Грузовик с приложением

11
2014

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель
ООО «Издательство Машиностроение»

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев, д-р техн. наук, гл. констр. ОАО "КАМАЗ"
В.М. Вовк, ген. дир. ОАО МЗКТ
В.А. Волчков, гл. ред. "Autotransportnik.ru"
С.М. Гайдар, д-р техн. наук, проф., МСХА им. К.А. Тимирязева
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
В.А. Зорин, д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
А.М. Иванов, д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
Н.И. Иващенко, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана
В.В. Комаров, канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО НИИАТ
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
О.Н. Румянцева, ком. директор ООО "Издательство Машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
В.С. Устименко, канд. техн. наук, НИИЦ АТ ФГУ 3 ЦНИИ МО РФ
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф. Уфимского ГАТУ
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана

Корпункты:
Я.Е. Карповский (г. Минск)
В.Г. Дьяченко (г. Харьков)

Адрес редакции
107076, Москва, Стромынский пер., 4.
Тел. (499) 269-49-97
E-mail: grouzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Стромынский пер., 4.
Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре.
Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764
от 26 ноября 2010 г.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечать» 37349,
по объединенному каталогу
«Пресса России» 39799,
по каталогу «Почта России» 25782

© ООО «Издательство Машиностроение», «Грузовик», 2014

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

В НОМЕРЕ:

Конструкция

2 *Горобцов А. С., Шурыгин В. А., Серов В. А., Дьяков А. С., Лаптева В. О., Макаров А. А.* Разработка математической модели многоопорной транспортной машины для перевозки крупногабаритных неделимых грузов

6 *Рассоха В. И., Исайчев В. Т.* Точность работы системы автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля при движении на подъемах

Исследования. Расчет

11 *Дубовик Е. А.* Обобщенный критерий аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга транспортного средства

Эксплуатация. Ремонт

17 *Макушин А. А., Гарипов Р. И., Якубович И. А., Шафеев Д. Р.* Изнашивание деталей и способы восстановления маховика коленчатого вала двигателя грузового автомобиля

Практика

20 *Тусупов Д. М.* Модели и методы принятия решений для организации пункта технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей

Транспортный комплекс

27 *Якубович А. Н., Якубович И. А., Крикун С. Н.* Информационная система проектирования сети временных автодорог "зимников" в условиях Крайнего Северо-Востока России

Экология

33 *Капустин А. А.* Природный газ — топливо для автомобильных ДВС?!

39 *Марков В. А., Девянин С. Н., Спиридонова Л. В.* Перспективы использования биотоплив в дизельных двигателях

48 *Abstracts of articles*

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

УДК 629.3.02

А. С. Горобцов, д.т.н., ВолгГТУ, Волгоград,
В. А. Шурыгин, д.т.н., **В. А. Серов,** к.т.н., ОАО "ЦКБ "Титан", Волгоград,
А. С. Дьяков, к.т.н., МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва,
В. О. Лаптева, аспирант, **А. А. Макаров**, студент, ВолгГТУ, Волгоград
E-mail: vm@vstu.ru, diakov57@list.ru

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГООПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ НЕДЕЛИМЫХ ГРУЗОВ

Представлена математическая модель транспортной машины для перевозки крупногабаритных неделимых грузов, разработанная в ПК ФРУНД. Проведен сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований. Данная работа выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации и Минобрнауки.

Ключевые слова: *математическое моделирование, гидропневматическая подвеска, неделимый груз, многоопорная транспортная машина.*

При разработке транспортных машин для перевозки крупногабаритных неделимых грузов, особое внимание уделяется плавности хода, устойчивости и управляемости. Поэтому анализ этих параметров с помощью математической модели позволяет сократить время на разработку и оптимизацию основных параметров транспортной машины.

Математическая модель транспортной машины строилась с помощью ПК (программного комплекса) инвариантного моделирования динамики систем тел ФРУНД [4—7]. Методы решения задач динамики механических систем на основе алгоритмов автоматического построения уравнений движения широко используются в процессе доводки и оптимизации конструкции машин и механизмов [1—5, 8—9].

Преимуществом таких методов является гибкость задания структуры расчетной схемы исследуемой машины, вследствие чего появляется возмож-

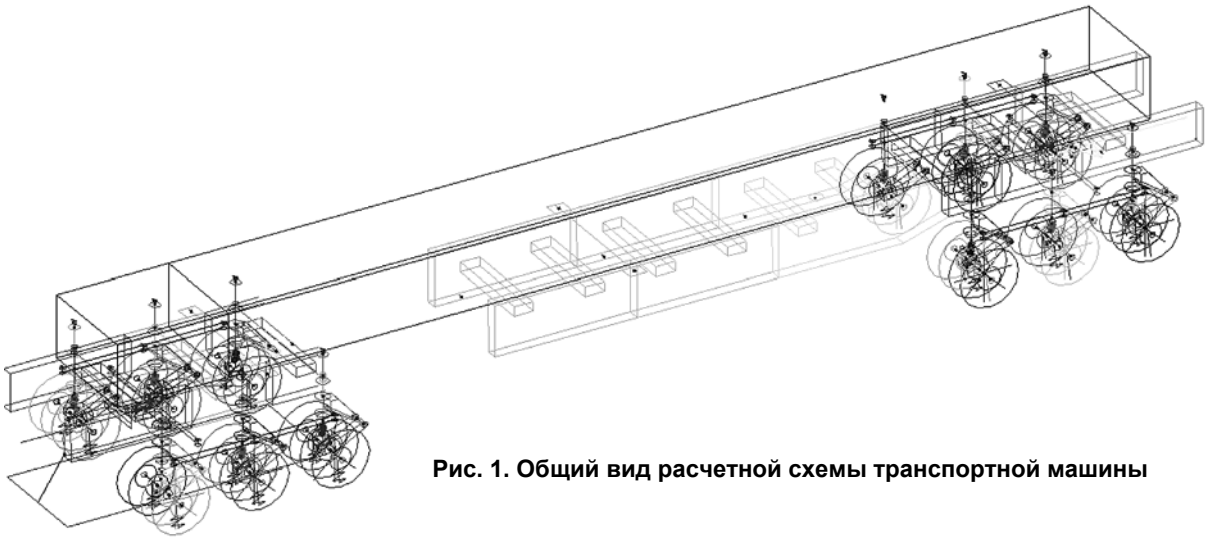


Рис. 1. Общий вид расчетной схемы транспортной машины

ность рассмотрения большого числа различных модификаций ее конструкции.

Рассматривается модель многоопорной транспортной машины с гидропневматической подвеской. В расчетную схему модели включены основные агрегаты и узлы, присущие модулю данной компоновки.

Общий вид расчетной схемы модели представлен на рис. 1. Модель представляет собой набор твердых тел, соединенных упругими и демпфирующими элементами (пружинами, амортизаторами), а также различными кинематическими парами, в том числе и податливыми.

Каждое тело обладает шестью степенями свободы. Всего модель содержит 113 тел. На рис. 1 показано каждое тело, представлены также маркеры кинематических пар — шарниров и упругодемпфирующих связей. Считается, что ко всем телам расчетной схемы приложены силы веса. Возмущение от дороги воспринимается через шины, передающие три силы и один момент относительно вертикальной оси колеса — так называемый стабилизирующий момент шины. Подробное описание нелинейной модели шины можно найти в [7], параметры шины данной модели приведены ниже.

Рассмотрим подмодели отдельных узлов колесного модуля. При построении динамической модели особое внимание было уделено проработке элементов гидропневматической подвески.

Все места крепления звеньев моделируются соединительными элементами, каждый из которых имеет свою механическую характеристику.

Расчетная схема управляемой подвески показана на рис. 2. Независимая подвеска управляемых колес

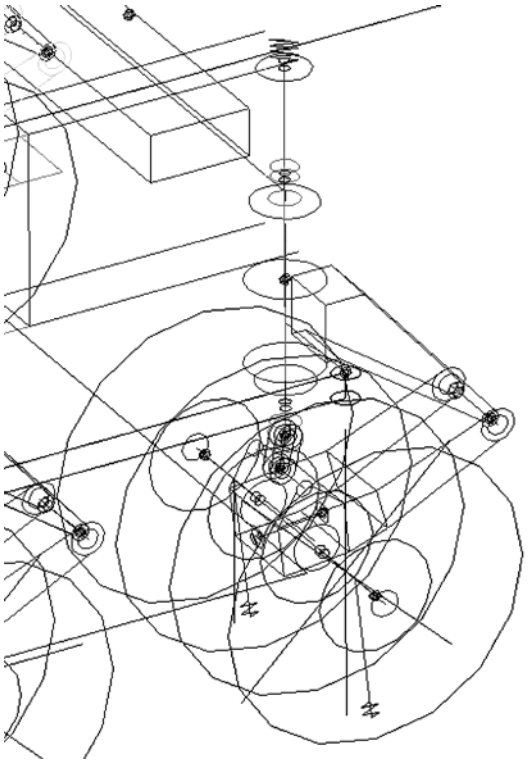


Рис. 2. Модель подвески колесного модуля

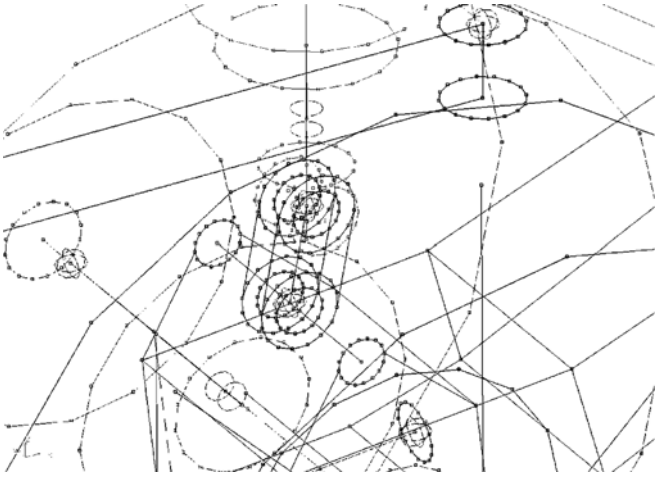


Рис. 3. Схема крепления серьги

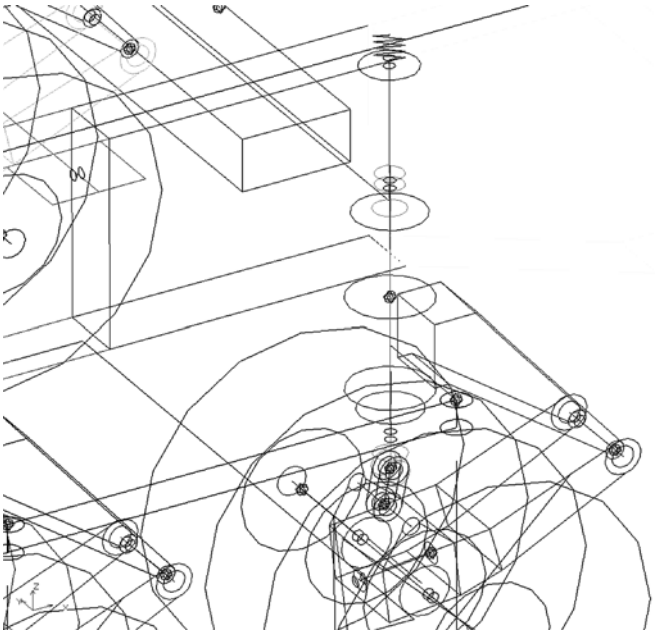


Рис. 4. Схема крепления ГПР в подвеске

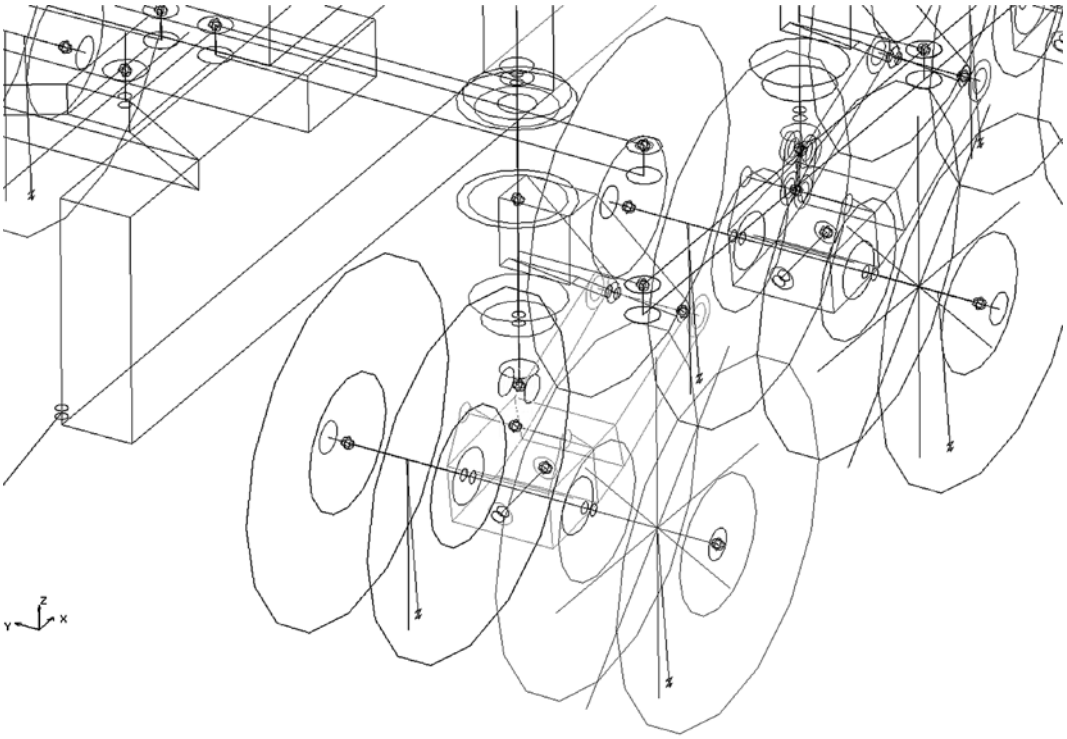


Рис. 5. Схема крепления колес к ступице

отличается от подвески неуправляемых колес соединением поперечной рулевой тяги. К раме колесного модуля крепится рычаг, который соединяется с балансиром. Балансир в свою очередь соединен с нижней частью штока через серьгу рис. 3.

Рулевые тяги связывают между собой по три пары колес с каждой стороны. Задние и передние части колесного модуля могут регулироваться отдельно. На рис. 4 показано расположение ГПР в подвеске. Схема крепления колес к ступице показана на рис. 5.

Для проверки адекватности математической модели был проведен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных исследований.

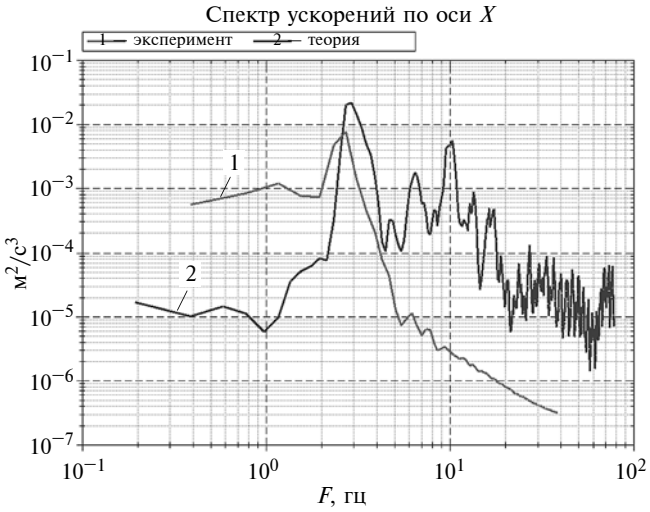


Рис. 6. Спектр ускорений по оси *X*

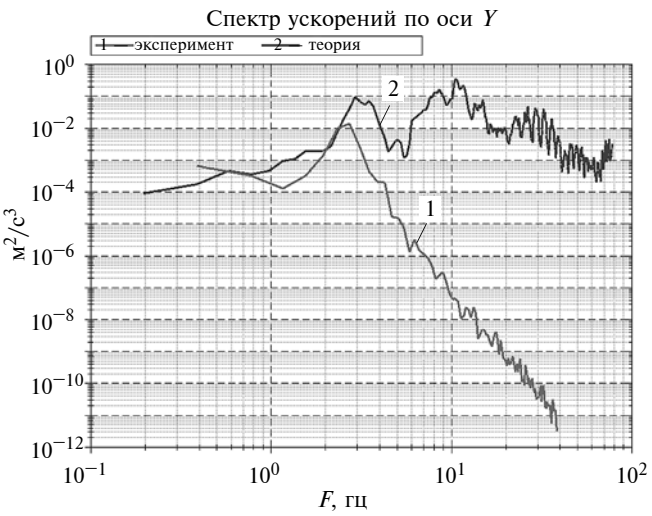


Рис. 7. Спектр ускорений по оси *Y*

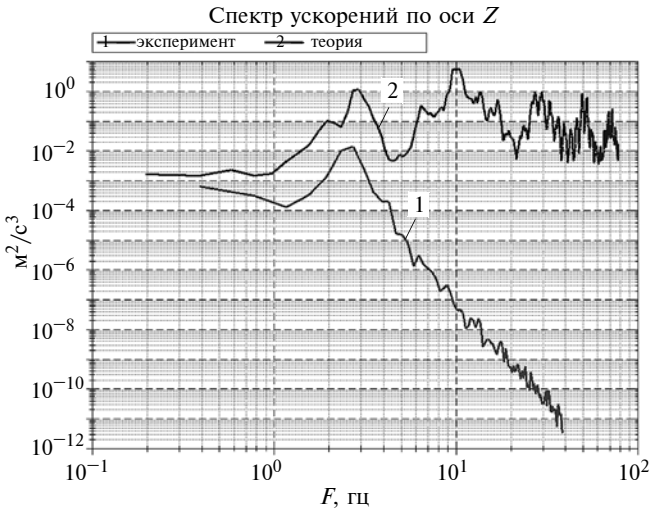


Рис. 8. Спектр ускорений по оси *Z*

Результаты экспериментального и теоретического исследований представлены в виде спектров ускорений в месте крепления груза на рис. 6—8.

Из анализа графиков на рис. 6 следует, что резонансная частота колебаний по экспериментальным данным лежит в диапазоне частот 2,4—2,9 Гц, а по теоретическим расчетам — в диапазоне частот 2,8—3,0 Гц.

Из анализа графиков на рис. 7 следует, что резонансная частота колебаний по экспериментальным данным лежит в диапазоне частот 2,3—2,8 Гц, а по теоретическим расчетам — в диапазоне частот 2,8—3,5 Гц.

Из анализа графиков на рис. 8 следует, что резонансная частота колебаний по экспериментальным данным лежит в диапазоне частот 2,3—2,9 Гц, а по теоретическим расчетам — в диапазоне частот 2,4—3,0 Гц.

Сравнение результатов экспериментального и теоретического исследований подтверждает достаточно высокую степень адекватности разработанной математической модели, которая позволяет оптимизировать параметры гидропневматической подвески для улучшения виброзащитных свойств, что позволит увеличить средние скорости движения по различным типам дорог и обеспечить сохранность крупногабаритных неделимых грузов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Computer** Aided Design Software, Inc. DADS, User's Guide, 1992.
2. **Mechanical** Dynamics, Inc., ADAMS/Vehicle, User's Guide (Version 8.0), November 1988.
3. **Байков В. Г.** Моделирование динамики механических систем в программном комплексе Euler. — САПР и графика, 1998, № 1. — С. 38—48.
4. **Горобцов А. С.** Программный комплекс моделирования пространственного движения систем твердых и упругих тел. Инженерный журнал. 2004, № 9.
5. **Горобцов А. С.** Комплекс ФРУНД — инструмент исследования динамики автомобиля / А. С. Горобцов, С. К. Карцов, Р. П. Кушвид // Автомобильная промышленность. — 2005. — № 2. — С. 32—33.
6. **Воеводенко С. М.** Современные методы проектирования автомобиля. Проблемы и пути их решения / В. Е. Тольский, А. С. Горобцов, С. М. Воеводенко // Автомобильная промышленность. — 2008. — № 10. — С. 34—36.
7. **Горобцов А. С., Кушвид Р. П., Карцов С. К.** Развитие теории управляемости и устойчивости движения автомобиля на базе пространственных компьютерных моделей. М.: Машиностроение 1, 2004 г.
8. **Ефимов Г. Б., Погорелов Д. Ю.** Универсальный механизм — пакет программ для моделирования динамики систем многих твердых тел. Препринт ИПМ им. М. В. Келдыша РАН №77. — М.: 1993.
9. **Пневмогидравлическая** рессора быстроходной гусеничной машины / А. С. Дьяков, М. О. Котляренко, А. В. Поздеев, А. В. Похлебин, Ю. О. Шахмарданов // Вестник Академии военных наук. — 2011. — № 2 (спецвыпуск). — С. 125—132.

Новый проект со старым партнером

ГК "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" продолжает сотрудничество со своим постоянным партнером — производственно-коммерческой фирмой "НБ-Центр", г. Ростов-на-Дону.

Новым этапом сотрудничества стала покупка шести бортовых автомобилей КАМАЗ-65117-А4 по условиям продукта "Специальный" сроком на три года.

Заключенная с "НБ-Центр" сделка уже не первая. Начиная с 2008 г., в адрес постоянного партнера было отгружено 82 автомобиля, что подтверждает высокую оценку клиентами финансовых продуктов КАМАЗ-ЛИЗИНГ, в том числе нового продукта "Специальный" со сниженной ставкой 4%.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 629.3.027.415

В. И. Рассоха, д-р техн. наук, доц., **В. Т. Исайчев**, канд. техн. наук, доц.,
Оренбургский гос. ун-т
E-mail: cabin2012@yandex.ru

ТОЧНОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ПОДЪЕМАХ

Получены выражения, учитывающие инерционность элементов системы непрерывного регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения, использование которых при настройке системы позволяет повысить точность регулирования при движении на подъемах.

Ключевые слова: *автомобиль, схождение управляемых колес, система регулирования, инерционность, движение на подъеме.*

Введение

Автомобиль в процессе движения на подъеме может преодолевать его под действием тяговой силы ведущих колес с разгона, при необходимости, с переключением на низшие передачи и равномерно на передаче, обеспечивающей преодоление подъема. При этом на элементы автомобиля, в том числе управляемого моста и рулевого привода, действуют различные нагрузки, вызывающие деформации этих элементов, изменение зазоров в них и отклонение схождения управляемых колес от правильного значения.

Для поддержания правильного схождения управляемых колес автомобиля авторами предложена и запатентована система автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения [1—6].

За критерий оценки правильности схождения управляемых колес автомобиля принято равенство боковых реакций дороги на эти колеса (в процессе движения) нулю или значению, близкому к нулю.

Предложенная система автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении является механической системой и поэтому, как и другие механические системы, обладает инерционностью элементов. В этой связи для обеспечения точности регулирования при нарушении схождения управляемых колес автомобиля восстановление правильного угла схождения этих колес в процессе движения должно производиться с учетом инерционности системы и осуществляться в два этапа: первый — силовое восстановление части отклонения от правильного схождения управляемых колес благодаря исполнительному механизму системы автоматического регулирования в процессе движения (например, гидроцилиндра); второй — дорегулирование схождения управляемых колес до оптимального значения путем использования инерции элементов этой системы.

