

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 629.113.004 (083.5)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

В.М.Курганов¹, М.В.Грязнов², А.Н.Дорофеев³

¹Тверской государственный университет, г. Тверь

²Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск

³Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Москва

Целью исследования является определение способов снижения трудоемкости и повышения точности расчетов в планировании потребности в топливе для автотранспортных средств при работе на маршрутах. Предложенная компьютерная программа существенно снижает вероятность ошибки персонала при расчетах и позволяет формировать справочную базу данных предприятия. Для снижения отклонения результатов расчетов от объективной потребности в топливе, предложено проведение контрольных замеров с использованием спутниковых навигационных систем и уточнение поправочных коэффициентов, учитывающих условия перевозок.

Ключевые слова: *автомобильные перевозки, топливо, информационные технологии, навигационные системы.*

Для планирования расхода топлива при эксплуатации автомобилей транспортного и специального назначения обычно используются "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте", утвержденные Минтрансом России [1]. Их применение связано с определенными трудностями.

Планирование топлива для работы автомобилей обычно выполняется перед их выпуском на линию. За короткое время надо рассчитать нужную величину и внести ее в путевой лист перед тем, как выдать его водителю. Если численность автопарка имеет несколько десятков или сотен единиц, то планирование потребности в топливе занимает значительное время.

Нередко расчет плановой величины топлива приходится выполнять не только утром при выпуске транспортных средств на линию, но и вечером, исходя из фактически выполненной транспортной работы. Это позволяет определить фактические значения экономии или перерасхода топлива каждым водителем, что необходимо для проведения мероприятий по сокращению расходов по этой статье затрат.

Вторая трудность связана с необходимостью учета имеющихся условий эксплуатации транспортных и специальных автомобилей. "Нормами расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте" предусмотрено более 25 поправочных коэффициентов в зависимости от "возраста" автомобиля, дорожно-климатических условий, технологических

особенностей эксплуатации и других факторов [1, с. 7–10]. Однако отсутствует методика определения поправочных коэффициентов, из-за чего результаты расчета плановой величины расхода топлива могут отличаться от объективной потребности.

В Московском государственном индустриальном университете (МГИУ) разработан альтернативный подход к определению необходимого количества автомобильного топлива, основанный на сборе статистических данных и расчете многофакторного уравнения регрессии [2, с. 42; 3, с. 96–99; 4, с. 10–18]. Реализован этот подход на примере двух автобусных парков Москвы. Применительно к другим видам перевозок и условиям работы автомобилей необходимо каждый раз проводить сбор статистики и корреляционно-регрессионный анализ, что делает затруднительным широкое распространение данного метода. Кроме этого, результаты статистических испытаний "привязаны" не только к месту их проведения, но также к конкретному временному периоду.

Вместе с тем, имеются исследования и практический опыт, позволяющие снизить трудоемкость планирования потребности в топливе и повысить точность расчетов путем объединения функционирования планово-расчетного и контрольного модулей программно-аппаратного комплекса управления транспортной деятельности (Transportation Management System) [5, с. 37–47, 69–79; 6, с. 37–38; 7, с. 39–54, 106–110; 8, с. 193–205].

Согласно "Нормам расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте" планируемая величина расхода горючего для грузовых бортовых автомобилей, седельных тягачей, автомобилей-фургонов и автопоездов рассчитывается по формуле:

$$Q_n = 0,01 \times (H_{san} \times S + H_w \times W) \times (1 + 0,01 \times D), \quad (1)$$

где:

Q_n – нормативный расход топлива, л;

S – пробег автомобиля или автопоезда, км;

H_{san} – норма расхода топлив на пробег автомобиля или автопоезда в снаряженном состоянии без груза;

H_w – норма расхода топлив на транспортную работу, л/100 т.км;

W – объем транспортной работы, т.км;

D – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %.

S – пробег с грузом, км)

Норма расхода топлива на пробег автомобиля или автопоезда в снаряженном состоянии без груза рассчитывается по формуле:

$$H_{san} = H_s + H_g \times G_{пр}, \quad \text{л/100км} \quad (2)$$

где:

H_s – базовая норма расхода топлив на пробег автомобиля (тягача) в снаряженном состоянии, л/100 км;

H_g – норма расхода топлив на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100 т.км ;

$G_{пр}$ – собственная масса прицепа или полуприцепа, т.

