



Влияние расстояния перевозок грузов на эксплуатационные расходы автотранспортного предприятия



Дмитрий ГУДКОВ



Валерий СТАРЫНИН

Объект исследования – процесс перевозок. Предмет исследования – зависимости влияния расстояния перевозки грузов на себестоимость перевозки грузов. Так как в изученных литературных источниках не было найдено достоверно выявленных зависимостей влияния расстояния перевозки на себестоимость перевозки грузов в конкретных условиях для отдельного предприятия, то задача исследования, рассматриваемая в статье, является актуальной.

Целью данной статьи является исследование влияния расстояния перевозки строительных грузов автомобилями-самосвалами, стоящими на балансе автотранспортного предприятия города Волгограда, на эксплуатационные расходы. Решение задачи рассматривается на примере перевозки сыпучих грузов автомобилями-самосвалами марки MAN и Mercedes-Benz с равными по километражу расстояниями. Используемые методы эмпирического исследования: наблюдение (путём целенаправленного восприятия объекта, обусловленного задачей деятельности), сравнение (путём установления сходства и различия предметов и явлений действительности), измерение (путём действий, выполняемых при помощи средств измерений с целью нахождения числового значения

*Гудков Дмитрий Владиславович – Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ), Волгоград, Россия.
Старынин Валерий Владиславович – Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ), Волгоград, Россия*.*

измеряемой величины в принятых единицах измерения). Для расчёта себестоимости перевозок применяется методика определения затрат на перевозку грузов автомобильным транспортом. С целью получения экспериментальных данных проводится анализ работы подвижного состава автотранспортного предприятия с использованием путевых листов с подтверждёнными в них фактическими данными. Процесс получения фактических данных проводится путём расчётов по заданным формулам. Инструментом проведения исследования является расчёт затрат на перевозку грузов по данным, полученным в результате деятельности предприятия.

Получены регрессионные зависимости влияния расстояния перевозки грузов на себестоимость использования автомобилей-самосвалов с разной грузоподъёмностью с целью определения вида уравнения регрессии, построения оценок неизвестных параметров, входящих в уравнение регрессии, и проверки статистических гипотез о регрессии. Проверка полученных моделей на адекватность выполнена путём проведения расчёта коэффициента корреляции с целью установления наличия связи между случайными величинами.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, эксплуатационные расходы, расстояние, грузоподъёмность, регрессия.

*Информация об авторах:

Гудков Дмитрий Владиславович – доцент кафедры автомобильных перевозок Волгоградского государственного технического университета (ВолГТУ), Волгоград, Россия, gudkov-d@mail.ru.
Старынин Валерий Владиславович – магистрант кафедры автомобильных перевозок Волгоградского государственного технического университета, (ВолГТУ), Волгоград, Россия, staar94@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 21.02.2020, актуализирована 16.10.2020, принята к публикации 18.12.2020.

For the English text of the article please see p. 164.

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт обеспечивает связь между производством, хранением и потреблением. Это также добавляет стоимость товара. Наличие эффективных способов транспортировки является основой логистики XX века из-за растущей глобализации торговли и логистики. Это, вероятно, продолжится в течение следующих нескольких веков. Основными требованиями транспортной отрасли для поддержки глобальной логистики являются сокращение затрат и времени в пути, своевременная доставка, меньшая изменчивость времени в пути, доступность бесперебойных транспортных услуг благодаря сочетанию режимов, минимальные задержки, повреждения и потери, а также наличие других логистических вариантов, таких как хранение, вывоз и доставка и так далее [1]. На предприятиях транспорта и в транспортно-экспедиционных компаниях остро стоит вопрос о снижении себестоимости перевозки грузов. В настоящий момент систему действующих тарифов на перевозку грузов можно условно разделить на:

- тарифы, зависящие от времени использования транспортных средств;
- тарифы, зависящие от пробега транспортных средств;
- комбинированные тарифы.

В городских условиях эксплуатации на практике используется ценообразование, зависящее от времени использования грузовых автомобилей (повременный тариф), или устанавливается стоимость использования транспортных средств, выполняющих определённую транспортную работу (сдельный тариф). Оценка прибыльности установленных тарифов использования автотранспортных средств, установленных в условиях конкуренции, как правило,

проводится через расчёт себестоимости оказания услуги по перевозке грузов.