Методика расчетных исследований

На рисунке представлена схема системы автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения при равномерном движении на подъем в момент начала восстановления системой правильного схождения управляемых колес автомобиля. При этом имеется в виду, что каждое из управляемых колес автомобиля в результате действия каких-то факторов получило отклонения от правильного угла схождения на какой-то угол δ, и система должна восстановить правильное схождение, обеспечивая соответствующие параметры ее рабочего процесса, в зависимости от соотношения действующих на управляемые колеса сил, обусловленных параметрами и состоянием автомобиля и условиями эксплуатации.

В процессе движения автомобиля и восстановления правильного схождения в первой фазе силового восстановления на управляемые колеса автомобиля действуют следующие силы и моменты:

$G_к$ — вес управляемого колеса в сборе;

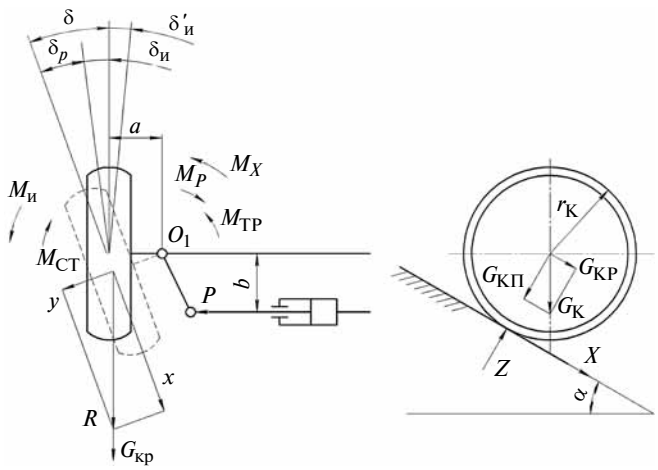


Схема к расчету инерционности системы непрерывного регулирования схождения управляемых колес автомобиля при движении на подъемах

Z — нормальная реакция дороги на управляемое колесо;

X — касательная реакция дороги на управляемое колесо;

Y — боковая реакция дороги на управляемое колесо;

R — суммарная реакция дороги на колесо, действующая в плоскости дороги;

P — осевое усилие в поперечной рулевой тяге, создаваемое исполнительным механизмом (гидроцилиндром) системы автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля;

$M_{тр}$ — момент трения в шкворневом соединении;

$M_{ин}$ — инерционный момент управляемого колеса в сборе с осью и поворотным кулаком относительно центра их поворота O_1;

$M_{ст}$ — стабилизирующий момент, включающий весовую и скоростную составляющие, упругость шины.

На рисунке обозначены также следующие параметры процесса восстановления правильного угла схождения управляемых колес автомобиля:

α — угол подъема дороги;

a — расстояние от средней плоскости управляемого колеса до центра его поворота O_1;

b — расстояние от управляемой оси автомобиля до оси поперечной тяги рулевого привода;

$r_к$ — радиус качения управляемых колес;

$\delta_с$ — угол силового восстановления схождения управляемого колеса;

$\delta_и$ — угол инерционного восстановления схождения управляемого колеса автомобиля.

Вес управляемого колеса в сборе с осью может быть разложен (см. рисунок) на две составляющих: $G_{кг}$ — действующую параллельно и $G_{кп}$ — действующую перпендикулярно поверхности дороги, полагая, что последняя является плоскостью.

При прямолинейном движении автомобиля на подъем уравнение моментов сил, действующих на каждое из управляемых колес автомобиля в сборе с осями относительно центров их поворота O_1 (O_2) с учетом этой схемы будет иметь вид:

$$M_к + M_x + M_{тр} - M_{ст} + M_{ин} - M_p = 0, \qquad (1)$$

где $M_к$ — момент от составляющей веса управляемого колеса в сборе, параллельной поверхности дороги:

$M_к = G_{кг} \cdot a$.

Составляющая $G_{кг}$ веса управляемого колеса в сборе, параллельная поверхности дороги, определяется из рассмотрения силового треугольника профильной проекции схемы системы автоматического регулирования, из которого:

$$G_{кг}/G_к = \sin\alpha,$$

отсюда $G_{кг} = G_к \sin\alpha$,

$$aM_к = G_к \cdot a \cdot \sin\alpha. \qquad (2)$$

Момент, создаваемый касательной реакцией дороги на управляемое колесо:

$$M_x = Xa,$$

где реакция X находится по выражению:

$$X = Zf,$$

здесь f — коэффициент сопротивления качению.

Нормальная реакция дороги на управляемое колесо определяется с учетом угла подъема дороги:

$$Z = G_1/(m_{p1}\cos\alpha),$$

где m_{p1} — коэффициент, учитывающий перераспределение нормальных реакций по осям автомобиля; G_1 — вес автомобиля, приходящийся на управляемую ось.

По аналогии с весом управляемого колеса, вес автомобиля, приходящийся на управляемую ось, раскладывается на две составляющих: перпендикулярную и параллельную поверхности дороги (горизонтальной плоскости).

Составляющая, перпендикулярная поверхности дороги:

$$G_{1п} = G_1 \cos\alpha,$$

$$G_1 = m_1 g,$$

где m_1 — масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось; g — ускорение свободного падения.

Коэффициент сопротивления качению управляемых колес автомобиля может определяться по выражению:

$$f = f_0[1 + (V^2/2 \cdot 10^4)],$$

где f_0 — коэффициент, характеризующий тип дорожного покрытия; V — скорость движения автомобиля.

С учетом этих выражений:

$$M_x = 0{,}5 m_1 g m_{р1} \cos\alpha f_0[1 + (V^2/2 \cdot 10^4)]a. \quad (3)$$

Инерционный момент управляемого колеса в сборе с осью определяется по уравнению:

$$M_и = I\varepsilon_с,$$

где I — момент инерции управляемого колеса в сборе с осью относительно центра поворота O_1; $\varepsilon_с$ — угловое ускорение управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе относительно этого центра поворота.

Для определения момента инерции управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе принимаем допущение, что центр тяжести этого колеса в сборе находится на этой оси в средней его плоскости.

С учетом этого допущения момент инерции управляемого колеса в сборе будет равен:

$$I = m_k a^2,$$

где m_k — масса управляемого колеса автомобиля в сборе с осью и поворотным кулаком.

С учетом этого инерционный момент управляемого колеса с осью в сборе составит:

$$M_и = m_k \varepsilon_с a^2. \quad (4)$$

Входящий в уравнение (1) момент M_p, создаваемый исполнительным механизмом системы автоматического регулирования схождения управляемых колес, определяется как

$$M_p = Pb. \quad (5)$$

Момент трения в шкворневом соединении учитывает потери на трение в шкворневом узле. Он может быть найден по выражению:

$$M_{тр} = M_p K_п,$$

где $K_п$ — коэффициент потерь в шкворневом узле, который определяется как

$$K_п = (1 - \eta_{рм}),$$

где $\eta_{рм}$ — коэффициент полезного действия шкворневого соединения.

С учетом этих выражений:

$$M_{тр} = Pb(1 - \eta_{рм}) = M_p(1 - \eta_{рм}). \quad (6)$$

Учитывая, что угол отклонения от правильного схождения управляемых колес автомобиля, при котором начинает работать система автоматического регулирования схождения, достаточно мал, влиянием стабилизирующего момента можно пренебречь.

Подставим выражение (4) инерционного момента управляемого колеса с осью в сборе в уравнение (1) и решим его относительно углового ускорения управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе относительно центра их поворота O_1 в фазе силового восстановления правильного схождения управляемых колес:

$$M_к + M_x + M_{тр} + m_k a^2 \varepsilon_с - M_p = 0.$$

Отсюда:

$$m_k a^2 \varepsilon_с = M_p - M_к - M_x - M_{тр},$$

$$\varepsilon_с = (M_p - M_к - M_x - M_{тр})/m_k a^2. \quad (7)$$

Угол, на который поворачивается управляемое колесо автомобиля с осью и поворотным кулаком относительно центра поворота на первом этапе (фазе) восстановления автоматической системой правильного угла схождения управляемых колес находится по выражению:

$$\delta_с = 0{,}5 \varepsilon_с t_c^2,$$

где t_c — время поворота управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе на первом этапе восстановления автоматической системой правильного угла схождения управляемых колес.

Угловая скорость управляемого колеса автомобиля с осью и поворотным кулаком определяется как производная этого угла по времени:

$$\omega_{си} = d\delta_с/dt = \varepsilon_с t_с = \omega_{си},$$

где $\omega_{си}$ — угловая скорость управляемого колеса с осью и поворотным кулаком относительно центра поворота в момент окончания силового воздействия исполнительного механизма.

Тогда время поворота управляемого колеса с осью и поворотным кулаком в сборе на первом этапе восстановления автоматической системой правильного угла схождения управляемых колес автомобиля будет равно:

$$t_с = \omega_{си}/\varepsilon_с, \quad (8)$$

а угол, на который повернется управляемое колесо с осью и поворотным кулаком в сборе за это время составит:

$$\delta_с = \omega_{си}^2/2\varepsilon_с. \quad (9)$$

На втором, инерционном, этапе восстановления системой автоматического регулирования правильного угла схождения управляемых колес автомобиля на основании представленного рисунка, уравнение моментов, действующих на управляемое колесо автомобиля с осью в сборе, будет иметь вид:

$$M_к + M_x + M_{тр} - M_и = 0.$$

Подставив в него выражение (4) инерционного момента управляемого колеса в сборе с осью и поворотным кулаком, определим угловое замедление этого колеса с осью относительно центра поворота O_1 на инерционном этапе восстановления правильного схождения управляемых колес автомобиля:

$$M_к + M_x - m_k a^2 \varepsilon_и - M_{тр} = 0.$$

Отсюда

$$m_k a^2 \varepsilon_и = M_к + M_x + M_{тр},$$
$$\varepsilon_и = (M_p - M_к - M_x - M_{тр})/m_k a^2. \quad (10)$$

Угловая скорость управляемого колеса с осью и поворотным кулаком на инерционном этапе восстановления правильного схождения управляемых колес автомобиля изменяется по выражению:

$$\omega = \omega_{си} - \varepsilon_и t, \quad (11)$$

а в момент окончания восстановления правильного угла схождения она должна стать равной нулю.

Приравняв выражение (11) к нулю, можно определить требуемое время восстановления правильного угла схождения управляемых колес автомобиля за счет инерции элементов системы регулирования:

$$t_и = \omega_{си}/\varepsilon_и. \quad (12)$$

Угол, на который поворачивается управляемое колесо автомобиля в сборе с осью и поворотным кулаком на этапе инерционного дорегулирования, составит:

$$\delta_и = 0{,}5\omega_{си}^2/\varepsilon_и, \quad (13)$$

а угол отклонения схождения управляемых колес автомобиля от правильного схождения будет равен:

$$\delta = 0{,}5\omega_{си}^2/\varepsilon_с + 0{,}5\omega_{си}^2/\varepsilon_и. \quad (14)$$

Определяем угловую скорость управляемого колеса в сборе с осью и поворотным кулаком относительно центра поворота O_1 в момент окончания силового восстановления и начала инерционного восстановления правильного схождения управляемых колес автомобиля:

$$\omega_{си} = [2\varepsilon_с\varepsilon_и\delta/(\varepsilon_с + \varepsilon_и)]^{1/2}. \quad (15)$$

Подставив в это выражение значения угловых ускорений (7) и (10), получим:

$$\omega_{си} = \{[(M_p - M_к - M_x - M_{тр})/m_k a^2] \times$$
$$\times [(M_к + M_x + M_{тр})/m_k a^2] \times$$
$$\times 2\delta/[(M_p - M_к - M_x - M_{тр})/(m_k a^2) +$$
$$+ (M_к + M_x + M_{тр})/(m_k a^2)]\}^{1/2} =$$
$$= \{(M_p - M_к - M_x - M_{тр})[M_к + M_x + M_{тр}] \times$$
$$\times 2\delta/M_р m_k a^2\}^{1/2}. \quad (16)$$

Имея отклонение угла схождения управляемых колес автомобиля от правильного значения, и, используя выражение (16) и входящих в него параметров (2)—(6), определяем параметры рабочего процесса предлагаемой системы, необходимые для восстановления правильного схождения управляемых колес.

Время восстановления правильного угла схождения управляемых колес автомобиля за счет использования инерции элементов системы автоматического регулирования схождения находится как:

$$t_и = \{(M_p - M_к - M_x - M_{тр})[M_к + M_x + M_{тр}] \times$$
$$\times 2\delta/M_p m_k a^2\}^{1/2}/[(M_к + M_x + M_{тр})/m_k a^2] =$$
$$= \{(M_p - M_к - M_x - M_{тр})2\delta/M_p[M_к + M_x + M_{тр}]\}^{1/2}, \quad (17)$$

а угол инерционного восстановления правильного угла схождения управляемых колес автомобиля равен:

$$\delta_и = [(M_p - M_к - M_x - M_{тр}) \times$$
$$\times (M_к + M_x + M_{тр})\delta/M_p m_k a^2]/[(M_к + M_x + M_{тр})/m_k a^2] =$$
$$= (M_p - M_к - M_x - M_{тр})\delta/M_р. \quad (18)$$

Выводы

1. Проведенные исследования позволили установить теоретическую взаимосвязь между параметрами системы автоматического регулирования схождения управляемых колес в движении, а также параметрами автомобиля и условиями эксплуатации.

2. Полученные математические зависимости позволяют определить параметры рабочего процесса системы автоматического регулирования схождения управляемых колес в движении с учетом инерционности ее элементов, что позволит обеспечить (при его отклонении) точность восстановления правильного угла схождения управляемых колес автомобиля.

3. Проведенный теоретический анализ позволяет установить рациональные параметры системы автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рассоха В. И.** Устройство контроля и регулирования схождения управляемых колес АТС в процессе движения [Текст] / В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев, Е. В. Бондаренко // Автомобильная промышленность. — 2009. — № 5. — С. 21—23.
2. **Патент 2333470 Россия МПК G 01 M 17/06.** Способ автоматической установки схождения управляемых колес в процессе движения / Е. В. Бондаренко, В. А. Бондаренко, В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев, А. С. Килов. — № 2006105921; заявл. 26.02.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25.
3. **Патент 2423273 Россия МПК B 62 D 6/04; G 01 M 17/06.** Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в движении / В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев. — № 2010107808; заявл. 03.03.2010; опубл. 10.07.2011. Бюл. № 19.
4. **Патент 2424147 Россия МПК B 62 D 6/04; G 01 M 17/06.** Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в движении / В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев. — № 2010107811; заявл. 03.03.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20.
5. **Патент 2432287 Россия МПК B 62 D 6/04; G 01 M 17/06.** Устройство для непрерывного автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортного средства в движении / В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев. — № 2010117549; заявл. 30.04.2010; опубл. 27.10.2011, Бюл. № 30.
6. **Патент 2432291 Российская Федерация, МПК B 62 D 6/04; G 01 M 17/06.** Устройство для автоматического регулирования схождения управляемых колес автомобиля в процессе движения / В. И. Рассоха, В. Т. Исайчев. — № 2010117554; заявл. 30.04.2010; опубл. 27.10.2011, Бюл. № 30.

"КАМАЗ" расширяет возможности дилеров по факторингу

ОАО "КАМАЗ" и компания "ВТБ Факторинг" подписали генеральный договор о факторинговом обслуживании.

В рамках договора ООО "ВТБ Факторинг" будет осуществлять финансирование в размере 100 % суммы возникающей задолженности дилеров перед "КАМАЗом". А дилеры, в свою очередь, получат адекватную оценку возможных рисков, быстрое принятие решения и финансирование в пределах установленных лимитов.

В сложной экономической ситуации факторинг становится все более востребованным инструментом финансирования, поскольку камазовские дилеры особенно заинтересованы в получении дополнительной отсрочки платежа, а ОАО "КАМАЗ" — в снижении риска неоплаты поставленной продукции. Решением проблемы стал именно факторинг, как наиболее быстрый способ получить денежные средства под уступку дебиторской задолженности. Для дилеров это означает значительное упрощение процедуры получения факторинговых средств, поскольку, в отличие от кредитных, они не требуют обязательного залогового обеспечения.

ООО "ВТБ Факторинг" — дочерняя компания ОАО "Банк ВТБ", занимающая первое место в рейтинге факторинговых компаний в 2013 и I квартале 2014 г. по объему выплаченного финансирования и размеру факторингового портфеля. География деятельности "ВТБ Факторинг" охватывает всю территорию России через собственную филиальную сеть в 18 крупнейших городах России и филиалы Банка ВТБ. Стратегия компании предполагает в качестве приоритетного направления ориентацию на работу с крупнейшими предприятиями российского рынка товаров и услуг.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 05.22.10

Е. А. Дубовик, аспирант, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону
E-mail: Dubovik1982@list.ru

ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВНЕШНЕГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ТЮНИНГА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В работе предлагается использовать интегральный показатель достаточности для оценки аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга на основе нечеткой информации отдельных критериев, определяемый введением мультипликативного метрезованного оператора свертки на множестве критериев

Ключевые слова: *автомобиль, аэродинамика, достаточность, тюнинг.*

Введение

Термин "tuning", в переводе с английского, означает "настройка", "регулировка". Понятие "тюнинг автомобилей" стало для нас уже привычным, хотя зачастую под этим подразумевается всего лишь внешнюю отделку. Тюнингованный автомобиль в западном понимании — это машина, сделанная под конкретного владельца, с учетом всех его потребностей и запросов. Усовершенствованию автомобилей нет предела. Тема эта интересна и увлекательна. Тюнинг может включать в себя достаточно серьезные изменения в конструкции двигателя, подвески, тормозов и других систем автомобиля.

Тюнинг — это искусство придать свое лицо одному из сотен тысяч сходящих с конвейеров одинаковых автомобилей. Искусство дарить чувство индивидуальности. Многих имеющийся автомобиль в принципе устраивает, но так хочется, чтобы он чем-то отличался от тысяч других авто. Самое простое — внешняя отделка. От банальных наклеек, молдингов, тонировки до пластиковых навесок, хромировок. Никаких изменений технических характеристик автомобиля эти действия не несут, если не вредят, хотя есть исключения.

Но если вы хотите реально увеличить "способности" своей машины, то в этом случае наклейками уже не обойтись. Здесь нужна серьезная работа со всеми системами автомобиля. Скоростному авто полезны спойлеры, усиливающие прижим к дороге, и дополнительные воздухозаборники для охлаждения тормозов. Все изменения будут направлены на увеличение мощности и подвижности автомобиля.

Тюнинг можно разделить на несколько "ступеней".

Самое простое — внешняя отделка.

Для скоростного автомобиля — установка спойлеров, усиливающих прижим к дороге, и дополнительных воздухозаборников для охлаждения тормозов.

Далее идут незначительные технические изменения. Чип-тюнинг, "настроенная" система выпуска. Все это позволит поднять мощность мотора без каких-либо серьезных переделок двигателя.

Следующий уровень — изменения, затрагивающие агрегаты и узлы машины. Здесь уже экспериментировать не стоит, многие работы требуют научных расчетов или, по крайней мере, практического опыта. Наиболее популярен вариант тюнинга легковых машин в сторону "кольцевых" спортивных.

Пожалуй, это первое, что делают с новой моделью, приглянувшейся тюнинговым фирмам. На этом же уровне идут изменения коробки передач с измененными передаточными числами, замена редукторов. Такие изменения (естественно, не считая крайностей) не требуют серьезной перестройки всего автомобиля. Ведь машины в основном создаются под среднего потребителя и допускают смещение отдельных параметров в определенном коридоре.

Следующая ступень — сверхмощные и сверхлегкие двигатели, коробки передач с потрясающими характеристиками. Среди эпитетов "супер" есть и суперцена. Помимо эксклюзивности она определяется и материалами — легкие прочные сплавы, композиты, углепластик.

Можно долго говорить о манящем мире тюнинга. По большому счету, Hi-End-аудио в салоне машины — тоже "воплощение мечты владельца". Главное, что разработки специалистов, спортивных инженеров и художников-дизайнеров, высокие технологии и испытания возвращаются к обычному автомобилисту немцу, британцу, россиянину, в виде проверенных новшеств и улучшений, которые нужны ему и его автомобилю. Идет настройка конкретной машины под конкретного человека, его желания и возможности, то есть тюнинг.

1. Постановка задачи

В случае многокритериальной оценки элементов аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга (качества) различных транспортных средств вопрос о показателях качества (их количестве, значимости, методах измерения и т.п.) является не всегда очевидным. Естественно, что набор критериев должен охватывать все существенные стороны рассматриваемых объектов. Чаще всего оценка качества обычно принимается по принципу — чем больше значение какого-либо показателя, характеризующего положительную сторону объекта, тем лучше. Однако применительно к аэродинамическим элементам внешнего потребительского тюнинга это положение не всегда является справедливым. Поэтому предположим, что по каждому из показателей качества существует граница, за которой увеличение его бессмысленно, так как не приводит к действительному улучшению аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга объекта и может быть даже вредным вследствие возможного ухудшения других неконтролируемых показателей. Вводимую таким образом границу будем называть уровнем достаточности, а использованное положение — концепцией или аксиомой достаточности.

При поиске наиболее рациональных путей для решения проблемы обеспечения качества аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга одним из основных этапов является обоснование требований, предъявляемых к ним.

2. Парадигма (модель) анализа качества

Парадигма анализа (оценки) качества включает:

1) предварительный анализ;
2) структурный анализ;
3) анализ неопределенности;
4) анализ полезности или ценности;
5) процедуру оптимизации.

Применительно к проблеме обеспечения требуемого качества тюнинга транспортных средств первые три фазы анализа качества отрабатывались в ходе различных исследований. При этом по объему исследований и затраченному времени самой большой является фаза анализа неопределенностей, которая включает исследования по проблемам получения оценок качества и методам их подтверждения, т.е. имеет целью раскрытие всех неопределенностей в этих вопросах. Однако, как отмечено в [1], этапы формулировки проблемы целей оценки и анализа полезности (ценности), несмотря на кажущуюся тривиальность, являются очень важными, так как даже малая ошибка в постановке задачи приводит к неверному результату или, как говорят, "значительно хуже получить ответ на неправильно поставленный вопрос, чем неполный ответ на правильно сформулированную задачу".

Методический аппарат структуризации целей и определения частных критериев описан в [1]. С точки зрения анализа полезности и процедуры оптимизации более предпочтительным с методической и математической точек зрения являются подходы, основанные на использовании процедур оценки, согласно которым лучшими по тюнингу признаются объекты, получившие при отображении на числовую ось специального измеримого показателя большую (или меньшую) оценку. При этом обычно предполагается, что числовая оценка не зависит от того, какое исходное множество объектов рассматривается.

