспортно-производственных процессов, а также условий их эксплуатации. Определение оптимальной структуры автомобильного парка, взаимодействующих с другими разнородными машинами и используемых в среде с меняющимися условиями эксплуатации, представляется весьма сложной задачей в силу чрезвычайно большого числа воздействующих факторов [1]. При решении этого вопроса необходимо принять во внимание принципиальную возможность выполнения различными типами машин одного и того же вида работ и возможности достаточно точного определения или прогнозирования факторов, входящих в математическую модель задачи.

В связи с чрезвычайно большим объемом этой задачи и ее комбинаторным, главное нелинейным характером, наиболее объективным критерием оптимальности, независимым от конъюнктуры рынка и позволяющим достоверно определить затраты транспортных перевозок, по нашему мнению, являются полные энергозатраты.

Задача оптимизации заключается в том, чтобы найти такое транспортно – технологическое обеспечение, которое позволило бы выполнить работу с наименьшими энергозатратами. Решение вышеуказанной задачи позволит найти оптимальную структуру транспортного парка.

### Метод исследования

Аналитическое описание вышеуказанной задачи определяется следующей целевой функцией:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{nij} = \sum_{i=1}^n E_{npij} + \sum_{i=1}^n E_{jcij} + \sum_{i=1}^n E_{эij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $E_{nij}$  – полные энергозатраты  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, МДж/т;

$E_{npij}$  – прямые затраты энергии  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, МДж/т;

$E_{jcij}$  – энергозатраты живого труда  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, МДж/т;

$E_{эij}$  – энергоемкость  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, МДж/т.

Прямые энергозатраты равны [2]

$$E_{npij} = H_{mij} \cdot (a_m + f_m), \quad (2)$$

Евдокимов Вячеслав Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, ДВВКУ, тел. 8(914)607-66-08;

Щитов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор, проректор, ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»;

Кривуца Зоя Федоровна – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой, ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет».

Evdokimov Vyacheslav – doctor of technical science, professor, FHMCS, tel. 8(914)607-66-08;

Shitov Sergey – doctor of technical science, professor, the prorector, Far-Eastern state agrarian university;

Krivytsa Zoia – k.f. - m.n, docent, cbairman of department, Far-Eastern state agrarian university.

где  $H_{mij}$  – расход топлива  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, кг/га;

$a_m$  – теплосодержание топлива, МДж/кг;

$f_m$  – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг.

Затраты живого труда определяются из выражения [2]

$$E_{эij} = \frac{n_{vij} \cdot a_{эj}}{W_{cmij}}, \quad (3)$$

где  $n_{vij}$  – число водителей  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, чел;

$a_{эj}$  – энергетический эквивалент живого труда, МДж/ч;

$W_{cmij}$  – производительность  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, т/ч.

Удельная энергоёмкость в общем случае равна

$$E_{эij} = \frac{M_{mij} \cdot C_{mpij} \cdot (K_{mij} + K_{mkij} + K_{mpij})}{100 \cdot T_{imij} W_{cmij}}, \quad (4)$$

где  $M_{mij}$  – масса  $i$ -го энергетического средства в  $j$ -й операции, т;

$C_{mpij}$  – энергетический эквивалент  $i$ -го энергетического средства, МДж;

$K_{mij}, K_{mkij}, K_{mpij}$  – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, %;

$T_{imij}$  – годовая загрузка  $i$ -го транспортного средства в  $j$ -й операции, ч.

Из анализа зависимостей (2)–(4) видно, что они не отражают влияние эксплуатационных показателей транспортного средства на их величину, поэтому представляет определенный интерес выявить данное влияние. Преобразуем формулу (2) следующим образом:

$$E_n = \frac{G \cdot (a_m + f_m)}{Q \cdot V \cdot L}, \quad (5)$$

где  $G$  – часовой расход топлива, кг/ч;

$Q$  – масса перевозимого груза, т;

$V$  – среднетехническая скорость движения, км/ч;

$L$  – дальность ездки, км.

Из выражения (5) видно, что прямые энергозатраты являются функцией грузоподъемности, скорости движения и дальности ездки

$$E_n = f(Q, V, L). \quad (6)$$

На величину затрат живого труда наибольшее влияние оказывает производительность. Величина производительности за один час определяется общеизвестной зависимостью [2]

$$W = Q \cdot V \cdot L. \quad (7)$$

Таким образом, величина затрат живого труда яв-

ляется также функцией грузоподъемности, скорости движения и дальности ездки

$$E_{эс} = f(W) = f(Q, V, L). \quad (8)$$

Энергозатраты средств механизации, как видно из уравнения (4), зависят от массы энергетического средства, годовой загрузки транспортного средства и эксплуатационной производительности транспортного агрегата

$$E_s = f(M_{mn}, T_{nm}, W_{cm}), \quad (9)$$

где  $M_{mn}$  – масса транспортного средства, т;

$T_{nm}$  – годовая загрузка транспортного средства, ч.

С учетом вышеизложенного полные энергозатраты являются функцией производительности, грузоподъемности, скорости движения, дальности ездки и годовой загрузки

$$E_n = f(Q, V, L, \Pi, T_{nm}). \quad (10)$$

Оценим полные энергозатраты при транспортировке грузов на примере работы автомобилей ГАЗ-53-06, ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б и КамАЗ-65115. Исходные данные для расчета следующие:  $L=60$  км;  $\beta=1$ ;  $V=60$  км/ч. Согласно методике [1], прямые энергозатраты для автомобиля определяются

$$E_{np} = \frac{\alpha_a \cdot H_a \cdot L \cdot \gamma}{50 \cdot Q \cdot \beta}, \quad (11)$$

где  $\alpha_a$  – энергетический эквивалент топлива, МДж/кг;

$H_a$  – линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л;

$L$  – длина ездки, км;

$\gamma$  – плотность топлива, кг/л;

$Q$  – масса перевозимого груза, т;

$\beta$  – коэффициент использования пробега.

