

## МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 656.027.4

**Ц. Т. Батуев, А. С. Пехутов**

ФГБОУ ВПО «Бурятская ГСХА им. В. Р. Филиппова», Улан-Удэ

E-mail: pekhutov@mail.ru

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗОК

**Ключевые слова:** аналитический метод, эффективность, автомобиль, прицеп, приспособленность, фактор, дальность перевозок.

*Рассматривается аналитический метод выбора наиболее эффективных автомобилей для определенных видов перевозок в сельском хозяйстве. Приведены параметры приспособленности, с помощью которых производится сравнительная оценка автомобилей по их эффективности. Разработана формула для определения пределов использования транспортных средств по фактору дальности.*

**Ts. Batuev, A. Pekhutov**

FSBEI HPT «Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov», Ulan-Ude

### CHOICE OF OPTIMUM VEHICLES FOR AGRICULTURAL TRANSPORTATIONS

**Key words:** analytical method, efficiency, the car, the trailer, fitness, the factor, range of transportations.

*The analytical method of a choice of the most effective cars for certain kinds of transportations in agriculture is considered. Parametres of fitness with which help are resulted the comparative estimation of cars by their efficiency is made. The formula is developed for definition of limits of use of vehicles under the range factor.*

**Введение.** Для сравнения автомобилей по их эффективности на одном виде перевозок существует графоаналитический метод [1, 4], который является довольно трудоемким. Весь процесс состоит из предварительных расчетов, построения по их результатам графиков и на их основе определения наиболее эффективного автомобиля с пределами их использова-

ния по дальности перевозок. Этот метод был усовершенствован авторами [2, 3], однако суть его практически не изменилась, поскольку не исключала построение графиков. В работе [5] предложенный метод освобожден от построения графиков. Выбор наиболее эффективных автомобилей и пределы их использования производится аналитически – математичес-

кими расчетами. Основывается метод на учете свойства приспособленности транспортных средств по фактору дальности перевозок. Однако для проверки и наглядности не исключается возможность построения графиков.

#### Объект и методика исследования.

Существует множество способов, позволяющих оценить эффективность транспортных средств при их выборе для определенных сельскохозяйственных перевозок. Однако всесторонне оценить приспособленность транспортных средств по фактору дальности перевозок можно с помощью удельных приведенных затрат на единицу транспортной продукции:

$$\Pi_{\tau} = \frac{\Pi}{W}, \frac{\text{руб.}}{\text{ед. тр. прод.}} \quad (1)$$

Эту формулу можно представить в следующем виде:

$$\Pi_{\tau} = \frac{C_{\text{км}}L + C_{\text{ткм}}W_{\text{ткм}} + C_{\text{ч}}T_{\text{г}} + C_{\text{е}}Z_{\text{г}} + C_{\text{в}} + K_{\text{а}}E_{\text{н}}}{W_{\text{т}}}, \frac{\text{руб.}}{\text{м}} \quad (2)$$

где  $\Pi_{\tau}$  – удельные приведенные затра-

$$\Pi_{\tau} = \frac{1}{q\gamma} \left\{ \left[ C_{\text{ч}} + \frac{100 K_{\text{а}} (C_{\text{в}} + E_{\text{н}})}{T_{\text{г}}} \right] t_{\text{пр}} + C_{\text{е}} \right\} + \left\{ \frac{1}{q\gamma\beta} \left[ C_{\text{км}} + \frac{C_{\text{ч}}}{V_{\text{т}}} + \frac{100 K_{\text{а}} (C_{\text{в}} + E_{\text{н}})}{V_{\text{т}} T_{\text{г}}} \right] + C_{\text{ткм}} \right\} I_{\text{г}}, \text{ коп./т} \quad (3)$$

Как видно из полученной формулы (3), одна часть приведенных затрат зависит от пробега, другая не зависит. Если проанализировать часть затрат, не зависящих от пробега, то можно заметить, что это затраты, возникающие при неподвижном положении автомобиля, т.е. когда производятся погрузо-разгрузочные операции. В этой части затрат не хватает расходов непосредственно на производство погрузки-разгрузки. Поскольку эти расходы отражают приспособленность транспортных средств к погрузке-разгрузке, то без них рассматриваемая модель будет неполной. Их целесообразно объединить с расходной ставкой на 1 поездку ( $C_{\text{е}}$ ):

для бортовых автомобилей

$$C'_{\text{пр}} = C_{\text{пр}} = r_{\text{пр}} q\gamma, \text{ коп./езд} \quad (4)$$