Слагаемые величины D выбираются из диапазона, заданного в "Нормах расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте". В некоторых случаях диапазон составляет до 40 %. С целью конкретизации значений поправочных коэффициентов проведены исследования[1] в автотранспортных предприятиях г. Магнитогорска. Методика проста, имеет небольшую трудоемкость, может быть воспроизведена в любых условиях эксплуатации силами персонала автотранспортных предприятий и предусматривает следующие основные этапы.

1. Выделяются маршрутные модули (контрольные участки), отличающиеся между собой условиями работы автомобилей (например, движение по дорогам с твердым покрытием, движение в городском транспортном потоке, движение по подъездным путям в карьере и т.д.).

2. Производится предварительный расчет плановой величины расхода топлива согласно "Нормах расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте".

3. Проверяется соответствие технического состояния автомобилей нормативным требованиям.

4. Проводится инструктаж водителей о рациональных методах вождения автомобилей, обеспечивающих расход топлива в пределах объективной потребности для выполнения транспортной работы (отсутствие резких торможений и ускорений, правильный выбор передачи, сокращение времени работы двигателя на холостом ходу и др.).

5. Осуществляются контрольные заезды автомобилей по маршрутным модулям с фиксацией расхода топлива и выполненных пробегов путем использования спутниковых навигационных систем. На каждом маршрутном модуле следует выполнить несколько заездов и рассчитать среднюю величину, которая отражает объективную потребность в топливе.

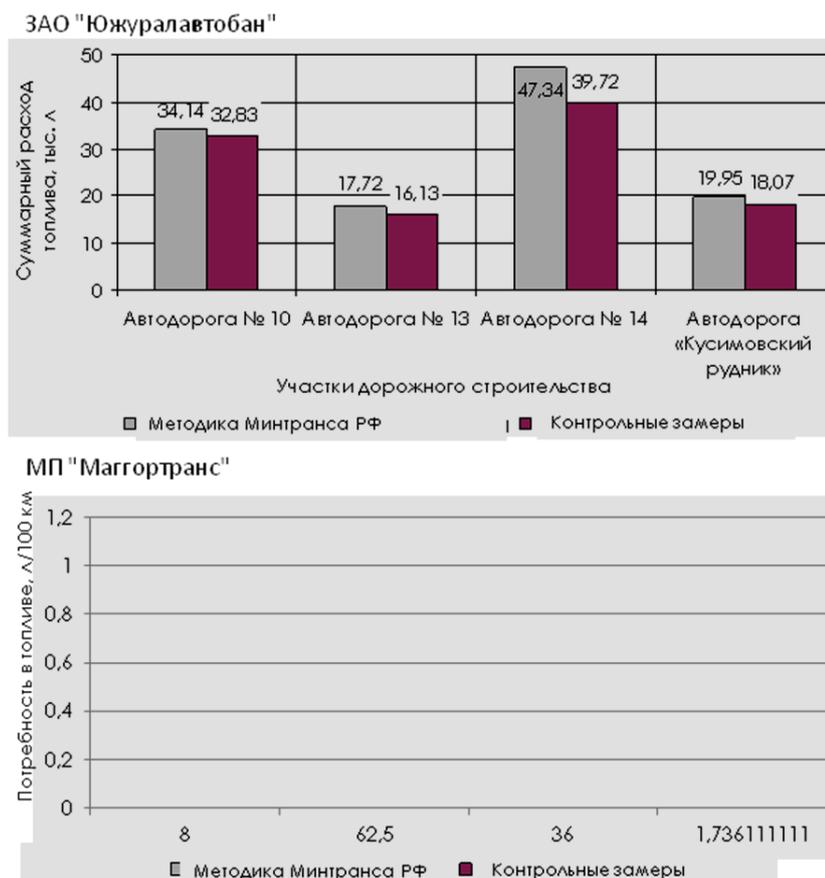
6. Предварительный расчет планового расхода топлива сравнивается с величиной, характеризующей объективную потребность в горючем. В случае отклонений выполняется корректировка поправочных коэффициентов, входящих в формулу (1).