В наиболее простом дидактическом варианте влияние на себестоимость перевозки грузов оказывают в основном показатели использования транспортных средств, такие как:

- грузоподъёмность — q_n , т;
- расстояние перевозки — $L_{\text{эф}}$, км;
- время погрузочно-разгрузочных операций — $t_{\text{пр}}$, ч;
- техническая скорость — V_t , км/ч [2].

Выделим расстояние перевозки как постоянную величину при подаче заявки на выполнение услуги по перевозке грузов. Обзор теории грузовых автомобильных перевозок свидетельствует о влиянии расстояния перевозки грузов на себестоимость в виде непрерывных прямолинейных и гиперболических зависимостей [3].

Непосредственной целью данной статьи является исследование влияния расстояния перевозки строительных грузов автомобилями-самосвалами, стоящими на балансе автотранспортного предприятия города Волгограда (ЗАО «АТП»), на эксплуатационные расходы. Решение задачи рассматривается на примере перевозки сыпучих грузов автомобилями-самосвалами марки MAN и Mercedes-Benz с равными по километражу расстояниями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В условиях конкуренции на рынке автотранспортных средств на предприятиях используется подвижной состав, относящийся к различному типу, модели, используемому топливу и пр. На исследуемом предприятии в парке эксплуатируются автомобили MAN 41.414 (далее — MAN) (рис. 1) и Mercedes-Benz Actros 4141 K (далее — Mercedes-Benz) (рис. 2) для перевоз-



Рис. 1. Самосвал MAN 41.414.



Рис. 2. Mercedes-Benz Actros 4141 K.





Таблица 1

Исходные ТЭП для расчёта

Показатель	Единица измерения	Mercedes-Benz	MAN
q_n	т	28,6	25
V_T	км/ч	30	28
$V_{км}$	л/100 км	52	52,3
$t_{пр}$	ч		0,25
C_T	руб./ч		220
$L_{сг}$	км		8...40
Π_T	руб./л		45,99
D_p	сут.		256
T_n	ч		7
$n_{ш}$	ед.		12
$\Pi_{ш}$	руб.		5000
$V_{ткм}$	л/(т • км)		1,5
$H_{пр}$	руб./год		500
H_v	руб./1000 км		0,27
$C_{то}$	руб./100 км		374
$H_{ш}$	%/100 км		2
γ_c	–		0,9
β_c	–		0,5
α_n	–		0,8
b_T	–		1,04

ки сыпучих грузов в городских условиях эксплуатации.

Величины технико-эксплуатационных характеристик (далее – ТЭП), такие как:

- рабочие дни – D_p , сут;
- время в наряде – T_n , ч;
- расход топлива – $V_{км}$, л/100км;
- коэффициент использования грузоподъёмности – γ_c ;
- количество шин – $n_{ш}$, ед.;
- тариф на перевозку – C_T , руб./ч;
- цена одной шины – $\Pi_{ш}$, руб.;
- коэффициент использования пробега – β_c ;
- коэффициент использования парка – α_n ;
- коэффициент «подготовительно-заключительные операции» – 1,06;
- поправочный коэффициент к C_T $\alpha_{зп}$ – 1,3

получены по итогам практических исследований и взяты из справочной литературы [4].

Также использованы следующие исходные данные:

- норма отчислений на один автомобиль в год (среднестатистическая по исследуемому парку) – $H_{пр}$, руб./год;
- отчисления на полное восстановление – H_v , руб./1000 км;
- норма на восстановление шины – $H_{ш}$, %/100 км;
- затраты на ТО, ТР – $C_{то}$, руб./100 км;
- доп. норма расхода топлива – $V_{ткм}$, л/(т • км);
- коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива – b_T ;
- цена топлива – Π_T , руб./л, предоставленные ЗАО «АТП».

Условия эксплуатации – город, расчёт эксплуатационных расходов выполняется с использованием ниже указанных формул 2–13.

При выполнении исследования применялись данные, представленные в табл. 1. Для расчёта использовались технические характеристики транспортных средств, предоставленные ЗАО «АТП».

Кроме этого были проведены статистические исследования показателей γ_c , $t_{пр}$, V_T , α_n . Исследования проводились по данным путевых листов, предоставленных предприятием. Математическое ожидание указанных выше величин представлено в табл. 1.