для самосвалов

$$C'_{\text{пр}} = C_{\text{е}} + C'_{\text{пр}}/2 = C_{\text{е}} + r_{\text{пр}} q\gamma/2, \text{ коп./езд.} \quad (5)$$

где  $C'_{\text{пр}}$  – затраты непосредственно на погрузо-разгрузочные операции, приходящиеся на 1 поездку, коп./ездка;

ты на единицу объема перевозок, руб./т;

$C_{\text{км}}$ ,  $C_{\text{ткм}}$ ,  $C_{\text{ч}}$ ,  $C_{\text{е}}$  – группы затрат или расходные ставки соответственно на 1 км пробега, на 1 ткм транспортной работы, за 1 час работы, за 1 ездку, коп./км; коп./ткм; коп./ч; коп./ездка;

$L$  – годовой пробег, км;

$W_{\text{ткм}}$  – годовой грузооборот, ткм;

$W_{\text{т}}$  – годовой объем перевозок, т;

$T_{\text{г}}$  – годовая загрузка в часах;

$Z_{\text{г}}$  – годовое число ездок, ед.;

$C_{\text{в}}$  – амортизационные отчисления на реновацию автомобилей грузоподъемностью до 2 тонн, в % от балансовой цены;

$K_{\text{а}}$  – капитальные вложения на подвижной состав, руб.;

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности.

Раскрывая значения технико-эксплуатационных показателей с помощью известных функциональных зависимостей, подставим их в формулу (2). Сделав преобразования, получим следующее выражение:

$r_{\text{пр}}$  – затраты непосредственно на погрузо-разгрузочные операции, приходящиеся на 1 тонно-ездку, коп./т ездка.

Обозначим  $C_{\text{к}} = 100K_{\text{а}}(C_{\text{в}} + E_{\text{н}})$ , коп. (6)

Используя выражения (4), (5), (6) в (3), получим:

$$\Pi_{\tau} = \frac{1}{q\gamma} \left[ \left( C_{\text{ч}} + \frac{C_{\text{к}}}{T_{\text{г}}} \right) t_{\text{пр}} + C'_{\text{пр}} \right] + \left[ \frac{1}{q\gamma\beta} \left( C_{\text{км}} + \frac{C_{\text{ч}}}{V_{\text{т}}} + \frac{C_{\text{к}}}{V_{\text{т}} T_{\text{г}}} \right) + C_{\text{ткм}} \right] I_{\text{г}}, \text{ коп./т} \quad (7)$$

Полученное выражение (7) можно использовать в качестве модели для интегральной оценки автомобилей по свойству их приспособленности к условиям эксплуатации. Эта модель характеризует взаимодействие автомобиля с условиями эксплуатации. В нее включены все технико-эксплуатационные и экономические показатели автомобилей, а также основные факторы условий эксплуатации, оказыва-

ющие наибольшее влияние на выходные показатели подвижного состава.

Если в формуле (7) оставить переменный параметр  $l_r$ , а остальные временно фиксировать, то она будет представлять линейную модель типа (8) с параметрами приспособленности  $A$  и  $B$ :

$$P_r = A + B l_r, \text{ коп./т.} \quad (8)$$

$$A = \frac{I}{q\gamma} \left[ \left( C_q + \frac{C_k}{T_r} \right) t_{np} + C_{np} \right], \text{ коп./т} \quad (9)$$

$$B = \frac{I}{q\gamma\beta} \left( C_{км} + \frac{C_q}{V_r} + \frac{C_k}{V_r T_r} \right) + C_{ткм}, \text{ коп./т} \quad (10)$$

Параметр  $A$  характеризует начальную приспособленность,  $B$  является коэффициентом перед  $l_r$ , характеризует наклон прямой затрат или затраты на каждый километр пробега. Чем меньше параметры приспособленности  $A$  и  $B$ , тем лучше приспособленность транспортного средства по дальности перевозок.

По формулам 9 и 10 могут быть рассчитаны удельные приведенные затраты на перевозку одной тонны груза как для бортовых автомобилей, так и для самосвалов. В первом случае следует принять  $C_e = 0$ , во втором –  $C_{ткм} = 0$ .

При использовании в качестве интегрального показателя удельные приведенные затраты на единицу транспортной продукции модель превращается в обратную:

$$P_{ткм} = A/l_e + B, \text{ коп./ткм.} \quad (11)$$

Для того, чтобы можно было учитывать работу автомобиля как в одиночном варианте, так и с прицепом, в параметрах  $A$  и  $B$  (9) и (10) следует выделить расходные ставки для прицепного состава.