Таблица 1

Натурные наблюдения за расходом топлива на маршрутах работы автомобилей

Показатель	Наименование объекта дорожного строительства				Итого:
	Автодорога № 10	Автодорога № 13	Автодорога № 14	Автодорога «Кусимовский рудник»	
<u>Суммарный расход топлива по парку автосамосвалов (тыс. л/мес.) с использованием</u>					
<u>м:</u>					
- <u>норм Минтранса РФ</u>	<u>34,14</u>	17,72	47,34	19,95	119,15
- <u>натурных наблюдений</u>	<u>32,83</u>	16,13	39,72	18,07	106,75
Суммарное отклонение, тыс. л в среднем за месяц					12,40

Результаты исследований в ЗАО "Южуралавтобан" представлены в табл. 1. В течение месяца в эксплуатации находилось до 36 автотранспортных средств. На рис. 1 приведены диаграммы, показывающие отклонение предварительных расчетов от результатов натуральных наблюдений. Имеющиеся расхождения характеризуются так называемым относительным расходом топлива. Он рассчитывается как отношение эксплуатационного расхода к нормативному [9, с. 110].



Р и с. 1. Сравнение результатов контрольных замеров с предварительными расчетами норм расхода топлива согласно рекомендациям Минтранса России

На диаграммах (рис. 1) видно, что плановая потребность в топливе, рассчитанная согласно распоряжению Минтранса России, может иметь отклонения от объективно необходимой величины в интервале от – 6 % (нормы Минтранса РФ меньше данных контрольных заездов) до + 16 % (нормы Минтранса РФ выше результатов экспериментальных исследований).

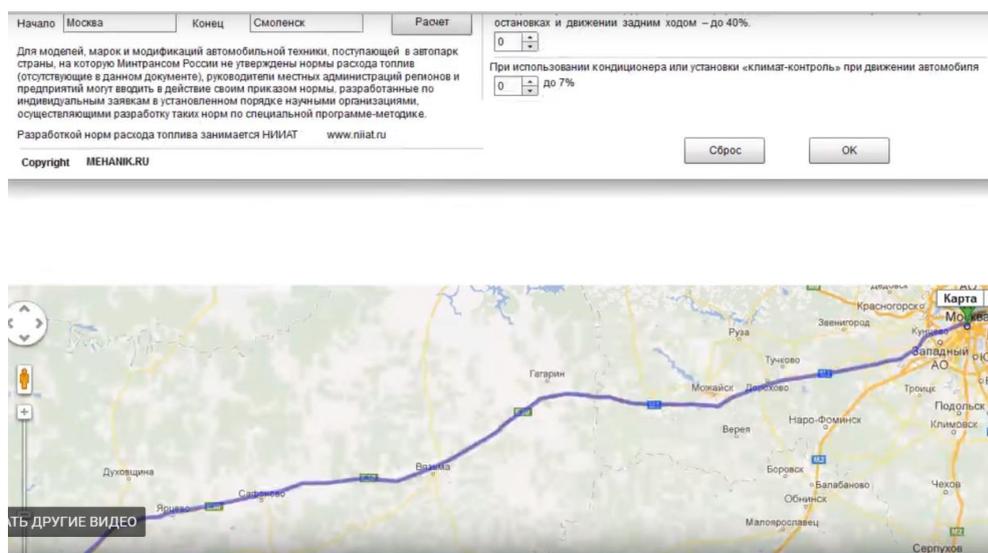
Фактический расход топлива зависит не только от условий эксплуатации, но и от стиля вождения, который выбирает каждый конкретный водитель. При движении с резкими ускорениями и торможениями, пренебрежение возможностями движения по инерции на спусках «накатом» (на включенной передаче), нерациональном выборе передачи и частоты вращения коленчатого вала двигателя расход топлива значительно возрастает.

Поэтому водитель ориентируется на доводимую до него плановую величину расхода топлива и стремится довести фактический расход до этого значения. Исходя из этого, важнейшее значение имеет обоснованный выбор значений поправочных коэффициентов на основе контрольных заездов по маршрутам (маршрутным модулям).