Следует отметить, что предлагаемый здесь подход к построению процедуры оценки является не единственным, задающее отношение мультипликативного метризованного линейного порядка на множестве частных критериев. Обзор различных принципов оценки объектов (выбора) по виду отношения, задаваемому на множестве критериев, и их разрешающей способности приведен в [2]. Предпочтительными являются принципы, которые полностью решают проблему оценки или определяют выбор, т.е. позволяют установить для пары объектов a_ν и a_μ, тюнинг которых оценивается, однозначное

заключение, что $a_\nu > a_\mu$ (объект a_ν лучше по тюнингу объекта a_μ), либо $a_\nu \sim a_\mu$ (объект a_ν равноценен объекту a_μ), либо $a_\nu < a_\mu$ (объект a_ν хуже объекта a_μ), и характеризуются векторами сравнений $S_{\nu\mu}$.

К числу таких принципов выбора относится принцип обобщенного критерия. Полезными также могут оказаться подходы, применяемые в лексикографических принципах выбора, когда на множестве частных критериев задается отношение сильного предпочтения. [3]. В частности, лексикографический принцип выбора с уровнями притязаний при наличии отношения сильного предпочтения на множестве частных критериев устанавливает равноценность объектов ($a_\nu \sim a_\mu$) если их оценки по всем критериям не ниже некоторых пороговых значений [4].

Этот критерий может быть использован для обоснования многокритериальной оценки качества при наличии по каждому из m показателей заданного порогового значения d_i, превышение которого оценками $x_{i\nu}$ и $x_{i\mu}$ сравниваемых объектов (ν-го и μ-го) является необходимым и достаточным условием их равноценности по тюнингу состоянию:

$$a_\nu \sim a_\mu \Leftrightarrow x_i^\nu \geqslant d_i,\ x_i^\mu \geqslant d_i,\ i = 1, ..., m. \qquad (1)$$

Данное условие представляет собой вариант математической формулировки концепции достаточности в оценке тюнинга транспортных средств, а вводимая таким образом граница d_i называется уровнем достаточности по каждому из показателей. Однако прямое использование этого принципа оценки качества предполагает наличие отношения сильного предпочтения на множестве критериев $K = \{K_1, K_2, ..., K_m\}$, задаваемого в виде:

$$K_1 \geqslant K_2 \geqslant K_3 \geqslant ... \geqslant K_m. \qquad (2)$$

Это в значительной степени ограничивает возможность его практического использования. С этой точки зрения более целесообразным является использование принципа обобщенного критерия [5], когда на множестве критериев задается метризованное мультипликативное отношение линейного порядка. В этом случае:

$$a_\nu > a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{m} \alpha_i K_i(a_\nu) > \sum_{i=1}^{m} \alpha_i K_i(a_\mu);$$

$$a_\nu \sim a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{m} \alpha_i K_i(a_\nu) = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i K_i(a_\mu), \qquad (3)$$

где α_i — коэффициент, удовлетворяющий, например, условию:

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_i = 1. \qquad (4)$$

Принципы оценки (выбора) с несравнимыми критериями (принципы Парето, доминантности, Слейтера и др.), как правило, не определяют полностью оценку объекта и не могут однозначно произвести выбор.

В пользу использования в процедуре оценки качества принципа обобщенного критерия (показателя) говорит невозможность манипулирования результирующей оценкой при наличии оператора, агрегирующего набор строгих бинарных упорядочений вариантов по частным критериям в коллективную функцию одиночного выбора (в "синглтон"), когда оцениваемое множество одноэлементно, например, путем изменения отношения (2). Теорема Гиббарда—Саттервайта для этого случая доказывает, что оператор агрегирования неманипулируем, только если существует главный (решающий) критерий. Ввиду наличия условия (4) возможность манипулирования оценкой здесь исключена. Применительно к функциям оценки их характеристическим свойством, защищающим от манипулирования, является монотонность оператора, отображающего исходное множество оценок объектов на числовую ось "лучше—хуже", поэтому важным является получение такого монотонного оператора.

В качестве монотонного оператора отображения (свертки) исходного множества оценок объектов на числовую ось "лучше—хуже" можно использовать метод, предложенный в работах [5, 6], где в качестве интегрального показателя рассматривается скалярная линейная функция от исходных критериев, определяемая размытым (в смысле Заде) отношением на парах специально задаваемых объектов.

Необходимость использования аппарата нечетких множеств для задания размытых отношений обусловлена особенностями получения оценок по различным показателям, характеризующим тюнинг, и разрабатываемых на этапе анализа неопределенностей моделей для оценки объектов и процессов. Учитывая недостаточную определенность априорной информации при оценке тюнинга, касающуюся как отдельных показателей, так и объектов в целом, целесообразно использовать адаптационные модели оценивания наряду с детерминированными. В данном случае при оценке тюнинга транс-

портных средств неопределенность вызвана не только стохастическими причинами, а носит стратегический или концептуальный характер.

Для раскрытия такой неопределенности необходимо уточнение модели объекта в заданной области путем создания адекватных реальной обстановке расчетных методик функционирования сложных систем, в том числе в масштабе реального времени. Здесь необходимо подчеркнуть, что затраты на моделирование с целью оценки тюнинга должны быть гораздо меньше возможных потерь от получения неадекватных оценок. Поэтому при недостатке информации в настоящее время для оценки качества объекта широко используются методы, заключающиеся в установлении тем или иным способом однозначных значений только некоторых параметров. Заданные таким способом однозначные параметры значительно облегчают раскрытие дальнейшей неопределенности (механизмов и критериев оценки качества тюнинга), однако, величина неопределенности исходных данных при этом остается неизменной.

Это и определяет необходимость использования предлагаемого научно-методического аппарата для достижения поставленной цели — оценки тюнинга транспортных средств в условиях неопределенности ряда их характеристик и широкого спектра ограничений, устанавливаемых технической, эксплуатационной и уставной документацией.

3. Переменные и критерии для оценивания (анализа) качества

В самом общем случае структура любого комплексного критерия описывается набором высказываний, включающих различные признаки или свойства объекта оценки. По своей природе большинство этих признаков оценки с точки зрения математики нечетко или субъективно, либо вообще лишено в своем начальном виде количественных характеристик. В этом случае нечеткие или размытые признаки называются "субъективными", чем подчеркивается субъективная неопределенность в оценке наличия этого признака у исследуемого объекта. В отличие от этого "объективными" называются признаки, которые для услуги (объекта) определены четко в классическом математическом понимании, и всегда можно сказать, обладает ли этими признаками объект.

Для обработки и анализа "субъективных" переменных до недавнего времени не было единой строгой в математическом смысле теории. В 1965 г. Заде разработал основу такой теории, которая в переводе получила название теории нечетких множеств. Концепция нечетких множеств возникла как реакция на неадекватность высоких требований, предъявляемых к точности анализа сложных систем классическими математическими методами, реальному положению дел, когда во многих случаях сама постановка задачи, ограничения и цели исследований являются неопределенными или размытыми. К таким задачам следует отнести и проблему оценки аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга транспортных средств.

Лежащие в основе теории нечетких множеств понятие нечеткого множества (НМ) предлагается в качестве средства математического моделирования комплексного критерия достаточности и входящих в него нечетких признаков объектов, которые описываются с помощью так называемых лингвистических переменных [7]. К настоящему времени основные определения и понятия теории НМ хорошо известны. В соответствии с этими определениями лингвистическими переменными будем называть все нечеткие признаки или свойства объектов и характеризовать их соответствующими нечеткими подмножествами некоторых базовых четких множеств (базовых переменных).

Введем также понятие лингвистического критерия. В соответствии с определением [7] лингвистическими будем называть критерии, оценки по шкалам которых являются нечеткими значениями одноименных лингвистических переменных. В этом случае комплексный критерий для оценки аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга будет являться в общем случае лингвистическим и составным.

Следовательно, оценки по шкалам лингвистических критериев являются нечеткими подмножествами некоторых базовых множеств. В зависимости от природы базовой переменной (базового множества) различаются лингвистические критерии с измеримой базовой переменной (числовые) и с неизмеримой базовой переменной (ординальные).

Для числовых лингвистических критериев средством математического описания оценок по базовым физическим шкалам могут быть выбраны обычные четкие или нечеткие числа в зависимости от степени определенности соответствующих оценок. Для ординальных лингвистических критериев с неизмеримыми базовыми переменными физические шкалы могут вообще не существовать. В этом случае при формализации таких критериев могут

использоваться некоторые базовые терм-множества, состоящие из нескольких термов [8]. Каждый терм будет описываться конечным нечетким подмножеством множества бальных значений, рассматриваемых как лингвистические значения соответствующих критериев.

В целом возможны два направления или подхода в формировании обобщенного лингвистического критерия оценки тюнинга транспортных средств. Первый подход основан на свертывании отдельных частных критериев, составляющих иерархическую структуру, в некоторый обобщенный критерий с помощью тех или иных логических и алгебраических операций. Второй подход основан на одновременном рассмотрении всех критериев нижележащего уровня, входящих в критерий более высокого уровня. В этом случае, например, лингвистический критерий достаточности формализуется в виде некоторой нечеткой области в многомерном критериальном пространстве R_e^m, m — количество частных критериев верхнего уровня. Связь между критериями K_i ($i = 1, ..., m$) и результирующим критерием выражается с помощью отображения Ф [5]. Методы построения отображений Ф являются сутью современных исследований в данной области.

4. Математическая модель построения показателя для оценки (анализа) качества объектов

Пусть $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$ — множество объектов, ранжировку которых аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга требуется осуществить в критериальном пространстве R_e^m, характеризуемым множеством критериев $K = \{k_1, k_2, ..., k_m\}$. Множество объектов A отображается в критериальном пространстве R_e^m в виде множества точек, образующих матрицу оценок. Пусть также задана форма скалярной линейной функции Z в виде (3) и на соответствующей ей оси показателя z могут точками отображаться объекты из множества A при известном векторе коэффициентов α_i, которые обозначим B и назовем вектором свертки.

Задача заключается в определении компонент вектора B, подчиняющихся условию (4), и построении показателя z, аппроксимирующего некую объективно известную или специально задаваемую (обучающую) матрицу парных взаимосвязей между искусственными объектами.

$$Q = \|q_{rk}\|_{p,p}. \tag{5}$$

Размер квадратной симметричной матрицы Q определяется количеством p рассматриваемых искусственных объектов, а ее элементами q_{rk} являются известные или задаваемые квадраты расстояний между r-м и k-м искусственными объектами на оси полезности (ценности) с точки зрения общей (глобальной) цели ранжирования.

На оси показателя z квадрат расстояния между r-м и k-м искусственными объектами имеет вид

$$d_{rk}(B) = (z_r - z_k)^2 = \left[\sum_{j=1}^{m} b_j (x_{rj} - x_{kj})\right]^2. \tag{6}$$

Наблюдаемая структура взаимосвязей между различными искусственными объектами на оси показателя z при фиксированном векторе B определяется квадратной симметричной матрицей:

$$D(B) = \|d_{rk}\|_{p,p}. \tag{7}$$

Соответствие структуры взаимосвязей между искусственными объектами, задаваемой матрицей Q и наблюдаемой на оси показателей z структуры взаимосвязей, определяемых матрицей $D(B)$, оценивается с помощью функционала:

$$J(B) = \sum_{r=1}^{p-1} \sum_{k=r+1}^{p} [d_{rk}(B) - q_{rk}]^2. \tag{8}$$

Функция Z^*, для которой величина $J(B)$ минимальна, называется структурным фактором в критериальном пространстве Re^m и является искомым интегральным критерием для оценки аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга транспортных средств.

5. Пример оценки (анализа) качества объектов

В качестве примера рассмотрим оценку аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга транспортного средства.

В соответствии с введенной концепцией достаточности и реализующим ее критерием вида (3) лучшим по критерию внешнего потребительского тюнинга признается транспортное средство, имеющий максимальное значение показателя достаточности. В этом случае степень интегрального отклонения частных показателей от требований

Ранжировка аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга

№ пп	Наименование аэродинамического элемента внешнего потребительского тюнинга	Значение показателя достаточности z_i	Место в рейтинге
1	Антикрылья	0,92	2
2	Спойлеры	0,89	3
3	Накладки на порог	0,80	4
4	Арки	0,65	6
5	Буфера	0,73	5
6	Воздухозаборники	0,96	1

(уровней достаточности) будет минимальной, тем самым обеспечивается максимальное качество внешнего потребительского тюнинга транспортного средства.

Основная сложность получения критерия достаточности для оценки внешнего потребительского тюнинга заключается в определении весовых коэффициентов, которые устанавливают предпочтительность одних критериев по сравнению с другими. Используя функциональный способ определения весовых коэффициентов, оценим достаточность аэродинамических элементов внешнего потребительского тюнинга транспортного средства.

Полученные по результатам вычислений значения показателя достаточности z_i ранжируют сравниваемые элементы внешнего потребительского тюнинга следующим образом (таблица).

Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшим из сравниваемых элементов внешнего потребительского тюнинга предпочтительным является элемент "воздухозаборники", следовательно, внешний потребительский тюнинг автомобиля по элементу потребительского тюнинга будет выше остальных, непредпочтительным является аэродинамический элемент потребительского тюнинга автомобиля — арки.

Вывод. Рассмотренная здесь общая методика построения критерия оценки может быть использована для построения требуемых критериев оценки качества внешнего тюнинга автотранспортных средств в современных условиях, так как опирается на опробованные методы теории принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кини Р. Л., Райфа Х.** Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ.. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
2. **Литвак Б. Г.** О разрешающей способности принципов выбора при экспертных оценках // А и Т. — 1991. — № 2. — С. 162—170.
3. **Литвак Б. Г.** Экспертная информация. Методы получения и анализа. — М.: Радио и связь, 1982.
4. **Вентцель Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М.: Наука, 1980.
5. **Мучник И. Б., Ослон А. А.** Методы построения интегрального показателя (обзор) // А и Т. — 1984. — № 10. — С. 5—23.
6. **Авен П. О.** Построение интегрального показателя в критериальном пространстве // А и Т. — 1985. — № 4. С. 87—91.
7. **Заде Л. А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенного решения. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
8. **Норвич А. М., Турксен И. Б.** Построение функций принадлежности // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: пер. с англ. / Под. ред. Р. Р. Ягера. — М.: Радио и связь, 1986. — С. 64—71.
9. **Борисов А. Н., Корнеева Г. В.** Лингвистический подход к построению моделей принятий решений в условиях неопределенности // Методы принятия решения в условиях неопределенности — Рига: РПИ, 1980. — С. 4—11.
10. **Айзерман М. А., Литваков Б. М.** О некоторых обобщениях теории выбора вариантов. (Основы теории псевдокритериев) // А и Т. — 1988. № 3 — С. 12—105.

"КАМАЗ" показал лучшие образцы техники

"КАМАЗ" принял участие в третьем Международном Форуме "Технологии в машиностроении-2014" ("ТВМ-2014"), который прошел в г. Жуковском (Московская область) на территории выставочного комплекса "Россия".

В этом году "КАМАЗ" представил шесть моделей автотехники. Впервые на выставке был показан седельный тягач нового поколения КАМАЗ-5490.

Форум призван продемонстрировать первостепенное значение машиностроения в реализации национальных экономических приоритетов, обозначенных Президентом и правительством Российской Федерации.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ

УДК 629.0114.2-585

А. А. Макушин, канд. техн. наук, **Р. И. Гарипов**, студент, Набережночелнинский институт Казанского (Поволжского) федерального университета,
И. А. Якубович, д-р техн. наук, проф. МАДИ,
Д. Р. Шафеев, филиал Корпорации "Модерн Машинери Ко. (Магадан), Инк"
E-mail: chizov_nik@mail.ru

ИЗНАШИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАХОВИКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Маховик в двигателях внутреннего сгорания служит для накопления энергии в течение рабочего хода поршня, вращения коленчатого вала во время вспомогательных тактов, уменьшения неравномерности вращения вала, сглаживания момента перехода деталей кривошипно-шатунного механизма через мертвые точки, обеспечения пуска двигателя и плавного трогания автомобиля с места.

Ключевые слова: *маховик, двигатель, скользящие соединения, крутящий момент, рабочие поверхности.*

(Рисунки на 2-й, 3-й полосах обложки)

При пуске двигателя в цилиндре происходит воспламенение рабочей смеси, и маховик обеспечивает вращение коленчатого вала от конца рабочего хода поршня в одном цилиндре до его начала в следующем в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Размеры и масса маховика определяются величиной и равномерностью передаваемого крутящего момента двигателя, требованиями к компоновке автомобиля и конструкцией установленного на ней сцепления. Чем больше цилиндров в двигателе, тем больше времени занимает рабочий ход поршня в каждом из них, следовательно, крутящий момент такого двигателя более равномерный, а масса маховика может быть уменьшена.

Если передаваемый момент значителен, повышение момента трения сцепления возможно при увеличении диаметра фрикционных колец или числа ведомых дисков. Рост диаметра колец ограничен габаритными размерами маховика двигателя, усилием выключения сцепления и возрастанием его линейной скорости [1].

На грузовых автомобилях, в том числе автомобилях КАМАЗ, с двухдисковым сцеплением возникает необходимость использования повышенного усилия для преодоления трения в скользящих соединениях ведущих дисков с маховиком и ведомыми дисками. Они имеют большую длину и значительный момент инерции ведомых деталей, а также увеличенный ход выключения.

Этим обусловлено наличие в конструкции маховика выступающих шипов, передача усилия на ведущие диски сцепления через соединение: паз маховика и шипы ведущих дисков.

В процессе эксплуатации маховик испытывает значительные нагрузки и, в связи с этим, к материалу, прочности и износостойкости рабочих поверхностей маховика предъявляются повышенные требования.

Заготовку маховика получают методом центробежного литья из серого чугуна марки СЧ20 (ГОСТ 1412—85). Для увеличения момента инерции основную массу металла располагают на ободе. Отливки должны быть с плотной структурой без усадочных пустот и рыхлостей. Определение наруж-

ных дефектов заготовки проводится внешним осмотром. Внутренние дефекты, их размеры и глубина залегания обнаруживаются радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

После механической обработки рабочих поверхностей на обод маховика напрессовывают зубчатый венец, необходимый для вращения коленчатого вала при пуске двигателя стартером. Поверхность маховика, соприкасающуюся с ведомым диском сцепления, шлифуют и полируют.

На ободе или торце маховика наносятся метки, позволяющие установить поршень первого цилиндра в верхней мертвой точке. Коленчатый вал вместе с маховиком и сцеплением подвергают динамической и статической балансировке, чтобы неуравновешенные силы инерции не вызывали вибрацию двигателя и ускоренное изнашивание коренных подшипников. Маховик фиксируют относительно шеек коленчатого вала двумя штифтами и запрессованной в маховик установочной втулкой. Крепят маховик болтами, подвергнутыми термической обработке и шлифованию.

Маховик является одним из наиболее металлоемких и дорогостоящих деталей двигателя. Себестоимость и расход материалов при восстановлении маховика в несколько раз ниже, чем при его изготовлении. Вторичное использование восстановленных маховиков значительно больше, чем поставляемых в запасные части новых. На практике, на автотранспортных предприятиях, в автоцентрах КАМАЗа, зачастую, ремонтируют механизмы сцеплений, а значительно меньше обращают внимание на техническое состояние маховика, на износы его элементов и деталей.

Авторы работы считают, что на предприятиях необходимо производить осмотр состояния элементов маховика, анализ износов, дефектов, причин их возникновения, а также предлагают способы восстановления работоспособности важного узла коленчатого вала двигателя.

В процессе эксплуатации грузовых автомобилей возникают следующие характерные дефекты маховика:

- трещины, обломы шипов;
- трещины на фланце крепления;
- износ и термические трещины фрикционной поверхности под ведомый диск сцепления;
- износ отверстий под болты крепления к коленчатому валу;
- износ отверстий под установочные штифты коленчатого вала;
- износ отверстия под установочную втулку;
- износ рабочих поверхностей пазов;
- повреждение и износ резьбы в отверстиях под крепежные болты корзины сцепления;
- трещины, сколы зубьев обода маховика.

Основными причинами их возникновения, как правило, являются: износ, попадание посторонних частиц в картер маховика, износ и повреждения деталей сцепления и первичного вала коробки передач. Технологию восстановления маховика можно обобщить следующим образом (дефекты и состояние деталей после восстановления показаны на рисунках — см. обложку).

Требующий ремонта маховик очищают и производят дефектовку [2]. Если маховик имеет трещины и сколы на шипах, трещины на фланце крепления, а также изношенные отверстия под болты крепления маховика более ∅16,6 мм и изношенное отверстие под установочную втулку более ∅52 мм маховик бракуют.

В случаях нарушения резьбы в отверстиях шипов маховика под крепление корзины сцепления, обломa болтов крепления — обломанные болты высверливают, поврежденная резьба в отверстиях восстанавливается завариванием, зачисткой наплавленного металла до уровня основного, сверлением отверстия, зенкерованием фаски и отверстия на определенную глубину и нарезанием новой резьбы или запрессовкой в рассверленные отверстия резьбовых втулок.

В изношенные отверстия под установочные штифты коленчатого вала устанавливают втулки.

Поврежденную фрикционную поверхность под ведомый диск сцепления, имеющую износ и термические трещины глубиной до 1 мм, шлифуют до выведения дефекта.

При наличии трещин и сколов зубчатого венца маховика, обод заменяется новым или снимается и запрессовывается обратной стороной. На зубьях выполняются заходы.

На надежность узла "маховик—механизм сцепления" значительное влияние оказывает изнашивание рабочих поверхностей пазов маховика, контактирующих с рабочими поверхностями шипов ведущих дисков.

Маховик в паре с механизмом сцепления представляет собой крестово-фрикционную муфту, про-

цессы изнашивания рабочих поверхностей в которой обусловлены:

- наличием ходовой посадки в сопряжениях "шип—паз" и начального зазора;
- применением чугунного маховика и нажимного диска с незакаленными рабочими поверхностями;
- присутствием начального эксцентриситета и дисбаланса;
- износом и смятием рабочих и одновременно центрирующих поверхностей в процессе эксплуатации;
- прогрессирующим ростом эксцентриситета и дисбаланса от смещения дисков.

Для восстановления поверхностей пазов маховика используют метод электродуговой наплавки самофлюсующейся проволокой ПАНЧ-11 ∅1,2. Перед наплавкой поверхности, подлежащие восстановлению, зачищают до металлического блеска при помощи шлифовальной машинки. Наплавку ведут полуавтоматом А-547У на следующих режимах: $I_{сварки}$ = 90...120 А, $V_д$ = 18...20 В. Наплавляют слой короткими участками по 30...50 мм с обязательной проковкой наплавленного слоя сразу после обрыва дуги. Практика показала, что при наплавке проволокой ПАНЧ-11 второго слоя в наплавленном металле образуются поры. Поэтому наплавку следует вести в один слой. В случае, если наплавка одного слоя металла не обеспечивает получения требуемого размера по ширине паза, следует наплавку производить в два слоя, но первый слой наплавить электродом, предназначенным для холодной сварки чугуна (например, МНЧ-2 или ОЗЧ-2).

Проволока ПАНЧ-11 в наплавленном слое дает твердость 160...180 НВ. Но на границе наплавленного и основного металла образуется зона повышенной твердости (45...58 HRC) шириной 1...1,5 мм, что несколько затрудняет фрезерование и увеличивает расход режущего инструмента, если величина износа паза была небольшой, и режущий инструмент при обработке вышел на эту зону.

Пазы маховика после наплавки фрезеруют на фрезерном станке в приспособлении, установленном в поворотном столе.