Автомобили повышенной проходимости имеют более высокие эксплуатационные затраты, поэтому при конкуренции с автомобилями обычной проходимости они будут вытесняться. Чтобы уравнивать их возможности, в экономико-математическую модель вводится коэффициент  $K_r$ , учитывающий использование годового фонда рабочего времени.

Понятно, что этот коэффициент для автомобилей повышенной проходимости будет выше, а для автомобилей обычной

проходимости – ниже за счет простоев в периоды непроезжаемости дорог и полей.

Условия движения влияют на такой показатель, как техническая скорость  $V_m$ . На дорогах более высоких категорий условия движения лучше, вследствие чего технические скорости автомобилей на них более высокие. На сельских дорогах и полевых условия движения хуже, поэтому скорости движения по ним ниже. Для учета условий движения в модель вводится коэффициент  $\omega_v$ , учитывающий условия движения.

Поскольку в пунктах погрузки-разгрузки условия производства работ могут быть разными, в модель вводится коэффициент  $\omega_{np}$ , учитывающий эти условия.

Для учета надбавок к тарифным ставкам водителей вводится коэффициент надбавок  $K_q$ .

С учетом вышеизложенного параметры  $A$  и  $B$  выразятся следующим образом:

$$A = \frac{I}{q_a \gamma_a + q_n \gamma_n} \left[ \left( C_q K_q + \frac{C_k}{T_r K_r} \right) t_{np} + \frac{C_{np}}{\omega_{np}} \right], \text{ коп./т;} \quad (12)$$

$$B = \frac{I}{(q_a \gamma_a + q_n \gamma_n) \beta} \left( \frac{C_{км}^a + M_n C_{км}^n}{V_r \omega_v} + \frac{C_q K_q}{V_r \omega_v} + \frac{C_k}{V_r \omega_v T_r K_r} \right) + C_{ткм}, \text{ коп./ткм,} \quad (13)$$

где  $M_n$  – число прицепов, ед.

**Результаты и их обсуждение.** По модели (8) это можно сделать аналитически, без построения графиков. В этом случае рассчитываются параметры  $A$  и  $B$  по формуле (12) и (13) для автомобилей, работающих в одних условиях, и, сравнивая численные значения этих параметров, определяют лучший автомобиль. Эффективность определяется по наименьшим значениям  $A$  и  $B$ .

Рассмотрим пример. Для перевозок сена в одинаковых условиях можно использовать автомобили ГАЗ-53А, ГАЗ-52-04 и ГАЗ-52-03. Нужно определить, какой из них наиболее приспособлен к этому виду перевозок, а следовательно, будет наиболее эффективным. Рассчитанные параметры для этих автомобилей будут следующими:

1. ГАЗ-53А  $A_1=82,198$   $B_1=12,550$
2. ГАЗ-52-04  $A_2=81,488$   $B_2=14,697$
3. ГАЗ-52-03  $A_3=76,125$   $B_3=11,815$

По значению параметров видно, что наименьшее значение на данном виде перевозок они принимают у автомобиля ГАЗ-52-03, следовательно, в этих условиях он обладает наибольшей приспособленностью. Если исключить третий автомобиль, то, сравнивая значения параметров первого и второго автомобиля, можно заметить, что  $A_2 < A_1$ , т.е. второй автомобиль лучше приспособлен по параметру  $A$ , а  $B_1 < B_2$ . Это говорит о том, что по параметру  $B$  первый автомобиль имеет более высокую приспособленность по сравнению со вторым. В этом случае они оба эффективны, но разделяют сферу эффективности по расстоянию. Равноценное расстояние, когда оба автомобиля имеют одинаковую приспособленность, определяется из выражения:

$$l_p = \frac{A_1 - A_2}{B_2 - B_1} \quad (14)$$

В пределах расстояний от 0 до  $l_p$  лучшую приспособленность имеет автомобиль ГАЗ-5204, свыше  $l_p$  – ГАЗ-53А.