Итоговая величина расхождений составила для 36 автомобилей в течение месяца 12400 литров. Если принять цену дизельного топлива 40 руб./л, то стоимостная оценка возможных потерь в случае пренебрежения корректировкой поправочных коэффициентов составляет около 500 тыс. руб., а в расчете на 1 автомобиль – около 14 тыс. руб. Сумма экономии на один автомобиль в течение года оценивается суммой 168 тыс. руб.

Стоимость спутникового навигационного оборудования для контроля работы автомобилей на маршрутах составляет от 6 до 15 тыс. руб. в расчете на одно транспортное средство. Сравнение полученной экономии показывает, что окупаемость его установки (за счет повышения точности в планировании расхода топлива) составляет не более одного месяца.

Снижения трудоемкости планирования потребности в топливе можно добиться использованием относительно несложного программного продукта, реализующего расчетные формулы, содержащиеся в "Нормах расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте". Повышение функциональности компьютерной программы обеспечивается добавлением цифровой карты. Благодаря этому, пробег в расчетную формулу вводится путем задания начального и конечного точек маршрута (рис. 2) без выполнения каких-либо предварительных расчетов.



Р и с . 2. Прокладка маршрута и расчет пробега

Программный продукт назван автором "Калькулятор норм расхода топлива" [6, с. 37–38], который является одним из модулей расчета техтранфинплана автотранспортного предприятия. Его особенность состоит в возможности самостоятельного использования, вне программного комплекса "Автобаза", который включает в себя блоки расчета техтранфинплана,

графика ТО и ремонтов, оформления путевых листов, ведения учета и отчетности, анализа технико-эксплуатационных показателей и другие.

Выполнение расчета с помощью "Калькулятора норм расхода топлива" сводится к нескольким кликам мышкой. На первом шаге выбирается тип и марка автотранспортного средства. Затем выбираются значения поправочных коэффициентов (рис. 3). Например, если используется самосвал КАМАЗ-5511, находящийся в эксплуатации более 8 лет, то поправочный коэффициент имеет значение до 10 %.

ЗИЛ-ММЗ-585, -585Б, -585В, -585Д, -585Е, -585И, -5	36	Б
КАЗ-4540	28	Д
КАЗ-600, -600АВ, -600Б, -600В	36	Б
КамаЗ-55102	32	Д
КамаЗ-55102 (ЯМЗ-238-8V-14,86-240-10М)	35	Д
КамаЗ-5511	34	Д
КамаЗ-5511 (ЯМЗ-238-8V-14,86-240-5М)	35,6	Д
КамаЗ-55111	36,5	Д
КамаЗ-55111 (ЯМЗ-238М-8V-14,86-240-5М)	36,5	Д

Для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов нормативное значение расхода топлива рассчитывается по формуле:

$$Q_n = 0,01 \cdot H_{\text{сalc}} \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D) + H_z \cdot Z,$$

где Q_n – нормативный расход топлива, л;
 S – пробег автомобиля-самосвала или автопоезда, км;
 $H_{\text{сalc}}$ – норма расхода топлива автомобиля-самосвала или самосвального автопоезда:
 $H_{\text{сalc}} = H_s + H_w \cdot (G_{\text{пр}} + 0,5q)$, л/100 км,
 где H_s – транспортная норма с учетом транспортной работы (с коэффициентом загрузки 0,5), л/100 км;
 H_w – норма расхода топлива на транспортную работу автомобиля-самосвала (если при расчете H_s не учтен коэффициент 0,5) и на дополнительную массу самосвального прицепа или полуприцепа, л/100 т · км;
 $G_{\text{пр}}$ – собственная масса самосвального прицепа, полуприцепа, т;
 q – грузоподъемность прицепа, полуприцепа (0,5q – с коэффициентом загрузки 0,5), т;
 H_z – дополнительная норма расхода топлива на каждую езду с грузом автомобиля-самосвала, автопоезда, л;
 Z – количество ездов с грузом за смену;

0 на дорогах общего пользования I и V категорий – до 30%.