Зависимость производительности автомобилей MAN и Mercedes-Benz от расстояния перевозки ($L_{сг}$) определим по формуле (1), полученные расчёты сведём в табл. 2 и рис. 3.

$$W_Q = \frac{q_n \cdot \gamma_c \cdot \beta_c \cdot V_T}{l_{сг} + \beta_c \cdot V_T \cdot t_{пр}} \quad (1)$$

Для расчёта составляющих частей себестоимости перевезённого груза в большинстве случаев применяют методику определе-

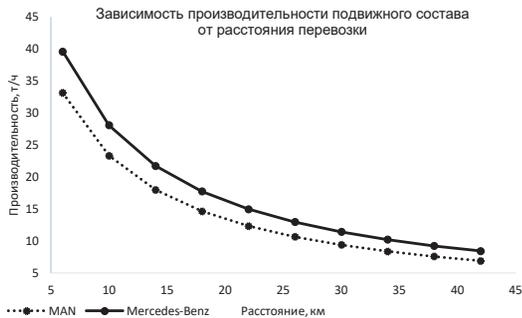
Таблица 2

Зависимость составных частей производительности транспортных средств от величины значения $L_{сг}$, т/ч

Марка транспортного средства	$L_{сг}$, км									
	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42
MAN	33,16	23,33	18,00	14,65	12,35	10,68	9,40	8,40	7,59	6,92
Mercedes-Benz	39,60	28,08	21,75	17,75	14,99	12,99	11,44	10,23	9,25	8,44

Статьи затрат для расчёта себестоимости транспортирования груза

Статья	Формула	№
Основная и дополнительная зарплата водителя с отчислениями, руб./т	$C_{нк}^{зн} = \frac{C_{т} \cdot t_{пр} \cdot \alpha_{зн}}{q_{н} \cdot \gamma_{с}}$	(2)
Затраты на горючее, руб./т • км	$C_{дв}^т = \frac{B_{т \cdot км} \cdot b_{т} \cdot \Pi_{т}}{100} + \frac{b_{т} \cdot \Pi_{т} \cdot B_{км}}{q_{н} \cdot 100 \cdot \gamma_{с} \cdot \beta_{с}}$	(3)
Расходы на операции движения, руб./т • км	$C_{дв}^ш = \frac{1,06 \cdot \alpha_{зн} \cdot C_{т}}{\gamma_{с} \cdot V_{т} \cdot q_{н} \cdot \beta_{с}}$	(4)
Затраты на эксплуатационные материалы 11 %	$C_{дв}^с = 0,11 \cdot C_{дв}^т$	(5)
Расходы на обеспечение ТО и ТР, руб./т • км	$C_{дв}^{то} = \frac{C_{то}}{\beta_{с} \cdot q_{н} \cdot 1000 \cdot \gamma_{с}}$	(6)
Затраты, связанные с возмещением износа и ремонта шин, руб./т • км	$C_{дв}^ш = \frac{\Pi_{ш} \cdot H_{ш} \cdot n_{ш}}{1000 \cdot \beta_{с} \cdot q_{н} \cdot \gamma_{с} \cdot 100}$	(7)
Амортизация транспортного средства, руб./т • км, где $K_{д}$ – установлен значением 1,07	$C_{дв}^в = \frac{K_{д} \cdot H_{в}}{10 \cdot \beta_{с} \cdot q_{н} \cdot \gamma_{с}}$	(8)
Расходы между начально-конечными операциями, руб./т	$C_{нк}^{нр} = \frac{H_{нр} \cdot t_{нр}}{D_{р} \cdot \alpha_{н} \cdot T_{н} \cdot q_{н} \cdot \gamma_{с}}$	(9)
Расходы между движением операциями, руб./т • км	$C_{дв}^{нр} = \frac{H_{нр}}{D_{р} \cdot \alpha_{н} \cdot T_{н} \cdot q_{н} \cdot \gamma_{с} \cdot \beta_{с}}$	(10)
Расходы на перевозку тонны груза	$C_{нк} = C_{нк}^{зн} + C_{нк}^{нр}$	(11)
Переменные расходы	$C_{дв} = C_{дв}^{зн} + C_{дв}^т + C_{дв}^с + C_{дв}^{то} + C_{дв}^ш + C_{дв}^в + C_{дв}^{нр}$	(12)
Себестоимость перевозок	$C_{з} = C_{нк} + l_{ег} \cdot C_{дв}$	(13)

Рис. 3. Зависимость производительности подвижного состава от $L_{ор}$ двух транспортных средств.