Интерес представляет сравнение автомобиля ГАЗ-5204 с ГАЗ-5203, снятых с производства. Эти два автомобиля имеют одинаковые технические параметры, однако по значениям  $A$  и  $B$  второй имеет более высокую приспособленность. Это связано с тем, что эти два автомобиля отличаются размерами кузовов. У автомобиля ГАЗ-5203 площадь кузова  $S_k$  больше, а поскольку грузоподъемность их одинакова, выше будет и значение  $S_q$  [5]. Поэтому автомобиль ГАЗ-5203 имеет более высокую приспособленность для перевозки сельскохозяйственных грузов с малой объемной массой, что подтверждается результатами [5].

Модель (8) можно легко выразить графически по параметрам  $A$  и  $B$ . Первая точка находится на оси  $Y$ , равной значению  $A$ , вторая определяется двумя координатами:  $Y = B/l_r$ ;  $x = l_r$ .

На рисунке 1 показаны прямые, постро-

енные по параметрам  $A$  и  $B$  рассматриваемых автомобилей. Прямая автомобиля ГАЗ-5203 проходит существенно ниже прямых ГАЗ-53А и ГАЗ-5204 и в первом квадранте с ними не пересекается. Следовательно, если оба параметра  $A$  и  $B$  одного автомобиля меньше или больше соответствующих параметров другого, то прямые, построенные по их моделям, в 1 квадранте не пересекаются. Если при  $A_1 < A_2$  параметр  $B_1 > B_2$  и наоборот, то их прямые пересекаются, а равноценное расстояние находится по формуле (14).

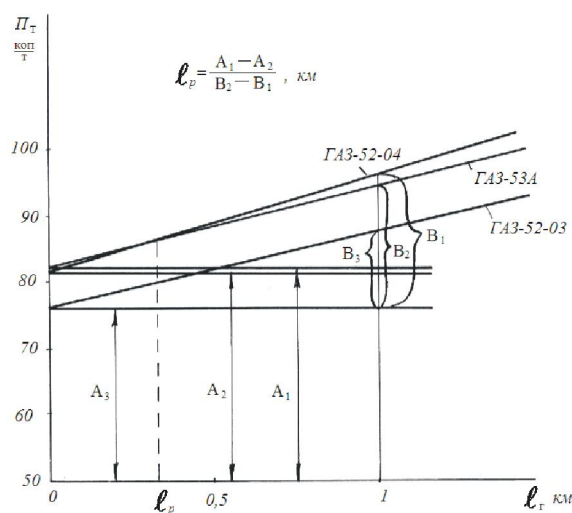


Рисунок 1 – Графическая интерпретация сравнения автомобилей по параметрам приспособленности линейной экономико-математической модели

Данный аналитический метод сравнения автомобилей легко реализуется на машинных языках ЭВМ и позволяет значительно упростить программы такого типа. Также легко реализуется алгоритм выбора из множества представленных на конкуренцию марок автомобилей, наиболее приспособленных для рассчитываемых условий эксплуатации, а также сферы их применения по дальности перевозок.

Представим, к примеру, на конкуренцию для перевозки сена 17 марок автомобилей. Чтобы выбрать из них наиболее приспособленные для данного вида перевозок, необходимо перегруппировать их рассчитанные параметры приспособленности попарно по возрастанию  $A$ :

1. КАМАЗ-55102	A1=39,436	B1=21,951
2. ЗИЛ-ММЗ-554М	A2=42,412	B2=18,908
3. ГАЗ-53Б	A3=46,303	B3=20,652
4. ГАЗ-САЗ-4509	A4=46,808	B4=17,130
5. ГАЗ-САЗ-3507	A5=47,652	B5=20,388
6. УРАЛ-5557	A6=48,058	B6=20,815
7. КАЗ-4540	A7=50,225	B7=21,082
8. МАЗ-5549	A8=54,034	B8=46,919
9. САЗ-3502	A9=62,067	B9=30,443
10. ГАЗ-52-03	A10=76,125	B10=11,815
11. УАЗ-452д.	A11=78,614	B11=22,471
12. ГАЗ-52-04	A12=81,488	B12=14,697
13. ГАЗ-53А	A13=82,193	B13=12,550
14. УАЗ-451ДМ	A14=82,397	B14=20,091
15. МАЗ-5335	A15=87,320	B15=11,073
16. ЗИЛ-130-80	A16=87,645	B16=14,528
17. КАМАЗ-5320	A17=103,859	B17=17,847

Затем сравнивают значения предыдущего значения  $B$  с последующим, начиная со значения  $B_1$ . Если  $B_1 < B_2$ , то второй автомобиль имеет худшую приспособленность и прямая его приведения затрат не пересекается с прямой первого. В этом случае второй автомобиль не принимается во внимание, а сравнение  $B_1$  проводится со следующим значением  $B$ , т.е.  $B_3$  и так до тех пор, пока не найдется значение  $B$ , которое будет меньше  $B_1$ . В нашем случае оказалось, что  $B_2 < B_1$ . В этом случае первый и второй автомобили делят сферы применения, равноценное расстояние находится по формуле (14). Дальше сравнивается  $B_2$  с последующим значением  $B$  и так далее. Эта процедура продолжается, пока не кончится список представленных на конкуренцию автомобилей.