0 Работа автотранспорта в городах с населением:
 свыше 3 млн. человек – до 25%;
 от 1 до 3 млн. человек – до 20%;
 от 250 тыс. до 1 млн. человек – до 15%;
 от 100 до 250 тыс. человек – до 10 %;
 до 100 тыс. человек в городах, поселках городского типа и других крупных населенных пунктах (при наличии регулируемых перекрестков, светофоров или других знаков дорожного движения) – до 5%.

Работа автотранспорта, требующая частых технологических остановок, связанных с погрузкой и выгрузкой, посадкой и высадкой пассажиров, в том числе маршрутные таксомоторы-автобусы, грузо-пассажирские и грузовые автомобили малого класса, автомобили типа лифт-экспресс и т.п., включая перевозки продуктов и мелких грузов, обслуживание почтовых ящиков, инкассацию денег, обслуживание пенсионеров, инвалидов, больных и т.п. (при наличии в среднем более чем одной остановки на 1 км пробега, при этом остановки у светофоров, перекрестков и переездов не учитываются)

0 до 10%

Перевозка нестандартных, крупногабаритных, тяжелых грузов, опасных грузов, грузов в стекле и т.д. движение в колоннах и при сопровождении, и других подобных случаях

0 с пониженной средней скоростью движения автомобилей 20–40 км/ч – до 15%
 с пониженной средней скоростью ниже 20 км/ч – до 35%.

0 до 10% При обкатке новых автомобилей и вышедших из капитального ремонта, (пробег определяется производителем техники)

0 При централизованном перегоне автомобилей своим ходом в одиночном состоянии или колонной – до 10%
 при перегоне – буксировке автомобилей в спаренном состоянии – до 15%
 при перегоне – буксировке в строенном состоянии – до 20%

10 Для автомобилей, находящихся в эксплуатации более 5 лет с общим пробегом более 100 тыс.км – до 5%
 более 8 лет с общим пробегом более 150 тыс.км – до 10%

При работе грузовых автомобилей, фургонов, грузовых таксомоторов и т. п. без учета массы перевозимого груза, а также при работе автомобилей в качестве технологического транспорта, включая работу внутри предприятия

0 до 10%

Р и с . 3. Задание поправочных коэффициентов при планировании автомобильного топлива

Таким же способом задаются значения других поправочных коэффициентов и вводится значение загрузки транспортного средства. После указания стоимости литра топлива, калькулятор выдает денежную сумму, необходимую для приобретения планового количества топлива.

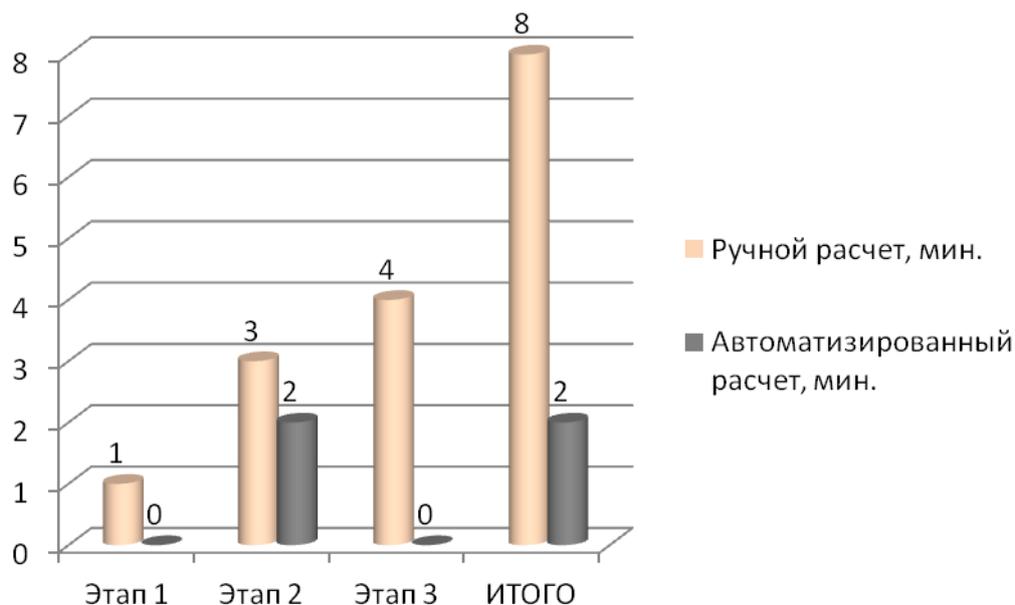
Ручной расчет планового количества топлива требует нескольких этапов. На первом этапе выбирается расчетная формула в зависимости от типа транспортного средства (автобус, бортовой автомобиль или автобус). На втором этапе подбираются исходные данные для расчета и вносятся в расчетные формулы. На этом же этапе вводится значение алгебраической суммы поправочных коэффициентов, которая определяет величину D в формуле (1). На третьем этапе осуществляются собственно вычислительные действия.