Деталь отверстием А (см. рис. 7) надевают на направляющую, устанавливают на торец Б, базируя за отверстие ∅52 и два штифтовых отверстия ∅12,1. Торец В поджимают гайкой, устанавливаемой на направляющую. Так как штифтовые отверстия изношены и не обеспечивают точности базирования, используется дополнительная база — фиксатор относительно паза ∅60,2. За одну установку фрезеруется один паз. Все последующие пазы фрезеруются с поворотом детали на поворотном столе на угол 90°.

Маховик балансируют с точностью 30 г · см, высверливая разгрузочные отверстия ∅10 мм по периферии детали.

Необходимо кардинально снизить интенсивность процесса изнашивания рабочих поверхностей пазов маховика, контактирующих с шипами ведущих дисков сцепления. При организации капитального ремонта кроме обеспечения точности размеров предлагается повысить износостойкость восстановленных поверхностей:

- установкой пластин из твердосплавного материала на рабочие поверхности пазов;
- наплавкой металла на боковую поверхность пазов с последующей обработкой в размер и закалкой для обеспечения высокой твердости контактной поверхности.

Одним из способов увеличения срока службы маховика может быть доработка конструкции введением ограничителей радиального смещения ведомого и нажимного дисков сцепления для обеспечения их точной центровки в маховике.

Наряду с обычно производимым на предприятиях ремонтом механизма сцепления, выполнения контроля технического состояния маховика и при необходимости его ремонта обеспечить бесперебойную, надежную и долговечную работу не только узла "маховик—механизм сцепления", но и всей трансмиссии и в целом автомобиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лукин П. П., Гаспарянц Г. А., Радионов В. Ф.** Конструирование и расчет автомобиля. — М.: Машиностроение, 1984. — 376 с.
2. **Кулаков А. Т., Денисов А. С., Макушин А. А.** Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей: учеб. пос. / А. Т. Кулаков, А. С. Денисов, А. А. Макушин. — М.: Инфра-Инженерия, 2013. — 448 с.

УДК 656.071.8

Д. М. Тусупов, ст. преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи,
г. Алматы, Республика Казахстан
E-mail: tussupov_tdm@mail.ru

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье показаны на основании расчетов из статистических данных, методы принятия решений: какие пункты технического обслуживания в каких регионах необходимо организовывать для успешного развития бизнеса.

Ключевые слова: *безубыточность, автосервис, автомобиль пункт технического обслуживания.*

На современном этапе в производстве возникла необходимость оптимального планирования и управления всеми видами и отраслями производства. Указанное требование обусловило бурное развитие и совершенствование различных разделов прикладной математики. Поэтому в статье представлены основные методы и модели, которые необходимо использовать при организации и управлении специализированных пунктов или центров по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств.

Многие задачи техники и экономики, в том числе задачи автомобильного транспорта, успешно решаются с помощью аналитических методов. Они используются для решения таких задач, как регулирование транспортных потоков в городах и оптимизация графика движения в аэропортах, планирование материального обеспечения, распределение оборудования и трудовых ресурсов для производства разных изделий на заводе.

Цель нашей работы — понять, сколько показателей работы станции технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей в действительности зависят от изменения спроса рынка транспортных услуг и капризов экономики. С другой стороны, для организации пункта по техническому обслуживанию и ремонту грузовых автомобилей в регионах Республики Казахстан необходимо выбрать место с достаточным обеспечением рабочей силой, экономически подходящее с точки зрения приемки необходимых запасных частей из-за рубежа и материалов для импортных автомобилей. Поэтому моделирование — единственный к настоящему времени систематизированный способ увидеть варианты будущего и определить потенциальные последствия альтернативных решений, что позволяет их объективно сравнивать.

Условная схема принятия решений представлена на рис. 1. Она помогает руководству выбирать вариант предпочтительного будущего и те или иные цели. Другая проблема — время. Поэтому критерий эффективности или целевая функция в рассматри-

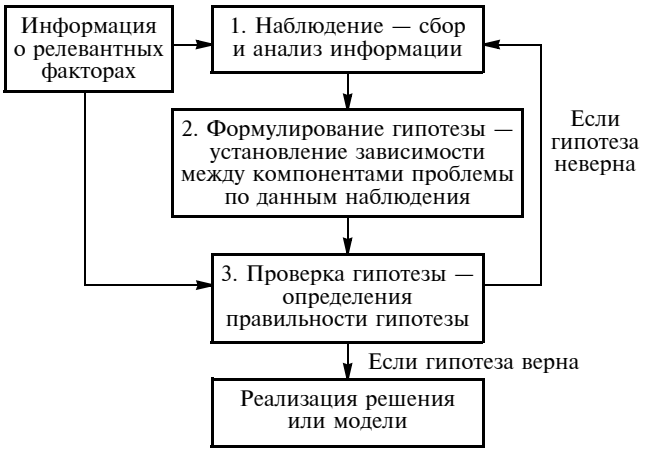


Рис. 1. Условная схема принятия решений

ваемой проблеме представляет собой производительность пункта ТО и ремонта. Это интегральная функция многих случайных аргументов. Аналитический вид функции [1]:

$$W = g_z(t_{i0}, t_{i1}, ..., t_{in}, x_i, n, s, f, z, T_0, T_{кон})dz, \quad (1)$$

где T_0, $T_{кон}$ — начало и окончание работы пункта; t_{i0}, t_{i1}, t_{in} — время между двумя очередными автомобилями, прибывающими на станцию, распределено по закону Вейбулла с параметрами n и z; время обслуживания t_{i1} распределено по закону Релея с параметром s; время ожидания автомобилей в очереди t_{in} распределено по показательному закону с параметром; f, x_i — число обслуживаемых линий.

На основании производительности труда и объема производства, обеспечивающих безубыточность, можно рассчитать по каждому виду ремонтных работ и технического обслуживания соответствующие издержки или провести экономический анализ. Экономический анализ вбирает в себя почти все методы оценки издержек и экономических выгод, а также относительной рентабельности деятельности предприятия. Типичная "экономическая" модель основана на анализе безубыточности, методе принятия решений с определением точки, в которой общий доход уравнивается с суммарными издержками, т.е. точки, в которой предприятие становится прибыльным.

Точка безубыточности (ТБУ) обозначает ситуацию, при которой общий доход (ОД) становится равным суммарным издержкам (СИ). Для определения ТБУ необходимо учесть три основных фактора: стоимость работы технического обслуживания, переменные издержки на единицу оказываемых услуг и общие постоянные издержки. Цена (Ц) показывает, какой доход специализированный пункт или предприятие получит от обслуживания списочного состава автотранспортных предприятий и частных предпринимателей.

Переменные издержки на единицу продукции ($П_n$И) — это фактические расходы, прямо относимые на оказываемые виды услуг. Применительно к проведению очередного технического обслуживания грузовых автомобилей это будут расходы на соответствующие виды масел, фильтры, проверку креплений и смазки и т.п. в зависимости от вида ТО, а также заработная плата ремонтников. Естественно, совокупные переменные издержки растут с объемом производства. Постоянные издержки — это те, которые в ближайшей перспективе остаются неизменными независимо от объема производства. Основные составляющие совокупных постоянных издержек (ПИ) специализированного пункта — расходы на диагностику, оформление и приемку. Кроме того, часть расходов управленческих, на страхование и налоги, аренду помещения и амортизационных отчислений переводится в постоянные издержки в соответствии с формулой, установленной руководством.

В виде уравнения безубыточность выражается следующим образом [2]:

$$ПИ = ТБУ x (Ц - П_n И). \quad (2)$$

Вычисление точки безубыточности, будучи сравнительно простой операцией, дает значительный объем полезной информации. Соотнося величину ТБУ и оценку объема оказанных услуг, в идеале получаемую методами анализа рынка, руководитель в состоянии сразу увидеть — будет ли проект прибыльным, как запланировано, и каков примерный уровень риска. Легко можно также установить — как влияет на прибыль изменение одной или большего числа переменных. Таким образом, анализ безубыточности помогает выявить альтернативные подходы, которые были бы более привлекательными для проекта.

Безубыточность пункта зависит от объема оказываемых услуг, поэтому место расположения пункта выбирается в зависимости от количества грузовых автомобилей и грузооборота. Статистические данные показывают, что в Республике Казахстан в целом использование грузовых автомобилей, т.е. обеспеченность необходимым объемом перевозок, очень слабо. Например, в Республике Казахстан имеется 397 598 единиц грузовых автомобилей, общий объем грузооборота 80 260,6 млн т · км, перевезенный груз составляет 1 971,8 млн т. При пересчете на одну машину средний годовой пробег, в зависимости от коэффициента использования пробега (0,5—0,7), составляет 60—80 км.

На рисунках 2—5 представлены количество грузовых автомобилей, грузооборот и объем перевезенных грузов автомобильным транспортом в различных регионах [3].

Как видно из рисунков, объем перевезенных грузов автомобильным транспортом, количество грузовых автомобилей и грузооборот на автомобильном транспорте в последние годы, особенно с 2008 г., резко пошли вверх. Таким образом, по Республике в течение года количество проводимого планового технического обслуживания в среднем через 7,5 тыс. км пробега составляет около 4000 или 15—16 ТО в смену. Представленные расчеты по безубыточности показывают хорошую окупаемость пункта технического обслуживания для грузовых автомобилей, однако необходимо учитывать годовую загрузку

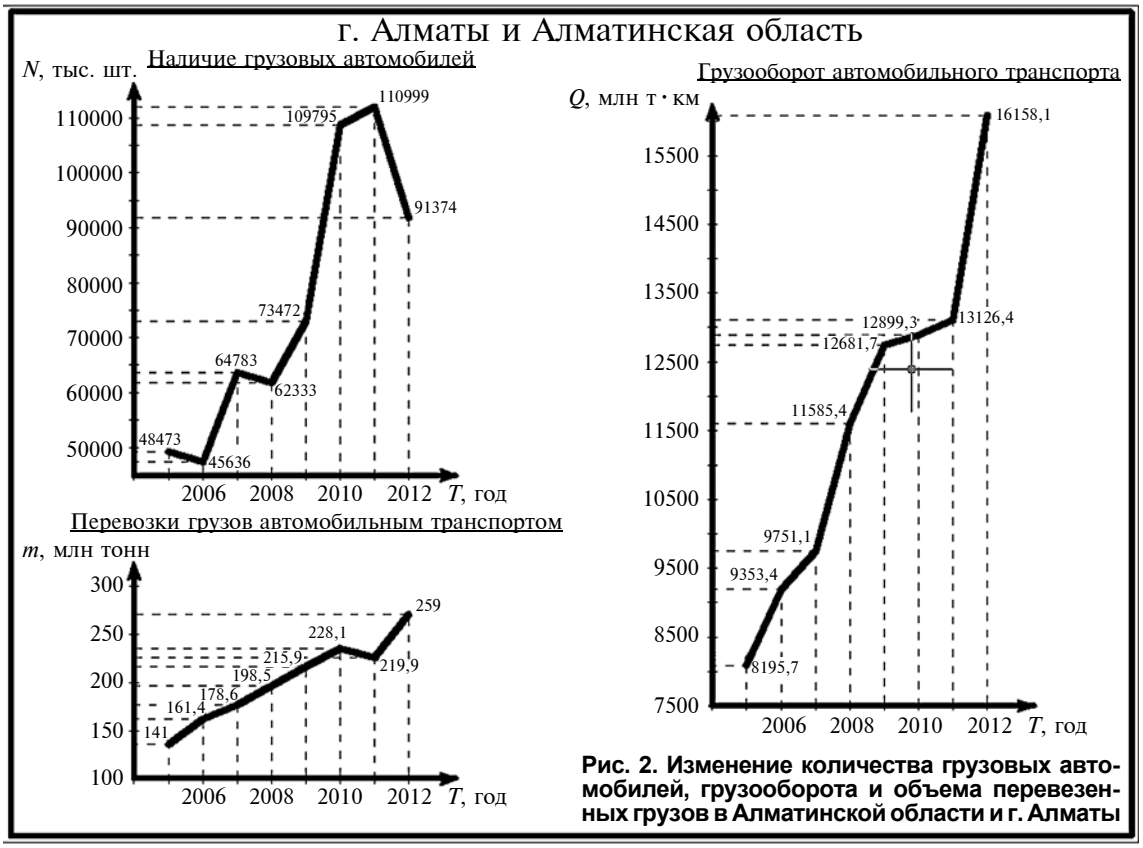


Рис. 2. Изменение количества грузовых автомобилей, грузооборота и объема перевезенных грузов в Алматинской области и г. Алматы

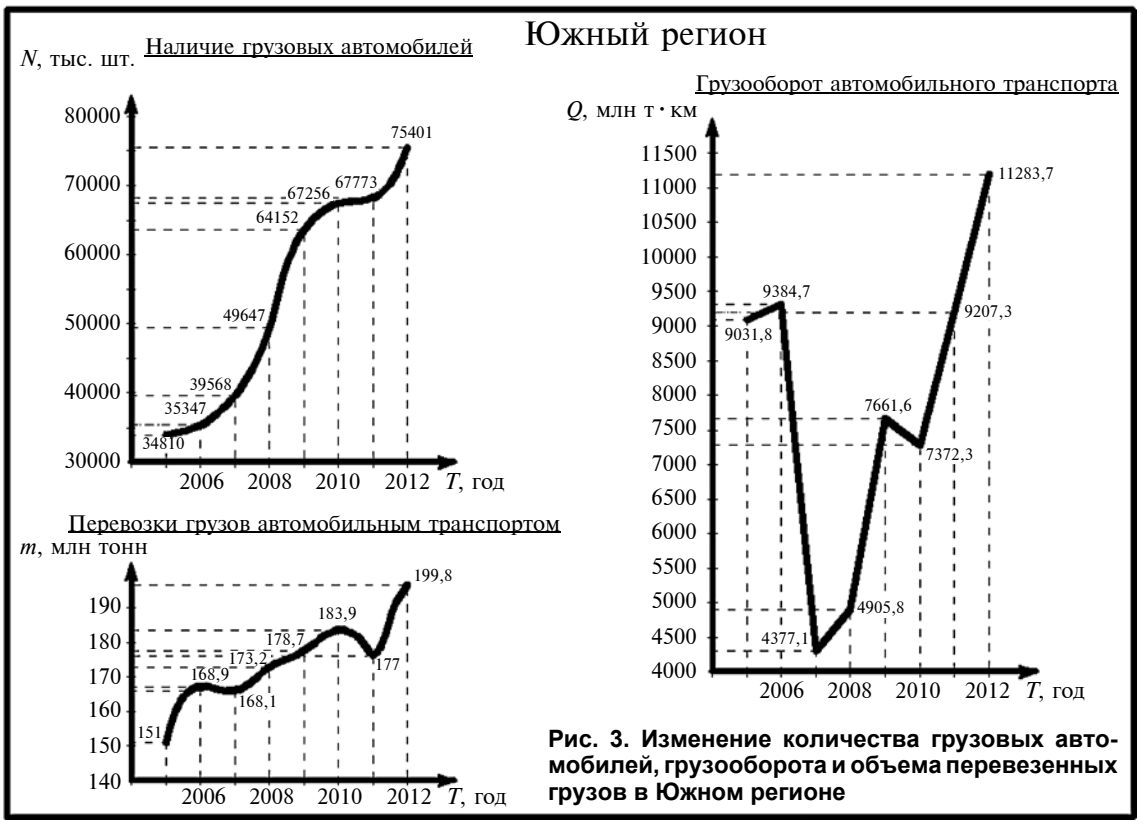


Рис. 3. Изменение количества грузовых автомобилей, грузооборота и объема перевезенных грузов в Южном регионе

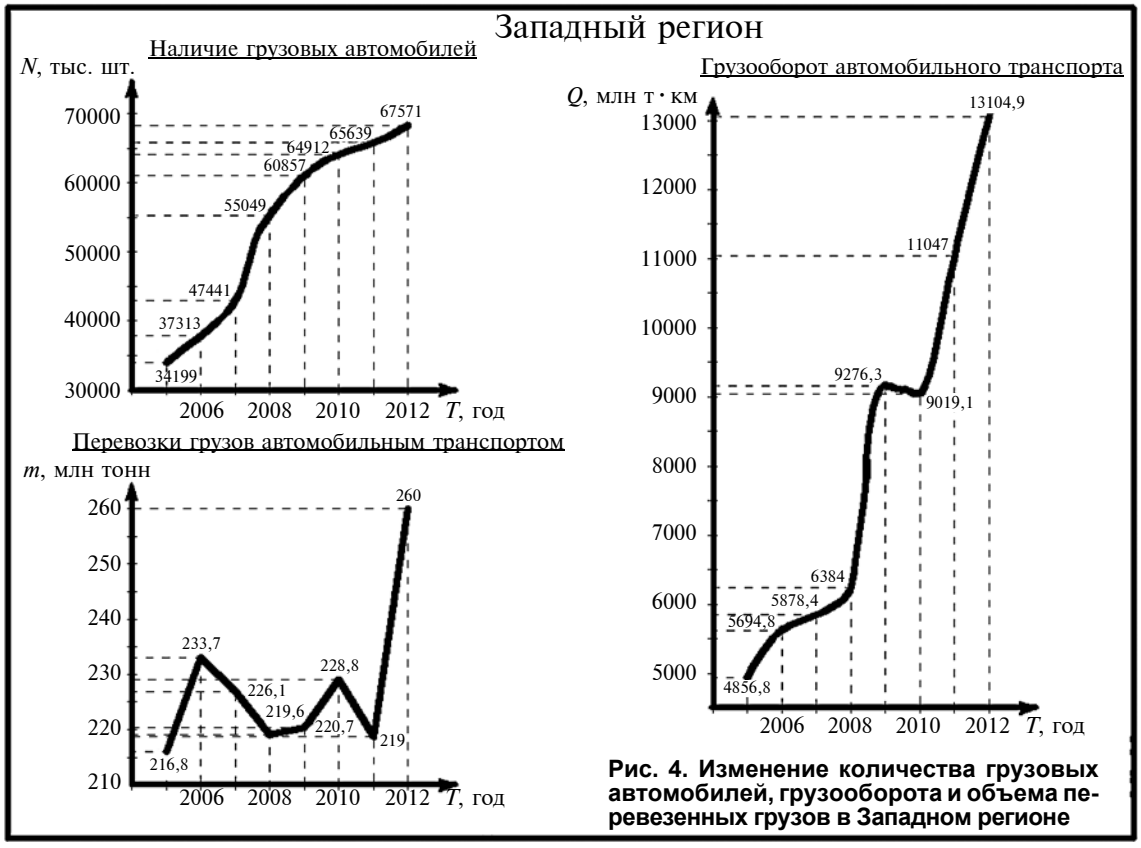


Рис. 4. Изменение количества грузовых автомобилей, грузооборота и объема перевезенных грузов в Западном регионе

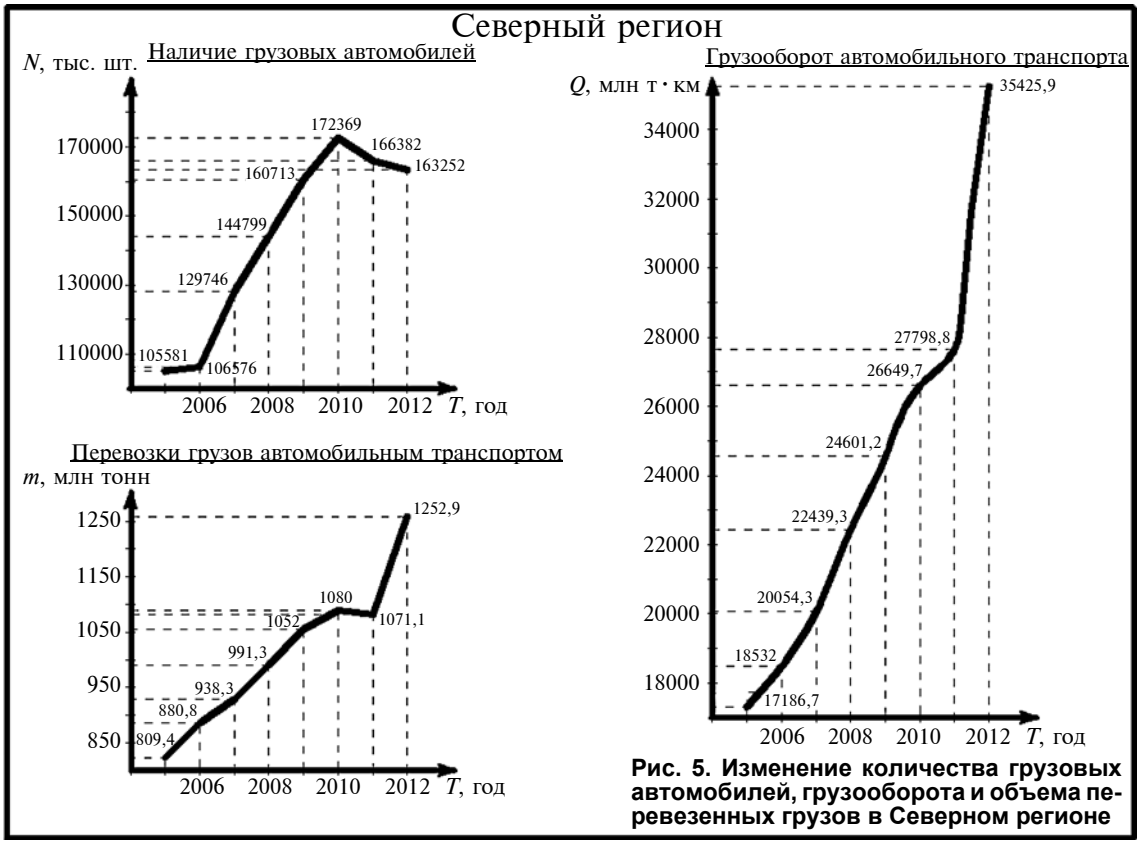


Рис. 5. Изменение количества грузовых автомобилей, грузооборота и объема перевезенных грузов в Северном регионе

пункта ТО, так как пункт может простаивать без необходимого объема работы.

При организации таких пунктов возможно предусмотреть оказание других видов технических услуг и ремонтных работ, т.е. при проектировании предусмотреть проведение текущих и капитальных ремонтов или капитальных ремонтов агрегатов грузовых автомобилей.

Чтобы обеспечить работоспособность автомобиля в течение всего периода эксплуатации, необходимо периодически поддерживать его техническое состояние комплексом технических воздействий, которые в зависимости от назначения и характера можно разделить на две группы. К первой относятся воздействия, направленные на поддержание агрегатов, механизмов и узлов автомобиля в работоспособном состоянии в течение наибольшего периода эксплуатации. Ко второй — воздействия, направленные на восстановление утраченной работоспособности агрегатов, механизмов и узлов автомобиля.

Комплекс мероприятий первой группы составляет систему технического обслуживания и носит профилактический характер. А второй — по потребности — систему восстановления и ремонта. В целом, трудовые и материальные затраты на поддержание подвижного состава автомобильного транспорта в технически исправном состоянии значительны и в несколько раз превышают затраты на его изготовление.

За нормативный срок службы грузового автомобиля средней грузоподъемности доля трудовых затрат от общих затрат составляют: на ТО и ТР — 85 %, на капитальный ремонт автомобиля и агрегатов — 4—11 %, на изготовление автомобиля — 4 %, на стоимостные затраты ТО и ТР — 62 % [4].