Предварительно до начала процедуры выбора эффективных автомобилей устанавливается предельное расстояние на этом виде перевозок. В данном случае на внутрихозяйственных перевозках оно принято  $L_{max} = 50$  км. Это необходимо для установления пределов эффективного использования последнего выгодного

автомобиля в списке.

В результате выбраны следующие автомобили с пределами их применения:

КАМАЗ-55102	от 0 до 1 км
ЗИЛ-ММЗ-554М	от 1 до 2,5 км
ГАЗ-САЗ-4509	от 2 до 5,5 км
ГАЗ-52-03	от 5,5 до 15 км
МАЗ-5335	от 15 до 50 км

Рассмотренный алгоритм выбора наиболее приспособленных автомобилей для определенного вида перевозок выгодно использовать в оперативном планировании не только сельскохозяйственных предприятий, но и крупных районных и областных транспортных предприятий, а также других министерств и ведомств. Это даст существенную экономию материальных, трудовых и топливно-энергетических ресурсов автотранспортных предприятий.

**Выводы.** 1. Разработан аналитический метод определения наиболее эффективных транспортных средств с пределами их использования по расстоянию на каждом виде перевозок.

2. Эффективность использования транспортных средств зависит от их приспособленности по фактору дальности перевозок.

**Библиографический список**

1. Афанасьев Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. П. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
2. Бутузов Ю. В. Исследование процессов обоснования состава автомобильного парка и повышения эффективности перевозок в сельскохозяйственных предприятиях: дис...канд. техн. наук. – М., 1978. – 144 с.
3. Гоberman В. А. Автомобильный транс-

порт в сельскохозяйственном производстве: эффективность и качество работы, оценка и разработка организационно-технических решений / В. А. Гоberman. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с.

4. Лейдерман С. Е. Эксплуатация грузовых автомобилей / С. Е. Лейдерман. – М.: Транспорт, 1966. – 152 с.

5. Пехутов А. С. Формирование автомобильного парка для работы в условиях колхозов и совхозов: дис... канд. техн. наук / А. С. Пехутов. – М., 1989. – 221 с.

УДК 631.363.21

**И. Б. Шагдыров, И. Я. Федоренко**

ФГБОУ ВПО «Бурятская ГСХА им. В. Р. Филиппова», Улан-Удэ  
ФГБОУ ВПО «Алтайский ГАУ», Барнаул

### **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА В ТРЕХСТУПЕНЧАТОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ**

**Ключевые слова:** системный подход, структурно-логическая схема, этапы, математическая модель, факторы, энергоёмкость, степень измельчения, фуражное зерно.

*Представлены научно-методологические основы системного подхода к экспериментальным исследованиям трехступенчатого измельчителя фуражного зерна, позволяющего значительно уменьшить временные и материально-трудовые затраты на проведение экспериментов.*

**I. Shagdyrov, I. Fedorenko**

FSBEI HPT «Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov», Ulan-Ude  
FSBEI HPT «Altai State Agricultural University», Barnaul

### **SYSTEM APPROACH TO STUDY THE CRUSHING PROCESS OF FODDER GRAIN IN THREE-STAGE GRINDER**

**Key words:** system approach, the block diagram-logic, stages, mathematical model, factors, power consumption, degree of crushing, fodder grain.

*Presented scientific and methodological basis of system approach to experimental researches of a three-stage grinder of the fodder grain allowing considerably to reduce time and a material input-labor on carrying out of experiments.*

**Введение.** Для более глубокого изучения процесса измельчения фуражного зерна протекающего в трехступенчатом измельчителе, необходимо использовать системный подход к проводимым исследованиям.

Системный подход включает активное планирование эксперимента, разработку

математической модели и обработку экспериментов с использованием специальных программ для ЭВМ, с целью их интенсификации путем выбора оптимальных условий, в которых протекает данный процесс измельчения фуражного зерна.

Системный подход к эксперименталь-