"Калькулятор норм расхода топлива" внедрен в ОАО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «Геострой» и ЗАО «Дорстройсервис».

Автоматизация приводит к 4-кратной экономии времени расчета плановой потребности в топливе (рис. 4). В результате происходит не только ускорение работы с количественными данными, но также снижение вероятности ошибок и повышение культуры работы менеджеров.

Приняв количество рабочих дней в 2018 году как 247, можно рассчитать суммарную экономию рабочего времени менеджера по планированию потребности в автомобильном топливе для одного транспортного средства – 24,7 час. При месячной заработной плате 15 тыс. руб. и месячной норме рабочего времени 136 часов при 40-часовой рабочей неделе стоимостная оценка эффективности снижения трудоемкости расчетов составит 2724,27 руб.

При парке автомобилей в автотранспортном предприятии, например, 50 единиц экономия составит в год более 136213 руб.



Р и с . 4. Сравнение трудозатрат на расчет норм расхода топлива (на 1 автомобиль)

Итак, планирование потребности в автомобильном топливе с высокой эффективностью может быть осуществлено с использованием информационных технологий, т. е. спутниковых навигационных систем и программного комплекса выполнения плановых расчетов. В совокупности они образуют один из возможных вариантов компоновки специализированной Transportation Management System (TMS). Эффект от внедрения TMS складывается из экономии средств за счет повышения точности планирования, необходимого количества топлива и снижения трудоемкости расчетов.

Список литературы

1. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте (утв. распоряжением Минтранса России от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р; в редакции распоряжений Минтранса России от 14.05.2014 N НА-50-р, от 14.07.2015 N НА-80-р). М., Автополис, 2016. 104 с.
2. Сарбаев В.И. Нормирование расхода топлива городских автобусов / В.И. Сарбаев, Д.Г. Суматохин // Автотранспортное предприятие. 2010. №10. С. 39–43.

3. Сарбаев В.И. Информационные технологии в управлении финансово-хозяйственной деятельностью транспортной компании / В.И. Сарбаев, Д.Г. Суматохин // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 4(35). С. 94–100.
4. Суматохин Д.Г. Повышение эффективности разработки индивидуальных маршрутных норм расхода топлива для городских автобусов: автореф. канд. техн. наук. М.: 2012. 14 с.
5. Дорофеев А.Н. Эффективное управление автоперевозками (Fleet management): Монография. М.: ИТК "Дашков и К", 2012. 196 с.
6. Дорофеев А.Н. Учет норм расхода топлива // Автотранспортное предприятие. 2006. № 8. С. 37–38.
7. Адувалин А.А. Нормирование и повышение эффективности технической эксплуатации автобусов (на примере транспорта общего пользования г. Магнитогорска): Монография / Адувалин А.А., Давыдов К.А., Грязнов М.В., Курганов В.М.. Магнитогорск: Изд-во «Магнитогорский Дом печати», 2015. 152 с.
8. Курганов В.М. Управление надежностью транспортных систем и процессов автомобильных перевозок: Монография / Курганов В.М., Грязнов М.В.. Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 2013. 318 с.
9. Осипов М., Майборода О.В. О совершенствовании характеристик путевого расхода топлива // Молодой ученый [Электрон. ресурс]. 2011. №4. Т.3. С. 110–112. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/27/3120/> (дата обращения: 23.02.2018)

AUTOMATION OF THE FUEL DEMAND PLANNING FOR ROAD TRANSPORTATION

V.M.Kurganov¹, M.V.Gryaznov², A.N.Dorofeev³

¹Tver state University, Tver

²Magnitogorsk state technical University, Magnitogorsk

³Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

The aim of the study is to reduce the complexity and improve the accuracy of calculations while planning the fuel requirements for vehicles when working on routes. The proposed computer program dramatically reduces the likelihood of errors in the calculations of personnel and allows you to form a reference database of the enterprise. In order to reduce the possible deviations of the calculation results from the objective fuel demand, the authors propose to clarify the correction factors taking into account the conditions of transportation and carrying out control measurements using satellite navigation systems.