Поэтому при планировании и организации специализированного пункта можно использовать метод дерева решений, который обеспечивает принятие более качественных решений, чем традиционные подходы. Он представлен на рис. 6.

Дерево решений дает руководителю возможность учесть различные направления действий, соотнести с ними финансовые результаты, скорректировать их в соответствии с приписанной им вероятностью, а затем сравнить альтернативы. Концепция ожидаемого значения является неотъемлемой частью метода "дерева решений".

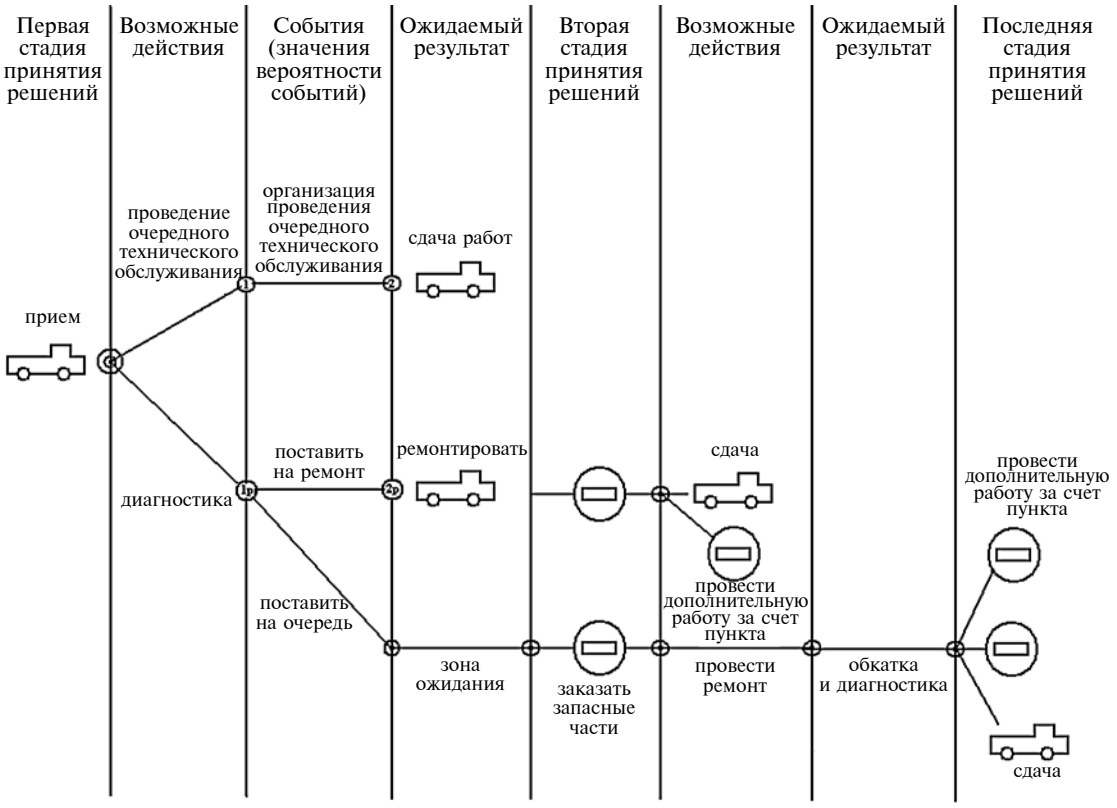


Рис. 6. Схематичное "дерево решений" представление проблемы принятия решений для организаций специализированного пункта технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей

Используя дерево решений, руководитель находит путем возврата от второй точки к началу наиболее предпочтительное решение — наращивание производственных мощностей под оказание различных ремонтных и технических видов услуг.

Руководитель продолжает двигаться назад к текущему моменту (первой точке принятия решений) и рассчитывает ожидаемые значения в случаях увеличения заказов на конкретные виды работы. Таким образом, наращивание производственных мощностей в зависимости от изменений потребности потребителей является наиболее желательным решением, поскольку ожидаемый выигрыш здесь наибольший, если события пойдут, как предполагается.

Использование метода "дерева решений" позволяет представить проблему схематично и сравнить возможные альтернативы визуально. Этот метод можно использовать в применении к сложным ситуациям, когда результат принимаемого решения влияет на последующие, так как при проведении технического обслуживания и ремонтных работ на конкретном участке или линий необходимо точное соблюдение утвержденного графика работы пункта. В противном случае может оказаться, что прибывшие на плановое техническое обслуживание грузовые автомобили будут простаивать в очередях, тем самым отрицательно влияя на имидж и финансовое положение конкретного участка специализированного пункта. Поэтому при планировании организации различных участков и линий ТО необходимо определить оптимальное количество числа каналов обслуживания в зависимости от количества обслуживаемых грузовых автомобилей региона или города.

Для этого используется "модель теории очередей". Она нужна для определения оптимального числа каналов обслуживания по отношению к потребности в них. К ситуациям, в которых "модель теории очередей" может быть полезна, можно отнести утвержденный график проведения ТО и звонки автотранспортных компаний и частных лиц в центр технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей для резервирования места в очереди на получение необходимой технической помощи мастеров по ремонту оборудования или в очереди на текущий ремонт и т.п. Если грузовикам приходится слишком долго дожидаться технического обслуживания, они не смогут выполнить столько поездок за день, сколько запланировано. Таким образом, принципиальная проблема заключается в уравновешивании расходов на дополнительные каналы обслуживания и потери от обслуживания на уровне ниже оптимального.

Согласно Доналду Р. Плейну и Гэри Э. Кохенбергеру — "основная причина недостатка в каналах обслуживания заключается в краткосрочных изменениях частоты обращения потребителей за обслуживанием, а также времени обслуживания. Это ведет к избыточной пропускной способности в определенные моменты времени и появлению очередей в другие, хотя пропускная способность могла бы быть достаточной, если бы осуществлялся полный контроль за поступлением требований и можно было бы построить соответствующий график" [5].

Таким образом, модели очередей снабжают руководство пункта инструментом определения оптимального числа каналов обслуживания, которые необходимо иметь, чтобы сбалансировать издержки в случаях чрезмерно малого и чрезмерно большого их количества. Следующая модель управления запасами используется для определения времени размещения заказов на материалы и запасные части, ресурсов и их количества на складах, поскольку любая организация должна поддерживать некоторый уровень запасов во избежание задержек на производстве и в сбыте. Этот момент особенно важно учесть в условиях Казахстана, где нет своих производственных мощностей по изготовлению агрегатов, запасных частей для грузовых автомобилей, а все необходимые запасные части и агрегаты доставляются только по заказу из-за рубежа.

Поэтому цель данной модели — сведение к минимуму отрицательных последствий от накопления запасов, что выражается в определенных издержках. Эти издержки бывают трех основных видов: на размещение заказов, на хранение, а также потери, связанные с недостаточным уровнем запасов. Последние имеют место при исчерпании запасов. В этом случае проведение технического обслуживания и ремонтных работ становится невозможными, а также возникают потери от простоя технологических линий, в частности, в связи с необходимостью оплаты труда работников, хотя они не работают в данный момент.

Все описанные выше модели подразумевают применение имитации в широком смысле, поскольку все являются заменителями реальности. Имитация используется в ситуациях слишком сложных для математических методов линейного программирования. Это может быть связано с чрезмерно большим числом переменных, трудностью математического анализа определенных зависимостей между переменными или высоким уровнем неопределенности. Поэтому при имитационном моделировании оптимальный вариант определяется не математически строгими методами, как при аналитическом подходе, а путем последовательных приближений, перебирая те или иные структуры и численные значения факторов.

Маршрутизация производства

В ходе маршрутизации производства определяют оптимальный технологический маршрут проведения ТО и ремонта, реставрации и изготовления несложных деталей. Каждое техническое воздействие должно быть последовательно пропущено через несколько обслуживающих участков и пунктов, причем каждая технологическая операция в зависимости от вида ТО и ремонтных работ характеризуется своими издержками и производительностью.

Управление технологическим процессом. Сведение к минимуму простоя обслуживаемого автомобиля на каждом участке технологической линий, контроль за своевременностью поставок необходимых материалов, запасных частей со склада, обеспечение точного соблюдение графика проведения работы.

Регулирование и организация поставок запасных частей и материалов. Определение оптимального сочетания материалов и запасных частей на складе или в хранилище, обеспечивающее бесперебойную работу всех технологических линий, за расчетный период.

Календарное планирование производства. Составление календарных планов, минимизирующих издержки с учетом расходов на содержание запасов, оплату сверхурочной работы и заказов на стороне.

Планирование распределения оказываемых видов услуг. Составление оптимального графика проведения разных видов ТО и ремонтных работ с учетом распределения проектной возможности пункта и каждой технологической линии между обслуживаемыми автотранспортными предприятиями и поставщиками материалов и запасных частей из-за рубежа, другими складами и магазинами розничной торговли.

Определение оптимального местоположения пункта. Определение наилучшего пункта местоположения путем оценки затрат на транспортировку между альтернативными местами размещения нового пункта и местами его снабжения и наличие обслуживаемых марок грузовых автомобилей.

Календарное планирование работы пункта. Минимизация издержек подачи автомобилей на ремонт и ТО, транспортные затраты на поставку материалов и запасных частей.

Подготовка и повышение квалификации специалистов. Минимизация издержек при подготовке специалистов и распределении рабочих по станкам и рабочим местам.

Обеспечение прибыльности и безубыточности пункта. Минимизация издержек при организации и маршрутизации технологических процессов, движения средств и материалов между отделениями пункта, своевременность проведения взаиморасчетов с клиентами и поставщиками, а также постоянность мониторинга с разными технико-экономическими характеристиками.

На сновании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Как показывают статистические данные, численность и выполняемый объем автоперевязочных работ в разных областях Республики Казахстан резко отличаются. Поэтому для обеспечения безубыточности организованных пунктов технического обслуживания ремонта грузовых автомобилей предлагается следующая организация:

- для первого региона (г. Алматы и Алматинская область) — авторизованные станции технического обслуживания, которым дано официальное разрешение на осуществление сервисной деятельности на соответствующих рынках и по установленным нормам и правилам, инструкциям, разработанным торговой маркой конкретного автомобильного бренда. В частности, в Алматы имеются АСТО "МиГ" (ВОЛЬВО), СВС (МАН), АСТО "СКАНИЯ" и АСТО "КАМАЗ";
- для западного региона — универсальные СТО, которые могут обслуживать автомобили как грузовые, так и легковые российского и зарубежного производства;
- для южного региона — комплексные СТО, которые специализируются на обслуживании автомобилей зарубежного производства, независимо от марки и типа грузового автомобиля;
- для северного региона — СТО, специализированные по видам работ, кроме проведения всех видов ТО — кузовные работы, ремонт двигателей, КПП, ремонт других крупных агрегатов и узлов автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Диксон П.** Управление маркетингом. — М.: БИНОМ, 1998. — 290 с.
2. **Волгин В.** Контрольные параметры рентабельности автосервисов. Журнал "Генеральный журнал. Автосервис", № 1. 2009.
3. **Транспорт** в Республике Казахстан 2008—2012. Статистический сборник данных: на казахском и русском языках. — Астана: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2013. — 90 с.
4. **Ременцов А. Н.** Автомобили и автомобильное хозяйство. Введение в специальность: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Ременцов. — М.: Изд. центр "Академия", 2010. — 192 с.
5. **Джонсон М., Херрманн А.** Ориентация на клиента — ключевой фактор успеха предприятия. — Проблемы теории и практики управления, 1999, http://www.ptpu.rn/

УДК 625.81

А.Н. Якубович, проф., МАДИ, **И.А. Якубович**, проф., МАДИ,
С.Н. Крикун, доц., Северо-Восточный государственный университет, Магадан
E-mail: yakubovich_irina@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ВРЕМЕННЫХ АВТОДОРОГ "ЗИМНИКОВ" В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Рассмотрена методика определения параметров строящихся временных автодорог. Предложен алгоритм сравнения эффективности использования различных видов техники. Описана программная реализация информационной системы для автоматического проектирования автодорог.

Ключевые слова: *проектирование автодорог, информационная система, временные автодороги.*

Постановка задачи

Магаданская область — крупный горнопромышленный регион России, основой экономики которого является добыча полезных ископаемых, в первую очередь золота и серебра. До настоящего времени доля золота, добываемого из россыпных месторождений, составляет значительную часть от общего объема добычи этого металла (за 2011 г. — 10 378,2 кг, или 45 % [1]). Всего на территории области сосредоточено 11 % запасов разведанного россыпного золота Российской Федерации [1]. Таким образом, высокая зависимость экономики региона от объемов россыпной золотодобычи сохранится, как минимум, до 2025 г., а возможно, и на значительно более продолжительный период. Это обуславливает необходимость формирования и поддержания в работоспособном состоянии региональной дорожной сети, позволяющей обеспечить доставку необходимого объема грузов к местам проведения горных работ.

Основные горнопромышленные территории области расположены на значительном удалении (от 200 до 500 км) от главного источника материальных ресурсов — морского порта в г. Магадане. В условиях отсутствия железнодорожного и речного транспорта доставка грузов по территории области осуществляется исключительно автотранспортом. Основой существующей дорожной сети является федеральная трасса М56 "Колыма" (Якутск—Магадан), от которой проложены многочисленные ответвления к разрабатываемым и отработанным месторождениям. При этом относительно малые объемы запасов и, соответственно, небольшая продолжительность освоения данных месторождений делают экономически нецелесообразным сооружение постоянных автодорог; наиболее распространенными являются временные дороги — "зимники".

Сложные природно-климатические условия Крайнего Северо-Востока России (низкие температуры, высокие показатели снегопереноса и снегоприноса, наличие разветвленной гидрологической сети, заболоченные участки территории и т.д.) существенно затрудняют выбор экономически наиболее рациональной сети временных автодорог. Значительную помощь проектировщику может оказать использование специализированной информационной системы, основанной на геоинформационных технологиях и позволяющей как в полной мере учитывать ландшафтные особенности территории, так и проводить сравнение альтернативных вариантов по критериям ресурсоемкости и стоимости.

Методика определения технологических параметров временных автодорог

Основными природно-климатическими параметрами, предопределяющими тип профиля временной автодороги, являются средняя толщина снегового покрова, показатель снегопереноса, на-

Таблица 1

Применимость профилей временных автодорог "зимников" в зависимости от природно-климатических условий

Профиль			Параметры ландшафта		
обозначение	характеристика	номер по ВСН 137-89	β^1, м^3/м	h^2, см	Q^3, т
P1	Сухопутные грунтовые (растительность отсутствует)	2	0—50	—	—
P2		4	50—150	—	—
P3	Сухопутные грунтовые (лесополоса)	2	—	—	—
P4	Сухопутные грунтовые (кустарник)	2	—	—	—
P5	Сухопутные на болотах	8	—	—	—
P6	Сухопутные снеговые	12	—	0—10	—
P7		12	—	10—25	—
P8		12	—	> 25	—
P9	Ледовые переправы	13	—	—	$Q \leqslant Q_л^4$
P10		20	—	—	$Q > Q_л$

[1] коэффициент снегопереноса.
[2] среднегодовая высота снежного покрова.
[3] максимальный расчетный вес транспорта с грузом.
[4] грузоподъемность естественного льда на момент начала эксплуатации "зимника".

личие заболоченных участков и их мерзлотный режим, наличие лесной и/или кустарниковой растительности. К особым типам профиля "зимников" относятся ледовые переправы, организуемые в местах пересечения трассы временной автодороги с элементами гидрологической сети ландшафта — реками и озерами.

Всего в рамках настоящей работы было выделено 10 типов профилей, каждый из которых характеризовался определенным перечнем технологических операций, составляющих процесс строительства данного профиля. Выбор профиля осуществлялся в соответствии с табл. 1.

Для определения значений коэффициента снегопереноса использовались многолетние климатические данные метеостанций Магаданской области [2]. Суммарный снегоперенос по всем 8 румбам определялся по эмпирической формуле (1):

$$\beta = 9{,}2 \cdot 10^{-4} T \sum_{i=1}^{8} v_i^3 p_i, \qquad (1)$$

где T — среднегодовая общая продолжительность метелей, часов; v_i — средняя скорость ветра по i-му румбу, м/с; p_i — повторяемость ветра по i-му румбу в интервале от 0 до 1.

Грузоподъемность ледовой переправы, обеспечиваемая за счет естественного промерзания водоема, зависит от дня начала эксплуатации переправы и определяется глубиной промерзания $h_{0,л}$. Величина $h_{0,л}$ находится в соответствии с требованиями [3] и функционально зависит от продолжительности морозного периода до дня начала эксплуатации и от средней температуры воздуха за данный период. Грузоподъемность естественного льда (в тоннах) связана с его толщиной (в сантиметрах) соотношением (2). При недостаточной грузоподъемности естественного льда планируется дополнительная технологическая операция по искусственному увеличению его толщины.

$$Q_л = \frac{h_{0,л}^2}{121}. \qquad (2)$$

Полный перечень технологических операций приведен в табл. 2. При этом, в соответствии с разрабатываемой средой выделяются три технологические группы: операции с грунтами ($T1$), со снегом и льдом ($T2$), с растительностью ($T3$). Рекомендуе-

Таблица 2

Укрупненные технологические операции, выполняемые при сооружении "зимников"

Код	Технологическая операция	Рекомендуемое средство исполнения	Применяемость к профилям
*T*1.1	Рыхление грунта	CAT D6K XL	*P*1, *P*2
*T*1.2	Уплотнение грунта	CAT CS76	*P*1, *P*2, *P*3, *P*4, *P*5
*T*1.3	Разработка грунтов	CAT D7R + VPAT	*P*1, *P*2, *P*3, *P*4, *P*5
*T*1.4	Планировка поверхности	CAT D6N LGP + VPAT	*P*3, *P*4, *P*5
*T*1.5	Подвоз и отсыпка грунта	КАМАЗ-45141	*P*3, *P*4, *P*5
*T*2.1	Рыхление снега	CAT D5K LGP	*P*8
*T*2.2	Планировка снега	CAT 12K	*P*6
*T*2.3	Уплотнение снега	CAT D6K LGP + ДУ-30	*P*7, *P*8
*T*2.4	Расчистка или нагребание снега	CAT D6K LGP + VPAT	*P*8, *P*9, *P*10
*T*2.5	Расчистка торосов	CAT D6K XL + VPAT	*P*9, *P*10
*T*2.6	Дождевание	R-703VF + ДДН-70	*P*8, *P*10
*T*3.1	Расчистка поверхности от кустарника	Б10М + МП-9С	*P*4
*T*3.2	Валка леса	Б10М + МП-9С	*P*3
*T*3.3	Корчевка пней	Б10М + МП-18-6	*P*3, *P*4

мое средство исполнения для каждой операции назначалось исходя из имеющегося опыта эксплуатации в климатических условиях Магаданской области; также принималась во внимание доступность и распространенность конкретных марок техники. В то же время не исключается возможность использования иных марок техники; в этом случае необходимо дополнительно указать соответствующие ей параметры.

Таким образом, процесс строительства каждого из возможных видов профиля представляется как совокупность отдельных технологических операций. Для определения суммарных затрат ресурсов по каждой выполняемой операции вычисляется производительность техники в зависимости от ее типа и вида работ [4]; итоговые зависимости приняты в виде:

$$\left.\begin{aligned}
&P=\frac{(b-b_0)H_{\text{раб}}L_{\text{з}}k_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}n_0},\ \text{м}^3/\text{ч} && (T1.1,\ T2.1)\\
&P=\frac{3600v_{\text{раб}}(b-b_0)k_{\text{в}}}{n_0},\ \text{м}^2/\text{ч} && (T1.2,\ T2.3,\ T3.1,\ T3.2,\ T3.3)\\
&P=\frac{bH_{\text{раб}}k_{\text{п}}k_{\text{в}}}{2\,\text{tg}(\gamma)T_{\text{ц}}},\ \text{м}^2/\text{ч} && (T1.3,\ T1.4,\ T2.2,\ T2.4,\ T2.5)\\
&P=\frac{m_{\text{г}}k_{\text{г}}k_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}\rho_{\text{гр}}},\ \text{м}^3/\text{ч} && (T1.5)\\
&P=\frac{L_{\text{з}}bk_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}n_0},\ \text{м}^2/\text{ч} && (T2.6)
\end{aligned}\right\}\quad(3)$$

где b — ширина рабочей поверхности агрегата (рыхлителя, уплотнителя, бульдозера или кустореза), а также ширина полосы дождевания, м; b_0 — ширина полосы перекрытия, м; $H_{\text{раб}}$ — глубина рыхления или захвата грунта бульдозером, м; $L_{\text{з}}$ — длина захватки (полосы, обрабатываемой за 1 цикл), м; $k_{\text{в}}$ — коэффициент использования рабочего времени; $T_{\text{ц}}$ — нормативное время на 1 цикл технологической операции, часов; n_0 — количество проходов по 1 следу; $v_{\text{раб}}$ — нормативная скорость движения агрегата при выполнении операции, м/с; $k_{\text{п}}$ — коэффициент потерь грунта; γ — угол естественного откоса грунта, радианы; $m_{\text{г}}$ — грузоподъемность самосвала, т; $k_{\text{г}}$ — коэффициент использования грузоподъемности; $\rho_{\text{гр}}$ — плотность грунта, т/м^3.

Объемы работ, выполняемых по каждой требуемой технологической операции, зависят от протяженности и ширины соответствующего участка временной автодороги. На основе показателей производительности (3) определяются затраты ресурсов и, в конечном счете, экономические показатели строительства как для отдельных участков, так и для всей проектируемой сети "зимников" в целом.

Программная реализация информационной системы проектирования сети временных автодорог

Определение технологических параметров проектируемой временной автодороги осуществляется с помощью специализированной геоинформационной системы, постро-

Таблица 3

Геоинформационные слои, используемые при проектировании временных автодорог на территории Магаданской области

№ пп	Информационное содержание слоя	Объекты в базе		Основная роль слоя в проектировании
		тип	кол-во	
1	Изолинии абсолютных высотных отметок земной поверхности	Линия	36 161	Прокладка трассы автодороги с учетом ограничений на величину продольного уклона
2	Природные водотоки (реки)	Линия	26 004	Выявление и расчет участков автодороги с профилями *P*9-*P*10
3	Природные водоемы (озера)	Полигон	1 729	
4	Среднемесячные температуры воздуха в пунктах постоянных метеонаблюдений	Точка	23	
5	Территории, занятые лесной растительностью	Полигон	754	Выявление и расчет участков автодороги с профилем *P*3
6	Территории, занятые кустарниковой растительностью	Полигон	569	Выявление и расчет участков автодороги с профилем *P*4
7	Территории с болотистыми типами почв	Полигон	727	Выявление и расчет участков автодороги с профилем *P*5
8	Среднее годовое количество твердых осадков (снега)	Полигон	8	Выявление и расчет участков автодороги с профилями *P*6-*P*8
9	Коэффициент снегопереноса	Полигон	31	Выявление и расчет участков автодороги с профилями *P*1-*P*2
10	Значения снегоприноса по 8 основным румбам	Полигон	241	Определение прогнозных затрат на последующее обслуживание (расчистку) автодороги
11	Существующие автодороги	Линия	847	Определение начальной точки проектируемой временной автодороги
12	Малые населенные пункты	Точка	213	
13	Крупные населенные пункты	Полигон	8	
14	Разрабатываемые россыпные месторождения	Линия	1 526	Определение конечной точки проектируемой временной автодороги
15.	Россыпные месторождения, находящиеся в резерве	Линия	505	

енной на базе ArcView 3.1. Система включает в себя ряд информационных слоев, отражающих ландшафтные и природно-климатическое особенности территории строительства автодороги (табл. 3).