Затраты живого труда определим по формулу (3), энергоёмкость транспортных средств оценим по формуле (4). Суммарные энергозатраты при транспортировке составили для автомобиля

ГАЗ-53-06

$$E_n = 67,39 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,37 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,63 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 68,391 \frac{\text{МДж}}{\text{т}};$$

ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б

$$E_n = 40,824 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,162 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,725 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 41,711 \frac{\text{МДж}}{\text{т}};$$

КамАЗ-65115

$$E_n = 29,49 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,081 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} + 0,0376 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 29,609 \frac{\text{МДж}}{\text{т}}.$$

Таким образом, при дифференцированной оценке транспортировки грузов наибольшее значение имеют прямые энергозатраты. Поэтому при проектировании оптимальной структуры транспортного парка необходимо использовать технологии, направленные, прежде все-

го, на уменьшение прямых энергозатрат.

Одним из основных этапов проектирования оптимальной структуры автомобильного парка является определение областей применения автомобилей различных типоразмеров на каждом виде перевозок.

Анализ формулы (11) показывает, что на величину прямых энергозатрат значительное влияние оказывает длина ездки и коэффициент использования пробега.

Представим уравнение (11) в виде функции  $E_{пр} = f(L)$ , тогда его можно отнести к виду  $y = ax + b$ . Коэффициенты  $a$  и  $b$  зависят от величины технико-эксплуатационных и экономических показателей автомобилей. В общем случае линии, выражающие зависимость  $E_{пр} = f(L)$  для включенных в расчет автомобилей различных типоразмеров, позволяют определить оптимальную область применения в рассматриваемом интервале расстояний.

Определим область применения автомобилей ГАЗ-53-06, ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б и КамАЗ-65115 при транспортировке грузов на расстояние до 200 км по критерию наименьших энергозатрат.

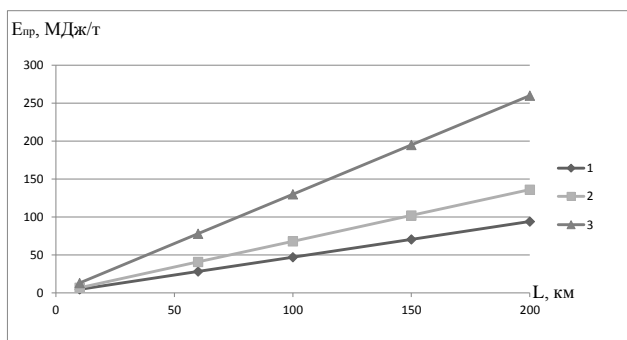


Рис.1. Зависимость прямых энергозатрат от дальности ездки при  $\beta=1$ :

1 – КамАЗ-65115; 2 – ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б; 3 – ГАЗ-53-06

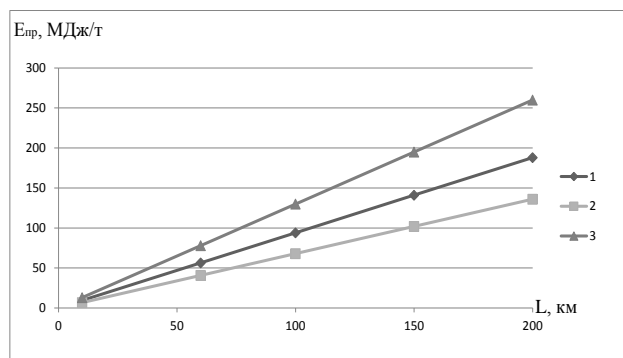


Рис.2. Зависимость прямых энергозатрат от дальности ездки:

1 – КамАЗ-65115 при  $\beta=0,5$ ; 2 – ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б при  $\beta=1$ ; 3 – ГАЗ-53-06 при  $\beta=1$

### Выводы

Проектирование структуры автомобильного парка на основе предложенного критерия оптимизации делает технико-экономическую задачу менее трудоемкой. Анализ рис. 1 показал, что для КамАЗ-65115 при  $\beta=1$  областью применения является весь рассматриваемый интервал расстояний перевозок. В случае, если автомобили КамАЗ-65115 работают на группе маршрутов, которые являются маятниковыми с обратным негруженным пробегом ( $\beta=0,5$ ) тогда энергозатраты на перевозку тонны продукции автомобилем КамАЗ-65115 превышают по сравнению с энергозатратами на перевозку автомобилем ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б при  $\beta=1$ , но меньше чем для автомобиля ГАЗ-53-06 при  $\beta=1$  (рис.2). Поэтому при рассматриваемом виде движения автомобилей выбранный интервал расстояний перевозок является областью применения для ЗИЛ-ММЗ-164АН с полуприцепом ММЗ-584Б. Выявленные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Использование их при планировании дает возможность получить строго обоснованный план работы транспортных средств, что позволит наиболее точно определить пути снижения энергетических затрат.

### Литература

1. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Том 3 / Под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М: Машиностроение, 2003. – 787с.
2. Никифоров А.Н., Токарев В.А., Борзенков В.А. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве // Под общ. Ред. А.Н. Никифоров. – М: ВИМ, 1995. – 96 с.

Материал поступил в редакцию 09. 11. 2012 г.