Keywords: road transport, fuel, information technology, navigation systems.

Об авторах:

КУРГАНОВ Валерий Максимович – доктор технических наук, профессор, Тверской государственный университет, 170100, Тверь, Желябова, 33, e-mail: glavreds@gmail.com

ГРЯЗНОВ Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, e-

mail: gm-autolab@mail.ru

ДОРОФЕЕВ Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 105187, Москва, ул. Щербаковская, 38, e-mail: adorofeev@hse.ru

About the authors:

KURGANOV Valeriy Maksimovich – doctor of technical sciences (Dr.Sci.Tech.), professor, Tver State University, 170100, Tver, Zhelyabova, 33, e-mail: glavreds@gmail.com

GRYAZNOV Mikhail Vladimirovich – doctor of Technical Sciences, Professor, Magnitogorsk state technical University, 455000, Chelyabinsk region, Magnitogorsk, Lenin Ave, 38, e-mail: gm-autolab@mail.ru

DOROFEEV Aleksey Nikolaevich – candidate of Technical Sciences, Ass. Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, 105187, Moscow, Shcherbakovskaya, 38, e-mail: adorofeev@hse.ru

References

1. Normy rashoda topliv i smazochnyh materialov na avtomobil'nom transporte (utv. rasporyazheniem Mintransa Rossii ot 14 marta 2008 g. № AM-23-r; v redakcii rasporyazhenij Mintransa Rossii ot 14.05.2014 N NA-50-r, ot 14.07.2015 N NA-80-r). M., Avtopolis, 2016. 104 s.
2. Sarbaev V.I. Normirovanie rashoda topliva gorodskih avtobusov / V.I. Sarbaev, D.G. Sumatohin // Avtotransportnoe predpriyatie. 2010. №10. S. 39–43.
3. Sarbaev V.I. Informacionnye tehnologii v upravlenii finansovo-hozjajstvennoj dejatel'nost'ju transportnoj kompanii / V.I. Sarbaev, D.G. Sumatohin // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2011. № 4(35). S. 94–100.
4. Cumatohin D.G. Povyshenie jeffektivnosti razrabotki individual'nyh marshrutnyh norm rashoda topliva dlja gorodskih avtobusov: avtoref. kand. tehn. nauk. M.: 2012. 14 s.
5. Dorofeev A.N. Jeffektivnoe upravlenie avtoperevozkami (Fleet management): Monografija. M.: ITK "Dashkov i K", 2012. 196 s.
6. Dorofeev A.N. Uchet norm rashoda topliva // Avtotransportnoe predpriyatie. 2006. № 8. S. 37–38.
7. Aduvalin A.A. Normirovanie i povyshenie jeffektivnosti tehnicheckoj jekspluatacii avtobusov (na primere transporta obshhego pol'zovanija g. Magnitogorska): Monografija / Aduvalin A.A., Davydov K.A., Grjaznov M.V., Kurganov V.M.. Magnitogorsk: Izd-vo «Magnitogorskij Dom pečhati», 2015. 152 s.
8. Kurganov V.M. Upravlenie nadezhnost'ju transportnyh sistem i processov avtomobil'nyh perevozok: Monografija / Kurganov V.M., Grjaznov M.V.. Magnitogorsk: Magnitogorskij dom pečhati, 2013. 318 s.
9. Osipov M., Majboroda O.V. O sovershenstvovanii harakteristik putevogo rashoda topliva // Molodoj uchenyj [Jelektron. resurs]. 2011. №4. T.3. S. 110–112. — Rezhim dostupa: <https://moluch.ru/archive/27/3120/> (data obrashhenija: 23.02.2018)