Среда геоинформационной системы позволяет выборочно визуализировать отдельные слои, управлять последовательностью их отображения (наложением), приближать или удалять выбранные участки местности. Общий вид окна просмотра системы показан на рис. 1.

Начальным этапом процесса проектирования сети временных автодорог является создание в структуре геоинформационной системы специализированного слоя "Зимники.shp" (рис. 2). Топологическая часть слоя представляет набор полилиний, образующих маршруты будущих дорог; при этом каждый сегмент дороги встроенными средствами системы автоматически привязывается к соответствующему участку местности. При этом в одном окне со слоем "Зимники.shp" может быть представлена информация о рельефе и природно-климатических характеристиках территории (посредством визуализации необходимых слоев, указанных в табл. 3, с возможностью быстрого доступа к их атрибутивным таблицам), что существенно расширяет возможности проектировщика по выявлению и фиксированию вариантов, наиболее близких к оптимальному. Также возможно создание в одном слое нескольких альтернативных вариантов маршрутов, для каждого из которых в дальнейшем будут определены технико-

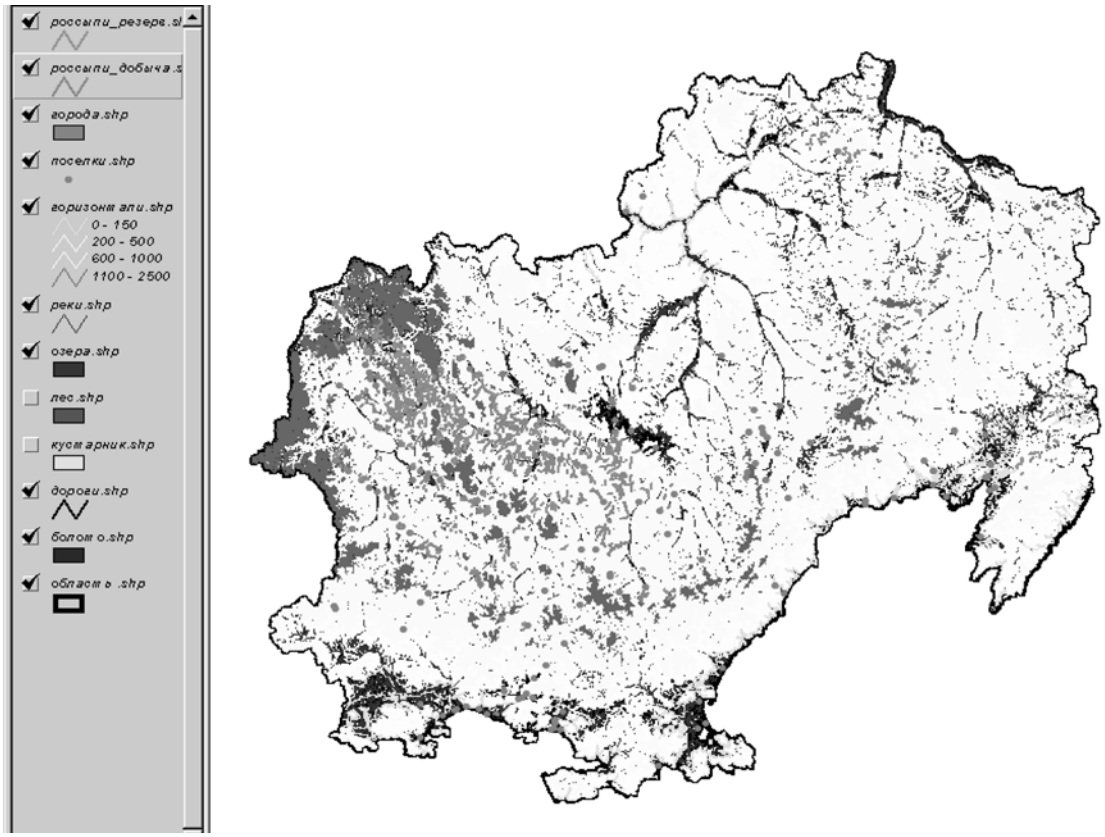


Рис. 1. Визуализированное представление основных слоев геоинформационной системы

экономические показатели как основа для окончательного выбора оптимального варианта. Атрибутивная часть слоя заполняется проектировщиком и содержит сведения, необходимые для дальнейшего определения технологических параметров строительства и обслуживания: ширину временной автодороги, плановый срок ее эксплуатации, максимальную плановую грузоподъемность транспортных средств, ожидаемую ежегодную дату начала эксплуатации зимника.

Слой "Зимники.shp" совместно с набором слоев, указанных в табл. 3, составляет совокупность исходных данных, необходимых для дальнейшего автоматизированного расчета. Алгоритм расчета представлен в программной части геоинформационной системы как набор модулей (макросов) и реализует следующую укрупненную последовательность вычислений:

1. контроль полноты исходных данных для расчета (наличия необходимых информационных слоев и соответствующих им атрибутивных таблиц), при необходимости — выдача проектировщику сообщений об отсутствии или некорректности исходных данных;

2. формирование таблиц со справочными данными: с температурами воздуха, сгруппированными по метеостанциям и по месяцам года, и с зависимостью толщины льда от периода промерзания и от средней температуры воздуха за этот период;

3. выявление сегментов проектируемых временных автодорог, пересекающих водотоки и водоемы, и, соответственно, требующих организации ледовых переправ. Определение для каждого такого сегмента толщины льда, ожидаемой на ледовой переправе на дату начала эксплуатации зимника (исходя из средних значений многолетних климатических данных). Определение толщины льда, минимально необходимой для обеспечения пропуска автомашин с установленной грузоподъемностью. Окончательный выбор профиля автодороги (*P*9 или *P*10);

4. выявление сегментов, пересекающих болота, леса и территории с кустарниковой растительностью; определение их начальной и конечной точек; выбор соответствующих профилей — *P*5, *P*3 или *P*4;

5. выявление сегментов со значениями коэффициента снегопереноса менее 50 (с выбором для них профиля *P*1) и от 50 до 100 (с выбором профиля *P*2);

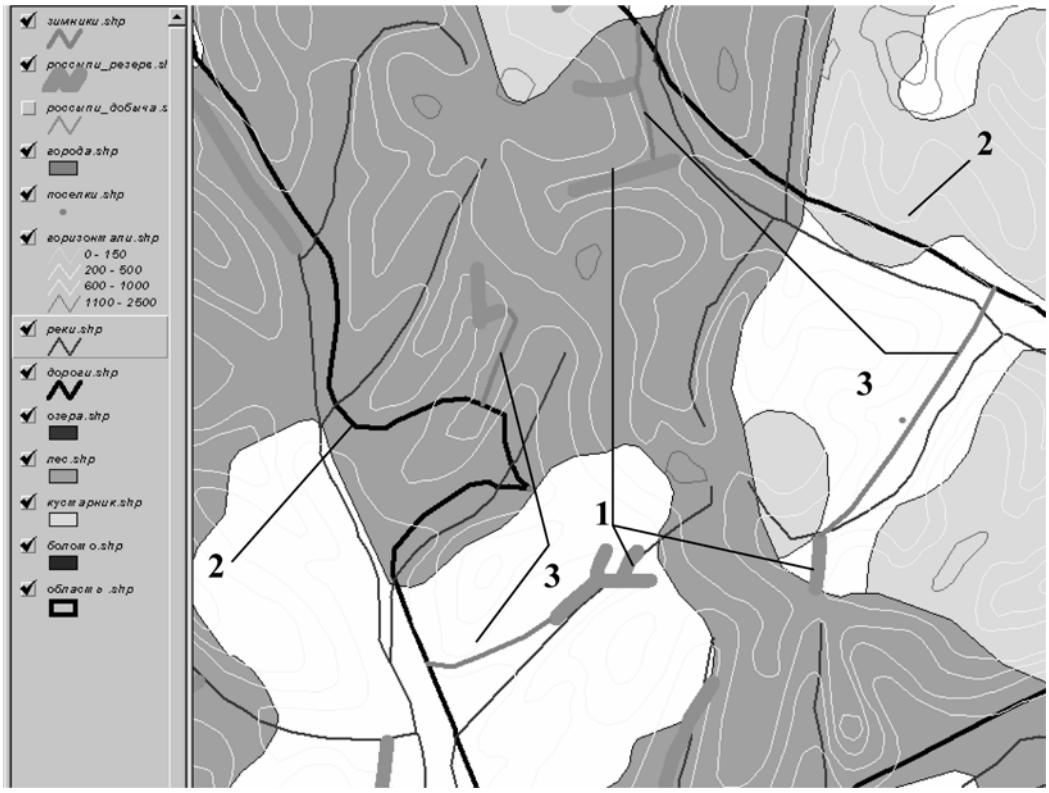


Рис. 2. Окно проектирования трасс временных автодорог:

1 — планируемые к разработке россыпные месторождения, *2* — существующая стационарная дорожная сеть, *3* — проектируемые участки автозимников

6. для участков проектируемых автодорог, не имеющих типов профиля *Р*3—*Р*5 или *Р*9—*Р*10, выполняется разбиение на сегменты в зависимости от среднегодового суммарного количества снеговых осадков с выбором профиля *Р*6—*Р*8;

7. для каждого сформированного сегмента соответствующего профиля выполняется определение величины снегоприноса — исходя из среднегодовых метеорологических данных;

8. формируется файл "Segments.dbf", каждая запись которого содержит сведения об отдельном сегменте зимника: индивидуальные (его длина, тип профиля, величина снегоприноса) и общие для всех сегментов в составе определенной автодороги (ширина, требуемая грузоподъемность и т.д.).

Заключение

Предлагаемая методика определения технологических параметров временных автодорог, основанная на геоинформационных технологиях и программно реализованная в структуре специализированной геоинформационной системы, позволяет существенно сократить время проектирования и достигнуть максимального соответствия проекта ландшафтным и природно-климатическим условиям территории строительства. При этом в процессе дальнейшей автоматизации проектирования возможна организация сопряжения ГИС со сторонними программными средствами (за счет широко используемого формата данных .dbf), что дает перспективу автоматического определения также и экономических показателей строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Золото Колымы:** информационный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.goldkolyma.ru.
2. **Научно-прикладной справочник по климату СССР.** Серия 3, части 1—6, выпуск 33. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990. — 584 с.
3. **ВСН 137—89.** Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР / Министерство транспортного строительства СССР. Ведомственные строительные нормы. — М.: Минтрансстрой СССР. — 1991. — 136 с.
4. **Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог.** Справочник дорожного мастера. — М.: ИНФРА-Инженерия, 2005. — 992 с.

УДК 621.433

А. А. Капустин, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
E-mail: professor-gaz@mail.ru

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ — ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВС!?

В статье приведен анализ выполнения государственных программ по переводу автомобильных двигателей внутреннего сгорания на моторное топливо — природный газ. Дана оценка причин неудачных попыток начать интенсивную газификацию автомобильного транспорта. Рассмотрена ситуация и даны предложения по выполнению распоряжения Правительства РФ № 767-р от 13 мая 2013 г.

Ключевые слова: природный газ, моторное топливо, двигатель внутреннего сгорания, газовый двигатель, газодизель, газобаллонное оборудование, стандарты на природный газ.

Цель — экономия

Развитие автомобилизации во многом определяется типом энергетической установки в конструкции автомобиля. Эту тенденцию можно увидеть при анализе заездов на установление рекордов скорости [1]. Первым в 1899 г. скорость 100 км/ч превысил электромобиль. Рубеж 200 км/ч в 1906 г. первым преодолел паровой автомобиль. Длительное время самыми быстрыми оставались автомобили с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания. Но применение реактивной тяги позволило в 1970 г. гонщику Г. Габеличу на автомобиле "Синее пламя" первому развить скорость свыше 1000 км/ч и установить абсолютный рекорд 1014 км/ч. Реактивный двигатель этого автомобиля работал на сжиженном природном газе. Можно предположить, что скоро конструкторы двигателей обычных автомобилей освоят технологии создания "Синего пламени" и природный газ станет популярным моторным топливом.

Производители автомобильных двигателей ведут жесткую конкуренцию на мировом рынке, соблюдая законодательные ограничения по топливной экономичности, массогабаритным показателям, надежности и требования на ограничение токсичности отработавших газов и шума. В этих условиях, при определении силовой установки автомобиля главная роль отводится выбору топлива, которое будет наиболее эффективно удовлетворять потребностям общества.

В начале XX века журнал "Автомобилист" № 4 за 1910 г. [2] сообщил читателям: "Имея в виду высокую стоимость бензина и постоянную тенденцию к дальнейшему повышению цен на него, нельзя не приветствовать появление на автомобильном рынке приборов и устройств, преследующих цели экономии бензина, сокращение расхода этого дорогого топлива автомобильных моторов".

Прошло сто лет, мировой парк автомобилей превысил 700 млн. Цена на нефть постоянно растет. За последние 40 лет она увеличилась с 9 до 110 долларов за баррель. Есть прогнозы роста цены до 200 долларов к 2025 г. Автомобильные ДВС работают на бензиновом и дизельном топливах, которые предлагают стабильные значительные объемы энергии. Однозначного аналога или нового альтернативного вида топлива до сих пор нет. Ученые объявляют, что человечество через 30 лет исчерпает нефть из недр земли. По какому пути будет развиваться автомобильное двигателестроение в дальней перспективе предугадать невозможно. Но на ближайшие 15—20 лет основные направления уже определены.

Одно из них — использование природного газа в качестве моторного топлива. Известно, что первые ДВС работали на газе. Специалисты многих стран давно применяют природный газ в автомобильных двигателях и отмечают его возможности помочь человечеству успешно решить технические, экономические и экологические проблемы на пути автомобилизации. ЕЭК ООН приняла резолюцию, предусматривающую к 2020 г. перевести на природный газ

10 % (24 млн) автомобилей. Сенат США одобрил закон о введении налоговых льгот для владельцев автомобилей, работающих на природном газе, государственная программа Японии "Транспорт на чистых энергоносителях" предусматривает увеличение числа автомобилей, работающих на природном газе, до 1 млн ед.

Газификация автомобилей в России

Ведущая в мире по добыче и запасам природного газа наша страна одной из первых начала промышленное использование природного газа в автомобильных ДВС. В тезисах автотракторной топливной конференции 1930 г. [3] можно прочитать: "Природные газы, богатыми месторождениями которых изобилует наша страна, также могут занять по праву одно из первых мест среди горючего для автотранспорта". В 1939 г. ЗИС и ГАЗ освоили производство газобаллонных автомобилей (ГБА), а в 1949 году выпустили усовершенствованные ГБА ЗИС-156 и ГАЗ-51Б. К 1960 г. построили 30 мощных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) для заправки 40 тыс. автомобилей.

Эксплуатационники отметили достоинства природного газа: увеличение ресурса двигателя, отсутствие детонации (октановое число газа — 110), снижение расхода масла в 1,5 раза, отсутствие нагара и сажи в цилиндрах и уменьшение вредных веществ в отработавших газах. К недостаткам отнесли: падение мощности двигателя на 15 %, увеличение времени разгона автомобиля на 30 %, уменьшение максимальной скорости на 5—6 % и угла преодолеваемого подъема на 30—40 %. Газовые баллоны снижали грузоподъемность. Повышались расходы на обслуживание и ремонт автомобиля.

В 1983 г. было намечено к 2000 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 1 млн и построить 1012 АГНКС. Для снижения холостых пробегов предполагалось выпустить 2000 передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ). Было освоено производство газобаллонного оборудования (ГБО). С конвейеров заводов сходили дооборудованные двухтопливные бензогазовые и газодизельные автобусы, грузовые и легковые автомобили. В мастерских автопредприятий самостоятельно комплектовали автомобили ГБО. Число автомобилей, работающих на природном газе, выросло до 100 тысяч.

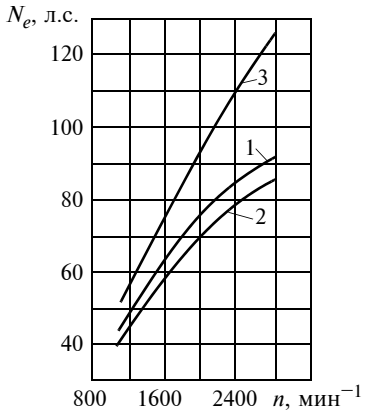
В последние два десятилетия достигнутые результаты в практике широкого использования природного газа в автомобильных ДВС утрачены. Представляет интерес критически оценить пройденный путь газификации российского автотранспорта и найти решения по устранению имевших место ошибок.

Первая логическая ошибка

С самого начала Правительство приняло объективную для нашей огромной развивающейся страны концепцию, поддержанную учеными и специалистами, переоборудовать на компримированный природный газ (КПГ) спроектированные и выпускаемые с конвейеров бензиновые и дизельные автомобили. Но двигатели, созданные для низкооктанового бензина А-72, при установке газового оборудования для работы на природном газе ухудшали эксплуатационные свойства автомобилей. Ситуацию можно было улучшить.

Небольшое форсирование двигателя по степени сжатия и коэффициенту наполнения позволяло повысить мощность двигателя ЗИЛ-120 на 36 % (рисунок) [4]. Но в случае полной выработки газа такой двигатель мог работать только на высокооктановом дорогом бензине АИ-93, который автопредприятиям строго лимитировался.

В газификации автотранспорта наметился опережающий рост числа газобаллонных автомобилей при замедлении развития строительства АГНКС. Водителям приходилось ездить на заправку газом за 30—40 км. Снижение объемов перевозок грузов и пассажиров, холостые пробеги и потери рабочего времени вызвали у водителей негативное отношение к использованию природного газа. Началось сокращение количества ГБА. На автопредприятиях



Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-120:

1 — бензин, ε = 6; *2* — газ, ε = 6; *3* — газ, ε = 8,5 (верхние клапаны, специальный впускной коллектор)

перестали создавать участки и цехи для хранения, обслуживания и ремонта ГБА.

Не придало активности в использовании природного газа на автотранспорте и постановление Правительства РФ от 15 января 1993 г. № 31, по которому стоимость 1 м^3 природного газа для автомобилей не должна превышать 50 % стоимости бензина А-76.

Поменялись планы автомобильной промышленности. К 1990 г. заводам надо было освоить 60 % объемов выпуска дизельных легковых, грузовых автомобилей и автобусов. К выполнению программы переоборудования бензиновых автомобилей на природный газ прибавилась программа переоборудования на природный газ дизельных автомобилей.

В 1986 г. в г. Набережные Челны начался выпуск газодизельных КАМАЗов. В конструкции системы управления двигателем специалисты приняли неверное техническое решение. Они использовали для газодизеля способ качественного регулирования при внешнем смесеобразовании. На дизель установили газовую аппаратуру от карбюраторного бензинового двигателя ЗИЛ-138, удалив дроссельную заслонку. Поступление воздуха не ограничивалось. Главный регулятор подачи газа — 2-ступенчатый редуктор не выполнял своих функций по созданию газовоздушной смеси требуемого состава, так как не получал сигнала о разрежении во впускном коллекторе в соответствии с режимом работы двигателя. На малых и средних нагрузках газовоздушная смесь обедненялась до $\alpha = 1{,}8—2{,}2$. Газ переставал гореть.

Компенсировать недостаток топлива в цилиндрах можно было только увеличением дозы дизельного топлива до 60 %. На практике же водители снимали ограничители подачи дизельного топлива на ТНВД и газодизель работал бесконтрольно на двух топливах. Газодизель мог развивать мощность до 260 л. с. против 196 л. с. в дизельном режиме, что снижало надежность газовой топливной аппаратуры и узлов двигателя. Выпущенные в то время в небольшом количестве газодизельные КАМАЗы не получили одобрения у автомобилистов, и их производство прекратилось.

Вторая логическая ошибка

В начале XXI века российское двигателестроение и автомобильная промышленность переживали перезагрузку, при которой закрывались производства "устаревшей" отечественной автомобильной техники, а запускались сборочные заводы иностранных фирм.

У отечественных специалистов не остались без внимания успешные зарубежные программы газификации автотранспорта. Для неподготовленной инфраструктуры за границей покупали газовые ДВС и газобаллонные автомобили, работающие на одном природном газе. Вследствие отсутствия АГНКС, несмотря на их высокий технический уровень, эксплуатация оказывалась малоэффективной. При полной выработке газа в баллонах исправить этот недостаток можно было, добавив в конструкцию резервную бензиновую систему питания для доезда до АГНКС. То есть в наших условиях следовало вернуться к старой концепции двухтопливных газобензиновых двигателей, созданных по новейшим технологиям двигателестроения.

Но этого не произошло. Уже несколько лет действует новая концепция создания "чисто газовых" двигателей на базе ранее спроектированных дизелей КАМАЗ, ММЗ и др. Внося небольшие переделки, организуют работу двигателей по циклу Н. Отто с внешним смесеобразованием и зажиганием от электрической искры. Но эффективная, надежная и долговременная работа автомобильного двигателя возможна только на топливе, для которого сделан тепловой расчет, организован рабочий процесс, спроектирована кинематика и динамика механизмов, подобраны конструкционные материалы деталей и многое другое. В результате увеличиваются затраты на обслуживание и ремонт двигателя, ухудшаются эксплуатационные свойства автомобиля. При этом сохраняются требования по расширению сети АГНКС.

Наиболее верный путь — вернуться к газодизелю. Опыт создания работоспособных газодизелей с надежной системой управления, основанной на принципе количественного регулирования, был. Рабочий процесс требовал запальную дозу 3—5 % номинальной подачи дизельного топлива. Мощность газодизеля сохранялась на уровне базовой модели дизеля. Такое решение подтверждают межведомственные испытания автобусов "Икарус" с двигателем "Раба-Ман" и газодизеля КАМАЗ-7409 на автополигоне НАМИ [6].

Природный газ, какой марки?

В начале проектирования газового ДВС следует определиться, какой природный газ и с какими параметрами будут заправлять в газовые баллоны автомобиля. Строгая регламентация качества природ-

ного газа улучшает рабочий процесс и показатели двигателя. Но природный газ из разных месторождений отличается по низшей теплоте сгорания в диапазоне от 33294 до 47007 кДж/м^3, содержанию метана от 69,1 до 99,6 % и диапазоном октанового числа от 100 до 110 единиц [5]. Газы могут содержать большое количество сероводорода, смол, пыли, кислорода, цианистых соединений и других примесей, которые сокращают срок службы ДВС. Это доказывает необходимость предварительной химической и механической подготовки природного газа на АГНКС.