ния логистических затрат на перевозку грузов автомобильным транспортом, основанную на методике определения эксплуатационных расходов [5; 8]. Формулы, применяемые в расчётах логистических затрат, указаны в табл. 3. Полученные значения приводятся к теоретическим и экспериментальным данным, далее проводится их анализ.

С целью получения экспериментальных данных проведён анализ работы подвиж-

ного состава автотранспортного предприятия с использованием путевых листов с подтверждёнными в них фактическими данными. Процесс получения фактических (экспериментальных) данных проводится путём расчётов по аналогичным формулам, с использованием данных о работе транспортных средств на маршрутах доставки грузов потребителям. Полученная по расчётам себестоимость перевозки грузов,



Сводная таблица по эксплуатационным затратам

затраты показатели	MAN		Mercedes-Benz	
	Теоретические	Фактические	Теоретические	Фактические
Расходы между начально-конечными операциями				
$C_{нк}^{зп}$, руб./т	3,177	2,387	2,777	2,087
$C_{нк}^{нр}$, руб./т • км	0,004	0,004	0,003	0,003
$\Sigma C_{нк}$, руб./т	3,181	2,391	2,780	2,090
Расходы между движенческими операциями				
$C_{дв}^{зп}$, руб./т • км	0,962	0,548	0,785	0,446
$C_{дв}^{нр}$, руб./т • км	0,031	0,024	0,027	0,021
$C_{дв}^c$, руб./т • км	0,324	0,270	0,292	0,246
$C_{дв}^b$, руб./т • км	0,002	0,002	0,002	0,001
$C_{дв}^{то}$, руб./т • км	0,033	0,026	0,029	0,023
$C_{дв}^{ш}$, руб./т • км	0,106	0,083	0,093	0,073
$C_{дв}^т$, руб./т • км	2,941	2,458	2,650	2,239
$\Sigma C_{дв}$, руб./т • км	4,399	3,411	3,878	3,049

Таблица 5

Расчёт логистических затрат при доставке грузов для двух транспортных средств, руб./т

	$L_{гр}$, км	Ze	$C_{э}$			$L_{гр}$, км	Ze	$C_{э}$	
			э. теор.	э. факт.				э. теор.	э. факт.
MAN	8	1	38,4	29,7	Mercedes-Benz	8	1	33,8	26,5
	10		47,2	36,5		10		41,6	32,6
	16		73,6	56,9		16		64,8	50,9
	23		104,4	80,8		23		91,9	72,2
	28		126,4	97,9		28		111,4	87,5
	32		143,9	111,5		32		126,9	99,7
	40		179,1	138,8		40		157,9	124,1

Таблица 6

Зависимость эксплуатационных затрат от расстояния грузоперевозок автомобилями-самосвалами

$L_{гр}$, км	8	10	16	23	28	32	40
$C_{э}$, руб./т	MAN						
	29,7	36,5	56,9	80,8	97,9	111,5	138,8
	Mercedes-Benz						
	26,5	32,6	50,9	72,2	87,5	99,7	124,1

с использованием экспериментальных данных, сводится в табл. 4 (сводная) и табл. 5 (расчётная).

Анализ изменения теоретических и экспериментальных данных после произведённых расчётов представлен на рис. 4 и 5.

Для анализа влияния $L_{гр}$ на себестоимость требуется провести регрессионный анализ. Используя табл. 5, составим связанную выборку из пар значений (табл. 6).

Коэффициент корреляции для обоих вариантов получился 0,958, что, согласно шкале Чеддока, говорит о весьма высокой зависимости.

Регрессионный анализ результатов расчёта проводился в электронных таблицах (MS EXCEL) с применением стандартных методик. Получена функциональная зависимость $C_{э}$, руб./т от $L_{гр}$, км на примере MAN и Mercedes-Benz (рис. 4). $L_{гр} = 8...40$ км.

При исследовании зависимости переменной Y от переменной X в парной экспоненциальной регрессии были оценены её характеристики способом наименьших квадратов. С помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера исследована статистическая значимость уравнения. Установлено, что в исследуемом примере

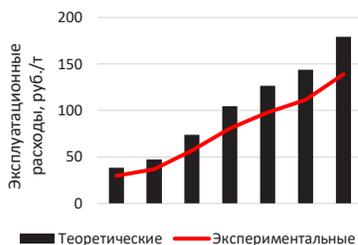


Рис. 4. Изменение теоретических и фактических эксплуатационных расходов с увеличением пробега самосвала MAN.