При конструировании газового двигателя обязательно учитывают стандарт на автомобильное газовое топливо, который совершенствуется на перспективы развития двигателестроения. В 1954 г. по ГОСТ 6367—53 "Газы сжатые для газобаллонных автомобилей" отпускались три марки газа: "природный", содержащий (по объему) 70—98 % метана, 1—10 % этана и другие примеси; "коксовый метанизированный", имеющий метана не менее 65 %; "коксовый обогащенный", в составе которого не менее 50 % метана и не более 12 % водорода. Эти газы успешно использовались в двигателях, созданных для низкооктановых бензинов А-56 и А-66. По ТУ 51-166—83 "Газ горючий природный сжатый. Топливо для газобаллонных автомобилей" на АГНКС предлагали две марки КПГ: "А" и "Б". Они отличались плотностью и теплосодержанием вследствие разного объемного состава метана и азота (табл. 1). Согласно ТУ оценивали элементарный состав, октановое число, теплоту сгорания, воспламеняемость, содержание влаги и степень очистки от загрязняющих примесей.

Сегодня на АГНКС продают по ГОСТ 27577—2000 "Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания" (табл. 2), пришедший с места добычи из скважины по газопроводу. После компримирования и очистки от примесей его закачивают в газовые баллоны автомобиля. Технология не предусматривает изменения компонентного состава газа. Это позволяет вследствие отсутствия в технологии этапа переработки сырья с месторождения устанавливать низкую цену на природный газ для потребителей.

Таблица 1

Природный газ по ТУ 51-166—83

Наименование показателя	
Давление газа в баллонах, не менее, МПа (кгс/см^2)	19,62 (200)
Температура газа, подаваемого на заправку газобаллонных автомобилей, °С, не более:	
для умеренной и холодной климатических зон	+40
для жаркой климатической зоны	+45
Компонентный состав объемный, %:	
метана	
в СПГ марки А	95 ± 5
в СПГ марки Б	90 ± 5
этана, не более	4,0
пропана, не более	1,5
бутанов, не более	1,0
пентанов, не более	0,3
двуокиси углерода, не более	1,0
кислорода, не более	1,0
азота, не более	
в СПГ марки А	0—4
в СПГ марки Б	4—7
Масса сероводорода, г/нм^3, не более	0,02
Масса меркаптановой серы, г/нм^3, не менее	0,016
Массовая доля сероводородной и меркаптановой серы, %, не более,	0,10
Масса механических примесей, г/нм^3, не более	0,001
Масса влаги, г/нм^3, не более	0,009

Таблица 2

Природный газ по ГОСТ 27577-2000

Наименование показателя	Величина	Метод испытания
Объемная теплота сгорания, низшая, кДж/м^3, не менее	31 800	ГОСТ 22667
Относительная плотность к воздуху, не менее	0,56—0,62	ГОСТ 22667
Расчетное октановое число газа, не менее	105	По п. 6.4
Концентрация сероводорода, г/м^3, не более	0,02	ГОСТ 22387
Концентрация меркаптановой серы, г/м^3, не более	0,036	ГОСТ 22387.2
Масса механических примесей в мг/м^3, не более	1,0	ГОСТ 22387.4
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, включая кислород, %, не более	7,0	ГОСТ 23781
Содержание воды, мг/м^3, не более	9,0	ГОСТ 22060
Объемная доля кислорода, %, не более	1,0	ГОСТ 23781

Таблица 3

Природный газ по Правилам ЕЭК ООН № 49
Характеристики эталонных топлив G_R, G_{23} и G_{25}

Характеристика	Единица измерения	Базовое значение	Предельные значения		Метод испытания
			мин.	макс.	
Эталонное топливо G_R					
Состав:					
Метан	% (молярная доля)	87	84	89	
Этан	% (молярная доля)	13	11	15	
Баланс*	% (молярная доля)	—	—	1	ISO 6974
Содержание серы	мг/м^{3**}	—	—	10	ISO 6326-5
* Инертные газы C_{21}. ** Значение, определяемое в стандартных условиях, 293,2 К (20 °С) и 101,3 кПа.					
Эталонное топливо G_{23}					
Состав:					
Метан	% (молярная доля)	92,5	91,5	93,5	
Баланс*	% (молярная доля)	—	—	1	ISO 6974
N_2	% (молярная доля)	7,5	6,5	8,5	
Содержание серы	мг/м^{3**}	—	—	10	ISO 6326-5
* Инертные газы (отличные от $N_2 + C_2$ (C_{21}). ** Значение, определяемое в стандартных условиях, 293,2 К (20 °С) и 101,3 кПа.					
Эталонное топливо G_{25}					
Состав:					
Метан	% (молярная доля)	86	84	88	
Баланс*	% (молярная доля)	—	—	1	ISO 6974
N_2	% (молярная доля)	14	12	16	
Содержание серы	мг/м^{3**}	—	—	10	ISO 6326-5
* Инертные газы (отличные от $N_2 – C_2$ (C_{21}). ** Значение, определяемое в стандартных условиях, 293,2 К (20 °С) и 101,3 кПа.					

На европейском рынке, в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 49, природный газ, как топливо для автомобильных ДВС, имеется в двух ассортиментах: 1. Ассортимент "*H*", в котором крайними эталонными топливами являются "*G*" и "*G*23" и 2. Ассортимент "*L*", в котором крайними эталонными топливами являются "*G*23" и "*G*25". Их характеристики приведены в табл. 3.

С 2002 г. в России внедряются Технические регламенты (ТР), содержащие законодательные документы, соответствующие требованиям международных стандартов для сертификации автомобильной техники. Постановлением Правительства РФ от 12 октября 2005 г. № 609 был утвержден ТР "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ". В нем рассматривается автомобильная техника с искровыми двигателями, работающими на бензине и газовом топливе, дизели — с воспламенением от сжатия и газовые двигатели — на сжиженном нефтяном или природном газе. Первая публикация ТР имела в приложении № 3 технические требования к характеристикам бензина и дизельного топлива. Внимания природному газу составители не уделили. А с 1 января 2010 г. приложение № 3 исключили из ТР полностью.

Поэтому российские стандарты для использования природного газа в качестве моторного топлива не соответствуют международным документам. Но без стабильного состава топлива и учета его расхода не решить вопросы образования газовоздушной смеси, наполнения цилиндров и оптимизации процесса горения. Можно отметить также, что счетчиков расхода природного газа (в Нм^3) для автомобильных двигателей не разработано.

Перспектива — 2020 г.

В 2013 г. в России эксплуатировалось на природном газе около 80 тыс. автомобилей (около 0,2 % автомобильного парка) и работали 212 АГНКС. По государственной программе газификации необходимо к 2020 г. увеличить число АГНКС до 1100 ед. и перевести на природный газ более 1 млн автомобилей. Но в работе автомобильного транспорта сложилась новая ситуация. Сегодня до 90 % подвижного состава находится в частной собственности. Выбор автомобиля по виду используемого топлива определяет владелец руководствуясь конкретным заказом на перевозки, с учетом ситуации на энергетическом рынке. В этой ситуации важным фактором становятся действия правительства страны в заботе об эффективном расходовании энергетического потенциала страны и снижении вредного воздействия автомобиля на окружающую среду.

Для реализации плана газификации автомобильного транспорта Правительство РФ выпустило распоряжение от 13 мая 2013 г. за №767-р "О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива, в том числе природного газа". Распоряжение вызвало интерес. На научно-практических форумах, конференциях и презентациях новых газовых автомобилей участники сообщают об успехах и разработанных перспективных проектах. Большинство отмечают, что в России есть благоприятные условия сделать природный газ моторным топливом для автомобильных ДВС. Накоплен опыт эксплуатации автомобильного транспорта, работающего на компримированном природном газе (КПГ) и сжиженном природном газе (СПГ). С этим необходимо согласиться.

Цель данного документа — привлечь внимание специалистов к необходимости корректировать отечественную программу газификации автомобильного транспорта и уточнения концепции для ее выполнения с учетом наших российских условий.

Алгоритм решения проблемы должен иметь две ветви. Первая — для автомобильной промышленности: организация производства газобензиновых и газодизельных двигателей, выпуск с конвейеров заводов газовых автомобилей и автобусов с установленным ГБО, реконструкция инфраструктуры для эксплуатации газовых автомобилей, подготовка кадров. Вторая — для "Газпрома": гармонизировать российские правовые акты и стандарты с международными документами по использованию природного газа в качестве моторного топлива, провести трубопроводы к автомобильным заправкам и встроить в них АГНКС.

Внедрение всех элементов предлагаемого алгоритма газификации российского автомобильного транспорта позволит активизировать выполнение распоряжения Правительство РФ от 13 мая 2013 г. №767-р.

И последнее. Автомобильная промышленность и автомобильный транспорт являются стратегически важными отраслями. Их развитие делает страну экономически сильной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бекман В. В.** Гоночные автомобили [Текст] / В. В. Бекман. — Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. — 320 с.
2. **Прибор для экономии бензина** [Текст] / Автомобилист. — 1910. — № 4. — С. 39.
3. **Сжатый газ как топливо в автотранспорте** [Текст] / Мотор. — 1930. — № 5. — С. 3.
4. **Орлин А. С.** Двигатели внутреннего сгорания. Т. 1 [Текст] / А. С. Орлин, Д. Н. Вырубов, Г. Г. Калиш и др.: Под ред. А. С. Орлина. — М.: Машиностроение, 1957. — 396 с.
5. **Генкин К. И.** Газовые двигатели [Текст] / К. И. Генкин — М.: Машиностроение, 1977. — 193 с.
6. **Капустин А. А.** Газодизель [Текст] / А. А. Капустин — Изд-во СПбГИСЭ, 2000. — 144 с.

"КАМАЗ-мастер" — победитель и в "Fair Play"

На торжественной церемонии вручения престижной премии "Fair Play" в Казани команда "КАМАЗ-мастер" награждена специальным дипломом Международного комитета Fair Play (CIFP) в номинации "Поступок в духе честной игры".

Диплом из рук президента CIFP Йено Камути получили Айдар Беляев и Ильгизар Мардеев. По всеобщему признанию, то, как повели себя экипажи команды "КАМАЗ-мастер" во время завершающего этапа ралли "Дакар-2014", когда они пришли на помощь перевернувшемуся экипажу китайского пилота Жо Йонга, является впечатляющим примером истинно спортивного поведения.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 621.436

В. А. Марков, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н. Э. Баумана,
С. Н. Девянин, д-р техн. наук, МГАУ им. В. П. Горячкина,
Л. В. Спиридонова, канд. техн. наук, доцент, Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП)
E-mail: markov@power.bmstu.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Проведено сравнение эффективности применения различных альтернативных топлив в дизелях. Показаны преимущества использования в дизелях биотоплив, производимых на основе растительных масел.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, альтернативное топливо, рапсовое масло, метиловый эфир рапсового масла, смесевое биотопливо.

Характерной особенностью развития топливно-энергетического комплекса России в последние годы являлся возрастающий спрос на нефтепродукты при незначительном приросте их выпуска. В частности, в период с 2008 до 2011 гг. существенного прироста производства нефтяных моторных топлив не наблюдалось. За этот период выпуск дизельного топлива возрос лишь на 1,0 млн т (на 1,5 %), а бензина — на 0,4 млн т (на 1,1 %) [1]. Это обусловлено тем, что заметный рост потребления моторных топлив в частном секторе отчасти компенсировался некоторым снижением спроса на нефтепродукты в промышленности и сельском хозяйстве, вызванным обострившимся экономическим кризисом. Следует также отметить, что потребление дизельного топлива практически вдвое превышает потребление бензина.

В настоящее время основная часть моторных топлив производится из полезных ископаемых, в основном из нефти. Вместе с тем, наряду с нефтяными топливами все большее применение находят и другие виды топлива, называемые альтернативными [2—4]. К 2020 г. в Европе планируется перевести около четверти (23 %) всего автомобильного парка Европы на альтернативные топлива: природный газ — 10 % (23,5 млн автомобилей), биогаз — 8 % (18,8 млн автомобилей), водород (топливные элементы) — 5 % (11,7 млн автомобилей) [2, 5]. Повышенный интерес к проблеме использования альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания обусловлен как истощением нефтяных ресурсов и повышением цен на нефть и нефтепродукты, так и назревшей необходимостью решения острых экологических проблем, вызванных быстрым ростом числа транспортных средств.

Альтернативные топлива условно можно разделить на три группы. К первой группе можно отнести смесевые топлива, содержащие нефтяные топлива с добавками ненефтяного происхождения (растительными маслами, спиртами, эфирами и др.). Вторая группа включает синтетические жидкие топлива, получаемые при переработке твердых, жидких или газообразных полезных ископаемых (угля, горючих сланцев, природного газа и газовых конденсатов и т.д.). Третью группу составляют ненефтяные топлива — растительные масла, спирты, эфиры, газообразные топлива. К последним относятся компримированный природный газ, сжиженный нефтяной газ, диметиловый эфир, водород и др. Следует отметить, что альтернативные топлива третьей группы обычно имеют физико-химические свойства, отличные от свойств нефтяного дизельного топлива, являющегося основным видом топлива для дизельных двигателей (таблица) [2, 6]. Поэтому при их использовании необходима адаптация этих топлив к транспортировке, хранению и заправке на существующих автомобильных заправочных станциях (АЗС), использованию в дизельных двигателях.

Необходимо отметить перспективность использования альтернативных топлив, производимых из сырья, получаемого в сельскохозяйственном секторе. В Российской Федерации, обладающей огром-

Физико-химические свойства дизельного и альтернативных топлив

Физико-химические свойства топлив	Топлива						
	ДТ	КПГ (метан)	СНГ (пропан)	Метанол	ДМЭ	РМ	МЭРМ
Формула состава	$C_{16,2}H_{28,5}$*	CH_4	C_3H_8	CH_3OH	CH_3OCH_3	—	$C_{19,6}H_{36,6}O_2$*
Плотность при 20 °С, ρ_{20} кг/м^3	830	416**	490**	795	668**	916	877
Вязкость кинематическая при 20 °С, ν_{20} мм^2/с	3,8	—	0,17**	0,55	0,22**	75	8
Коэффициент поверхностного натяжения δ при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	—	—	12,5	33,2	30,7
Теплота сгорания низшая, H_u,МДж/кг	42,5	50,3	46,5	20,1	28,9	37,3	37,8
Цетановое число	45	3	16	3	55—60	36	48
Температура самовоспламенения, °С	250	540	487	464	235	318	230
Температура помутнения, °С	–25	—	—	—	—	–9	–13
Температура застывания, °С	–35	—	—	–97,9	—	–20	–21
Температура кипения, °С	180—360	–161,5	–42	64,5	–25	—	—
Теплота испарения при температуре кипения, кДж/кг	250	511	427	1115	467	—	—
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20 °С, МПа	—	21,4	0,84	0,013	0,51	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	17,2	15,7	6,4	9,0	12,5	12,6
Содержание, % по массе							
С	87,0	76,0	81,8	37,5	52,2	77,0	77,5
Н	12,6	24,0	18,2	12,5	13,0	12,0	12,0
О	0,4	0	0	50,0	34,8	11,0	10,5
Общее содержание серы, % по массе	0,20	—	0,015	—	—	0,002	0,002
Коксуемость 10-процентного остатка, % по массе	0,2	—	—	—	—	0,4	0,3

Примечание: "—" — свойства не определялись; * — условная формула состава; ** — плотность и вязкость жидкой фазы; ДТ — дизельное топливо; КПГ — компримированный природный газ; СНГ — сжиженный нефтяной газ; ДМЭ — диметиловый эфир; РМ — рапсовое масло; МЭРМ — метиловый эфир рапсового масла

ной территорией, значительная часть пахотных земель, используемых ранее для сельскохозяйственного производства, в настоящее время не обрабатывается и постепенно теряет свои плодородные качества. При этом, возможно производство биодизельного топлива, получаемого из различных масличных культур. Наличие больших площадей пахотных земель, пригодных для выращивания масличных культур (рис. 1), а также динамика увеличения посевных площадей, отведенных под эти культуры, и урожайности озимого и ярового рапса, а также подсолнечника, определяют потенциальную возможность России стать одним из лидирующих государств по производству биодизельного топлива [3].

К 2000 г. мировой объем производства растительных масел достиг уровня 80 млн т в год. Выработка только четырех из них — соевого, рапсового, подсолнечного и пальмового составила 39,6 млн т в год. По прогнозу консалтинговой компании LMC (Великобритания), к 2020 г. объем мирового потребления растительных масел составит уже около 220 млн т. Значительное увеличение производства растительных масел будет обусловлено ростом потребления масел пищевым и промышленным (включая произ-

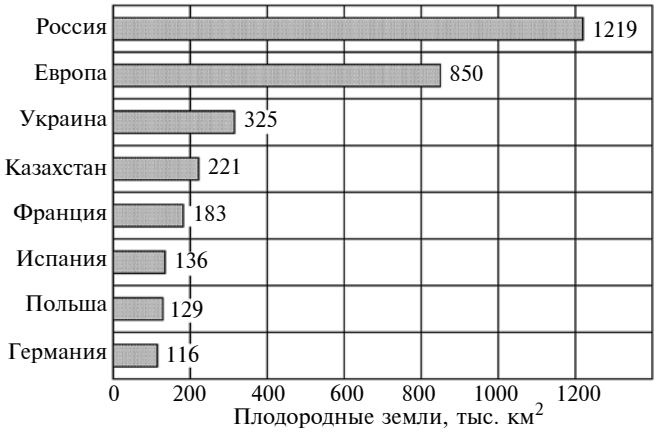


Рис. 1. Площади плодородных земель, пригодных для выращивания масличных культур в странах Западной Европы, России, Украине, Казахстане

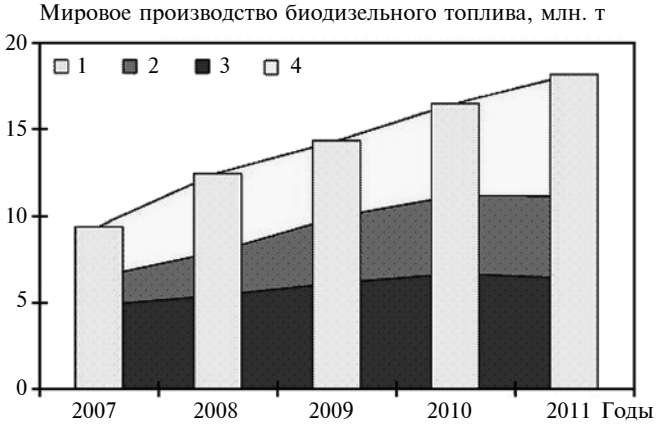


Рис. 2. Рост производства биодизельного топлива в мире из различных растительных масел, тыс. т:

1 — соевого; *2* — пальмового; *3* — рапсового; *4* — всего

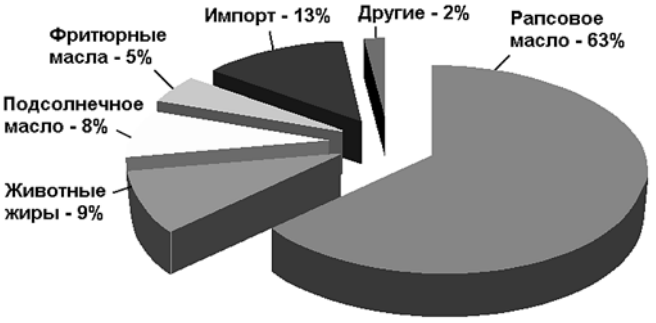


Рис. 3. Сырьевая база для производства биодизельного топлива в странах ЕС в 2010 году

водство биодизельного топлива) секторами мировой экономики.

Мировое производство биодизельного топлива из растительных масел к 2011 г. достигло уровня в 18 млн т (рис. 2). При этом основой сырьевой базы для его производства остаются три вида масел — соевое, пальмовое и рапсовое, причем доля рапсового масла составляет около 40 % всего объема растительных масел, перерабатываемых в биодизельное топливо. В странах Евросоюза к 2010 г. сложилась следующая сырьевая база для производства биодизельных топлив.

Доля рапсового масла, выращиваемого в этих странах, как сырья для выпуска моторных топлив, составила 63 % (рис. 3) [3]. Но следует отметить, что возросла до 13 % доля импортируемых растительных масел (в том числе — рапсового). Заметную долю сырьевых ресурсов составили животные жиры (9 %) и фритюрные растительные масла (5 %). Причем, основную часть фритюрных масел составило подсолнечное масло. Поэтому можно констатировать, что суммарная доля подсолнечного масла в сырьевых ресурсах для производства топлива "биодизель" превысила 10 % (8 % — подсолнечное масло плюс 3—4 % — фритюрное подсолнечное масло).

Согласно данным Отраслевого союза сельхозпроизводителей Германии (UFOP) в 2010 г. в стране озимым рапсом было засеяно 1,42 млн га земель, что на 4,1 % превысило площадь, засеянную в 2009 г. (1,37 млн га). При этом использованы земли, малопригодные и непригодные для сева пищевых сельскохозяйственных культур — земли вокруг автомагистралей, вредных производств и др.

Для централизованного снабжения топливом автотранспорта больших городов в большей степени пригодны сложные эфиры растительных масел — метиловые, этиловые и бутиловые, получаемые путем обработки растительных масел спиртами (соответственно метанолом, этанолом и бутанолом) [3]. Основой производства сложных эфиров растительных масел являются реакции этерификации, представляющие собой реакции взаимодействия жирных кислот растительных масел со спиртами. В общем случае получение эфиров из кислот может быть выражено уравнением химической реакции этерификации, представленным на рис. 4 [3]. При протекании данной реакции отделившийся от спирта атом водорода Н соединяется с гидроксильной группой ОН кислоты с образованием воды, а при взаимодействии оставшихся радикалов кислоты и спирта образуется эфир. Причем, сложные эфиры

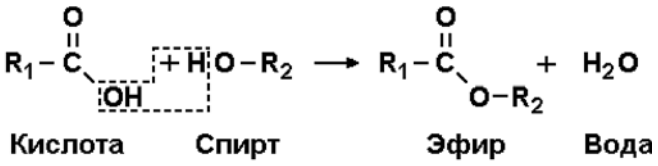


Рис. 4. Реакция этерификации кислоты спиртом с образованием эфира

растительных масел можно получить из различных растительных масел — рапсового, соевого, пальмового, подсолнечного и др. Эти эфиры называются сложными и не могут быть описаны простой химической формулой, поскольку являются смесями эфиров различных жирных кислот, входящих в состав растительных масел. Физико-химические свойства этих эфиров в большей степени приближены к свойствам нефтяного дизельного топлива по сравнению с растительными маслами. В первую очередь следует отметить пониженную по сравнению с растительными маслами вязкость указанных эфиров, а также их повышенное цетановое число, которое обычно превосходит цетановое число нефтяного дизельного топлива.

Наибольшее практическое применение в качестве дизельного топлива для автомобильной техники получили метиловые эфиры растительных масел, которые часто называют биодизельным топливом. Для условий средней полосы России наиболее подходящей масличной культурой является рапс. С одного гектара посевов рапса можно получить до 3 т маслосемян (до 1,0 т рапсового масла), до 3,5 т соломы, до 1,8 т жмыха, используемого для откорма крупного рогатого скота.

В странах Евросоюза наблюдается ежегодное увеличение производства биотоплив. По оценкам журнала *Oil World* только в Германии ежемесячно около 80 тыс. т рапсового масла (РМ) используется как прямой заменитель моторного топлива. И это без учета еще более значительных объемов потребления рапсового масла отраслью для производства метилового эфира рапсового масла (МЭРМ).