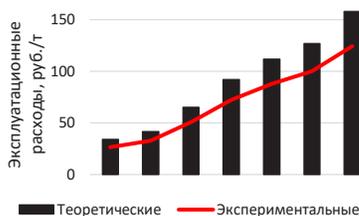


Рис. 5. Изменение теоретических и фактических эксплуатационных расходов с увеличением пробега самосвала Mercedes-Benz.

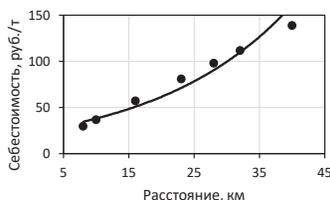


Рис. 6. Зависимость C_z , руб./т от $L_{эф}$, км на примере MAN.

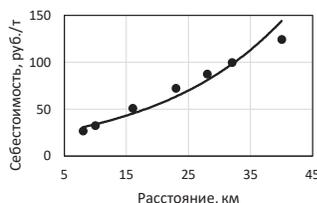


Рис. 7. Зависимость C_z , руб./т от $L_{эф}$, км на примере Mercedes-Benz.

91,78 % совместной вариабельности Y разъясняется изменениями переменной X . Также установлено, что характеристики модели статистически не значимы.

Коэффициент детерминации показывает определённую долю дисперсии (разброса) зависимой переменной, объясняемую рассматриваемой моделью. Значение стандартного коэффициента меняется в границах от нулевой отметки до единицы. Чем ближе к единице, тем лучше регрессионная модель, то есть, построенная модель отлично аппроксимирует начальные данные [6]. Для статистической оценки точности уравнения связи применяется также средняя ошибка аппроксимации [7].

ВЫВОД

В этой работе была предложена новая модель, которая позволяет достичь минимальных логистических затрат по сравнению с существующими подходами, последовательно увеличивая расстояние в итерациях, чтобы получить окончательную стоимость. Для поддержки эффективности предложенного подхода он был обоснован с помощью анализа в MS Excel и сопоставлен с другими моделями с точки зрения общей стоимости [9].

Данная зависимость рекомендована коммерческой службе предприятия для использования на практике для оценки и прогнозирования себестоимости перевозок автотранспортных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kasilingam, R. G. Transportation planning. In: Logistics and Transportation. Springer, Boston, MA, 1998, pp. 157–213. DOI: 10.1007/978-1-4615-5277-2_8. Доступ 02.08.2020.
2. Афанасьев Л. Л., Островский Н. Б., Цукерберг С. М. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студ. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
3. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
4. Юрьева Н. И., Витвицкий Е. Е. Электронная база данных «Справочные и нормативные материалы по автомобильному транспорту» // Хроники объединённого фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – № 05 (72) май 2015. – С. 66.
5. История развития транспорта: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине 190700.62 Технология транспортных процессов всех форм обучения / Сост. В. Н. Карнаухов и А. С. Колесников. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 21 с. [Электронный ресурс]: <https://vossta.ru/metodicheskie-ukazaniya-k-prakticheskim-zanyatiyam-po-discipli-v2.html>. Доступ 02.08.2020.
6. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: Учебное пособие. – 7-е изд., испр. – Мн.: Новое знание, 2002. – 704 с.
7. Елисеева И. И., Курышева С. В., Костеева Т. В. и др. Эконометрика: Учебник / Под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
8. Матанцева О. Ю. Основы экономики автомобильного транспорта: Учебное пособие. – М.: Юстицинформ, 2020. – 256 с. [Электронный ресурс]: <https://avidreaders.ru/download/osnovy-ekonomiki-avtomobilnogo-transporta-uchebnoe-posobie.html?f=pdf>. Доступ 02.08.2020.
9. Hazarika, P., Kalita, C. S. Minimization of Transportation Cost of Paraffin Wax: A Proposed Approach Using C. Advances in Mechanical Engineering, Springer Science and Business Media LLC, Singapore, 17 January 2020, pp. 439–448. DOI: 10.1007/978-981-15-0124-1_39. Доступ 02.08.2020.