Показательны данные работы [3], в которой представлены направления реализации биодизельных топлив в Германии. В 2006 г. сбыт биодизельного топлива ("биодизель" или метиловые эфиры растительных масел) в Германии составил 2,5 млн т, в том числе, 1,01 млн т было использовано как примесь к нефтяному дизельному топливу и 0,5 млн т реализовано через АЗС для легковых и грузовых автомобилей. Кроме этого, в качестве моторного топлива был использован 1 млн т рапсового масла.

Для анализа возможностей использования различных альтернативных топлив необходимо сопоставить физико-химические свойства нефтяного дизельного топлива со свойствами различных альтернативных топлив (см. таблицу). Нефтяное дизельное топливо (ДТ) среднего состава имеет диапазон температур выкипания 160—360 °С, цетановое число — 45 единиц, температуру самовоспламенения — 250 °С, что обеспечивает его хорошее воспламенение в цилиндрах дизеля, сравнительно плавное сгорание, хорошие топливно-экономические показатели и приемлемые характеристики токсичности отработавших газов (ОГ). Поскольку нефтяное ДТ является слабо испаряющимся нефтепродуктом, практически не изменяющим своих свойств при хранении, оно хорошо адаптировано к транспортировке и хранению. Функционирует сеть АЗС, обеспечивающих заправку транспортных средств этим видом топлива.

Однако использование ДТ имеет и ряд недостатков, основными из которых являются ограниченность нефтяных ресурсов и их невозобновляемость. Кроме того, при сгорании дизельного топлива не всегда обеспечиваются требования к токсичности ОГ. Выброс углекислого газа, образующегося в камере сгорания дизеля при сгорании дизельного топлива, способствует возникновению парникового эффекта, а само производство дизельного топлива является неэкологичным процессом [2, 3]. На рис. 5 проведено сравнение различных топлив, использование которых возможно в дизельных двигателях транспортных средств различного назначения (преимущественно в городских условиях в двигателях легковых и грузовых автомобилей).

Данные, приведенные на рис. 5, не являются исчерпывающими ни по перечню рассматриваемых топлив, ни по их сравниваемым характеристикам. Поэтому эти данные не позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности первоочередного применения одного из рассматриваемых топлив. Для такого выбора необходимо провести сравнение и ряда других показателей, что обеспечит возможность более полной оценки преимуществ использования того или иного вида топлива.

Кроме анализа применимости различных топлив, проведенных в работах [2, 3], известны и другие исследования по этому вопросу. Показатели традиционных и альтернативных топлив сопоставлялись и в ряде других работ [7—10]. В частности, сравни-

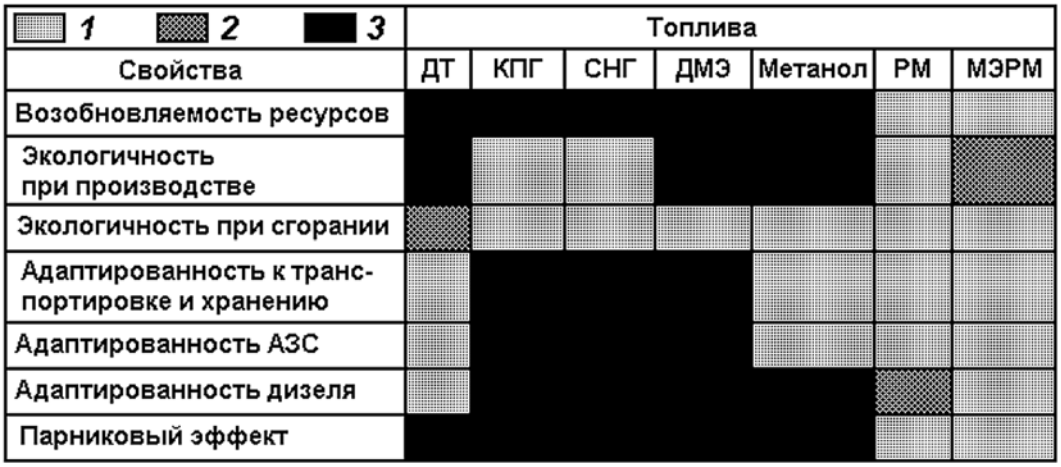


Рис. 5. Сравнительные характеристики различных топлив:

1 — преимущество; *2* — сочетание преимуществ и недостатков; *3* — недостаток; ДТ — дизельное топливо; КПГ — компримированный природный газ; СНГ — сжиженный нефтяной газ; ДМЭ — диметиловый эфир; РМ — рапсовое масло; МЭРМ — метиловый эфир рапсового масла

тельные характеристики некоторых топлив представлены на рис. 6, построенные с использованием данных работы [11]. Эти характеристики свидетельствуют о перспективности использования в качестве топлива для дизелей природного и попутного нефтяного газов, ДМЭ, топлив растительного происхождения.

Общим недостатком использования КПГ, СПГ, ДМЭ в дизелях является их неприспособленность к работе на газообразных топливах, что требует внесения существенных изменений в конструкцию дизеля, особенно в его топливоподающую систему. Следует отметить и отсутствие разветвленной сети автомобильных заправочных станций (АЗС), снабжающих автомобильный транспорт этими топливами. Поэтому, с этой точки зрения, преимущества имеют жидкие альтернативные топлива, снабжение автотранспорта которыми может осуществляться с использованием уже имеющейся сети АЗС.

Рис. 6. Сравнительные характеристики различных топлив:

1 — преимущество; *2* — сочетание преимуществ и недостатков; *3* — недостаток

Свою специфику имеет выбор альтернативных топлив для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин. Продолжающийся рост цен на нефтяные моторные топлива привел к тому, что в структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции доля стоимости дизельного топлива уже превышает 30 % [12]. Это обстоятельство не только приводит к нарушению технологий сельскохозяйственного производства и увеличению стоимости продуктов питания, но и сокращению посевных площадей и поголовья животных, а также ведет к разорению предприятий агропромышленного комплекса различных форм собственности. Сложившаяся ситуация грозит потерей продовольственной безопасности страны и полной зависимости от ввозимого продовольствия. В связи с этим обстоятельством в настоящее время разработан и внедрен ряд технологий использования альтернативных видов топлива: биотоплива, газообразного топлива и других видов альтернативного топлива. Но приоритетное внедрение того или иного альтернативного топлива в сельскохозяйственное производство должно базироваться на всесторонней оценке преимуществ и недостатков конвертирования двигателей внутреннего сгорания на этот вид топлива и использования его для сельскохозяйственной техники. Поэтому целесообразнее выбрать наиболее выгодное, в экономическом плане, альтернативное топливо и сконцентрировать усилия на его более широком внедрении в автотракторное хозяйство страны. Таким образом, экономическое обоснование приоритетного направления широкомасштабного внедрения альтернативного топлива является актуальной задачей.

При этом целесообразно произвести теоретическое исследование эффективности использования альтернативных топлив различными классами тракторной техники (тракторов различного тягового класса). Рассмотрены тракторы К-700А (тяговый класс 50 кН), Т-150 (тяговый класс 30 кН), ДТ-75 (тяговый класс 30 кН), МТЗ-80 (тяговый класс 14 кН). Данные трактора были выбраны из всего многочисленного ряда тракторов, применяемых в сельском хозяйстве, так как являются на сегодняшний день наиболее распространенными.

Использованная методика определения экономической эффективности является стандартной и достаточно распространенной при определении основных экономических показателей сельскохозяйственной техники [12]. Она учитывает основные технико-экономические показатели, такие как часовая производительность, затраты труда на единицу выполненной работы, удельный расход энергоресурсов и расчет себестоимости единицы работы. С целью обеспечения наибольшей объективности проводимого теоретического исследования были приняты значения указанных выше технико-экономических параметров, характерных для самого распространенного вида сельскохозяйственной операции — вспашки (при агрегатировании выше перечисленных тракторов плугами марки ПЛН в соответствии с тяговым классом этих тракторов). Расчет производился из условия годовой загрузки сельхозмашин, равной 500 ч, норма амортизационных отчислений на трактор установлена в размере 18,5 %, а часовая тарифная ставка принята равной 51,7 руб. [12].

При расчетах исследованы традиционное нефтяное дизельное топливо и следующие виды альтернативных топлив: смесь В20 (смесь 20 % рапсового масла и 80 % ДТ), чистое рапсовое масло, сжиженный нефтяной газ (пропан-бутановая смесь) и сжатый (компримированный) природный газ (метан). На рис. 7 приведены расчетные данные годовой экономии (в рублях) при переходе от нефтяного ДТ на рассматриваемые альтернативные топлива. На рис. 8 представлены результаты расчета срока окупаемости (лет) конвертации тракторов на рассматриваемые альтернативные топлива. При расчетах рассмотрена системы питания тракторных двигателей газообразными топливами (метан и пропан-бутановая смесь) с их воспламенением от запальной дозы нефтяного дизельного топлива, т.е. двойные системы питания дизелей. Срок окупаемости использо-

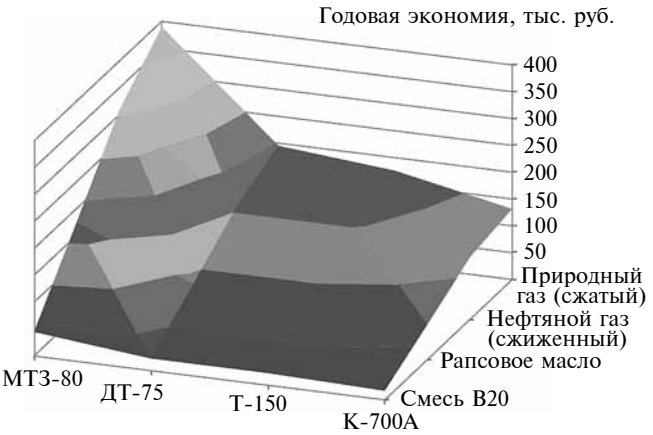


Рис. 7. Результаты расчета годовой экономии при использовании различных видов альтернативных топлив на основных марках сельскохозяйственных тракторов

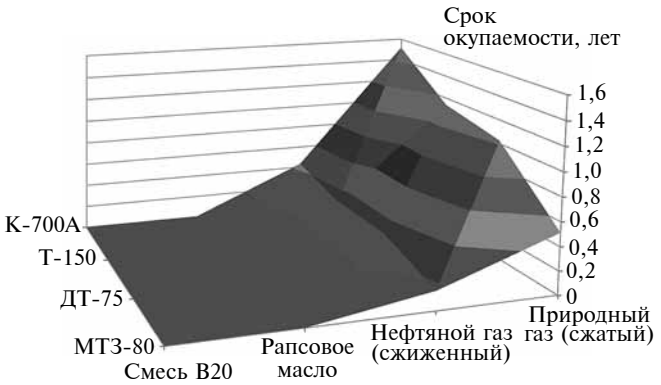


Рис. 8. Результаты расчета срока окупаемости конвертации сельскохозяйственных тракторов на различные виды альтернативных топлив

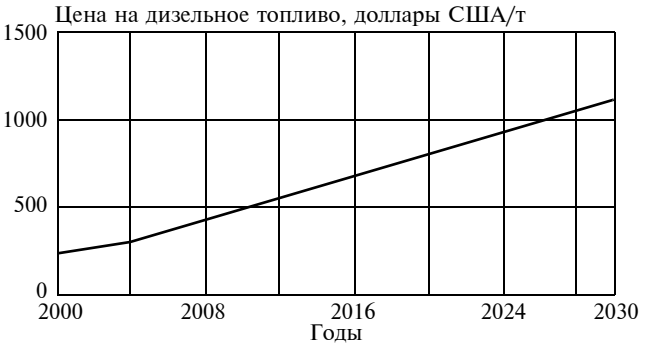


Рис. 9. Динамика роста оптовых цен на дизельное топливо в России

вания биотоплив (рапсовое масло и смесь В20) дан без периода выращивания и производства самого биотоплива.

Из представленных на рис. 7 и 8 данных можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным может стать применение природного газа (метана) в качестве альтернативного топлива. Так, при конвертировании дизельного двигателя трактора МТЗ-80 на природный газ годовой экономический эффект составит около 400 тыс. руб. на один трактор (см. рис. 7). При этом срок окупаемости конвертации дизеля этого трактора на природный газ составляет всего 0,5 года (см. рис. 8). Но переоборудование тракторных двигателей для работы на этом виде топлива требует наибольших, по сравнению с применением других видов альтернативных топлив, капиталовложений. Результаты расчетных исследований также показывают, что применение альтернативных видов топлива целесообразно на недорогих видах техники, что делает их использование более привлекательным для малых и фермерских хозяйств. Близость значений технико-экономических характеристик тракторов Т-150 и ДТ-75 объясняется тем фактором, что эти тракторы относятся к одному тяговому классу.

Проведенный анализ подтвердил эффективность использования в сельскохозяйственном производстве не только природного газа, но и других исследуемых видов альтернативных топлив: смеси рапсового масла с нефтяным ДТ (смесь В20), рапсового масла и сжиженного нефтяного газа. При этом необходимо отметить, что использование рассмотренных биотоплив практически не требует затрат на адаптацию двигателей к их применению, поскольку по своим физико-химическим свойствам они достаточно близки к традиционным нефтяным дизельным ДТ (особенно смесь В20).

Перспективность широкого внедрения того или иного вида альтернативного топлива напрямую зависит от соотношения цен на нефтяное дизельное топливо и рассматриваемого альтернативного топлива. При этом отмечается практически непрерывный рост цен на нефтяное ДТ (рис. 9). За последние 12 лет эта цена увеличилась более чем в 2 раза [12].

Но необходимо отметить и практически непрерывное увеличение цен на растительные масла и, в частности, на рапсовое масло. В настоящее время розничная цена одного литра рапсового масла составляет около 1 доллара США (рис. 10) [12]. Пока розничная цена на растительное масло несколько превышает розничную цену на нефтяное дизельное топливо. Вместе с тем, в последние годы отмечается сближение цен на эти энергоносители, что позволяет признать перспективность использования растительных масел в качестве моторных топлив. Особенно это относится к агропромышленным комплексам, где растительные масла являются побочным продуктом получения жмыха и шротов для откорма крупного рогатого скота. К тому же в данном случае сокращаются расходы на транспортировку моторного топлива.

Проведенное исследование показало, что применение топлив, получаемых из растительных масел, в качестве альтернативного топлива для дизельных двигателей уже в настоящее время становится экономически выгодным. При этом необходимо учитывать непрерывное увеличение цен на нефтя-

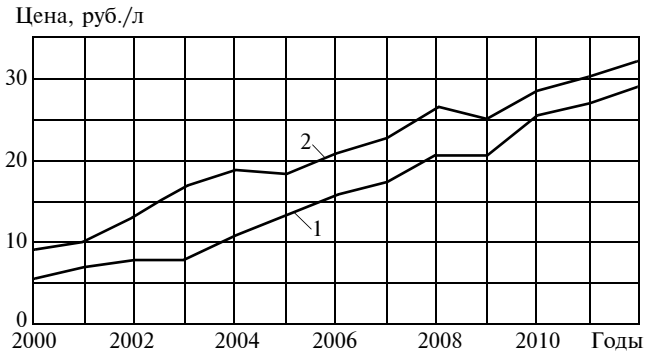


Рис. 10. Динамика роста розничных цен на дизельное топливо и рапсовое масло в г. Москве:

1 — ДТ; *2* — РМ

ное ДТ. Учитывая наличие сельскохозяйственных угодий, пригодных для выращивания сырья для производства этих топлив, и безработицы населения в сельской местности, можно сделать вывод о перспективности производства указанных биотоплив, более широкого использования этих видов топлива не только в сельском хозяйстве, но и на транспорте, а также в других отраслях промышленности России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров И. К., Раков В. А., Щербакова А. А.** Перспективы развития транспортных средств с электроприводом // Транспорт на альтернативном топливе. — 2011. — № 4. — С. 65—68.
2. **Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания** / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. В. Багров, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов, С. Н. Девянин, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.
3. **Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях** / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семенов, А. В. Шахов, В. В. Багров. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. 536 с.
4. **Льотко В., Луканин В. Н., Хачиян А. С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.
5. **Хачиян А. С.** Применение различных топлив и энергетических установок в автомобилях будущего // Двигателестроение. — 2004. — № 1. — С. 28—31.
6. **Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.
7. **Звонов В. А., Козлов А. В., Теренченко А. С.** Оценка традиционных и альтернативных топлив по полному жизненному циклу // Автостроение за рубежом. — 2001. — № 12. — С. 14—20.
8. **Andersson E.** Volvo Environmental Database for Fuels // SAE Technical Paper Series. — 2000. — № 2000-01-2010. — P. 1—6.
9. **He D., Wang M.** Contribution Feedstock and Fuel Transportation to Total Fuel-Cycle Energy Use and Emissions // SAE Technical Paper Series. — 2000. — № 2000-01-2976. — P. 1—15.
10. **Louis J. J.** Well-To-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Various Vehicle Technologies // SAE Technical Paper Series. — 2001. — № 2001-01-1343. — P. 1—8.
11. **Fleisch T., McCarthy C., Basu A.** et al. A New Clean Diesel Technology: Demonstration of ULEV Emissions on a Navistar Diesel Engine Fueled with Dimethyl Ether // SAE Technical Paper Series. — 1995. — № 950061. — P. 1—10.
12. **Марков В. А., Бебенин Е. В., Поздняков Е. Ф.** Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 5. С. 24—29.

КАМАЗы помогут Центральноафриканской Республике

По согласованию с Российской Федерацией, Всемирная продовольственная программа ООН (ВПП) приступила к переброске в Центральноафриканскую Республику 40 грузовых автомобилей КАМАЗ.

Российские автомобили, переданные ранее в качестве натурального взноса для поддержки программы в Афганистане, показали себя там с самой лучшей стороны. Именно поэтому было принято решение использовать их в ЦАР, где разрушены дороги, полностью отсутствует транспортная инфраструктура, и нет другой возможности доставить продовольствие голодающему населению.

Российские КАМАЗы станут серьезным вкладом в операцию ВПП по реагированию на один из тяжелейших гуманитарных кризисов в мире, нацеленную на оказание продовольственной помощи 400 тыс. человек в условиях продолжающегося конфликта в ЦАР, сообщается на официальном сайте Министерства иностранных дел РФ.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

ПРОЕКТ "ЧЕТРА-КАРАВАН" УДОСТОИЛСЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРЕМИИ

Компания "ЧЕТРА-Промышленные машины" стала лауреатом Второй премии Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа.

Награду получил проект "ЧЕТРА-караван" по использованию транспортно-логистических комплексов, разработанных на базе вездеходов ЧЕТРА ТМ140, для наиболее эффективного и безопасного освоения арктических территорий России.

Конкурс состоялся в рамках Международной выставки-конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения континентального шельфа Offshore Marintec Russia 2014 г. в Санкт-Петербурге.

Жюри конкурса, в которое вошли представители Министерства энергетики РФ, Министерства транспорта РФ, а также представители фонда "Сколково", высоко оценило преимущества проекта "ЧЕТРА-ПМ". Наградные дипломы участникам рабочей группы ОАО "ЧЕТРА-ПМ" подписали заместитель министра энергетики РФ К. В. Молодцов, а также академик РАН, председатель Научного Совета РАН Е. П. Велихов.

Адаптированные к суровому климату Крайнего Севера, вездеходы ЧЕТРА могут транспортировать людей, продовольствие и медикаменты даже на самые отдаленные территории, а также удовлетворять потребности населения в энергетических, транспортных и технических ресурсах.

"Северные регионы России удалены от основных промышленных центров и не имеют развитой транспортно-логистической инфраструктуры. При этом строительство дорог в Арктике – сложный, дорогостоящий и длительный процесс, в то время как населенные пункты нуждаются в продуктах и медицинском обеспечении уже сейчас, — комментирует исполнительный директор ОАО "ЧЕТРА-ПМ" Виктор Четвериков. – В таких условиях мощные и экономичные вездеходы ЧЕТРА ТМ140 гарантируют регулярное транспортное сообщение".

Специалисты "ЧЕТРА-ПМ" рекомендуют формировать караваны вездеходов ЧЕТРА в количестве не менее трех единиц. Это вызвано, прежде всего, соображениями безопасности: машины должны подстраховывать друг друга на всем пути следования.

Грузоподъемность такого каравана составит 12 т при сохранении плавучести каждого вездехода. При этом, оснащенные двигателями ЯМЗ мощностью 250 л.с., вездеходы ЧЕТРА могут преодолевать уклоны и подъемы крутизной до 30 градусов, а дорожный просвет в 450 мм и гусеницы шириной 800 мм обеспечивают машинам высокую проходимость. Благодаря своим характеристикам и возможностям вездеходные караваны ЧЕТРА эффективнее и дешевле воздушного транспорта.

Согласно проекту, в типовой комплекс из трех вездеходов ЧЕТРА ТМ140 могут входить пассажирский вездеход с модулем для перевозки пассажиров (до восьми человек), оснащенный комфортными спальными местами по типу купе, вездеход с модулем для перевозки грузовых товаров грузоподъемностью до 4 т, вездеход-топливозаправщик, который обеспечивает доставку ГСМ в любое труднодоступное место, поддерживая бесперебойную работу "ЧЕТРА-караванов". Возможны и иные варианты исполнения машин: медицинский, аварийно-спасательный комплексы, комплекс по утилизации отходов и др.

Каждый вездеход оснащен системой навигации – незаменимой в условиях северного климата, когда погода может меняться несколько раз в день, и когда нет дорог общего пользования и обозначений движения.

Между тем в вездеходных комплексах ЧЕТРА созданы комфортные условия для пассажиров: благодаря изолированному моторному и трансмиссионному отсеку в модуле вездехода уровень звука и вибрации не выше, чем в обычном автобусе, а наличие спальных мест гарантирует пассажирам полноценный отдых.

Вместе с тем использование вездеходов ЧЕТРА способствует сохранению уникальной природы Крайнего Севера: ходовая система ЧЕТРА ТМ140 имеет минимальное удельное давление на грунт (до 0,026МПа) и не оказывает вредного воздействия на почву.

"Проект внедрения транспортно-логистических комплексов ЧЕТРА в процесс освоения и развития Арктической зоны России решает целый комплекс социально-экономических задач и, главное, способствует развитию уровня жизни населения северных территорий нашей страны", — подчеркивает Виктор Четвериков.

Пресс-служба компании ЧЕТРА

ABSTRACTS OF ARTICLES

2 *Gorobtsov A. S., Shurigin V. A., Serov V. A., Diakov A. S., Lapteva V. O., Makarov A. A.* Development of mathematical models multisupporting transport machines carriage of indivisible
A mathematical model of the transport car for the carriage of indivisible developed in PC Frund. A comparative analysis of the results of theoretical and experimental research.
Keywords: mathematical modeling, hydropneumatic suspension, indivisible cargo, transport machine multisupporting

6 *Rassokha V. I., Isaychev V. T.* Accuracy of work of system of the automatic regulations of the convergence of steered wheels the car at movement on liftings
The expressions considering a lag effect of elements of system of continuous regulation of a convergence of steered wheels of the car in process of movement which use at control of system allows to increase regulation accuracy at movement on liftings are received.
Keywords: the car, convergence of operated wheels, regulation system, lag effect, movement on lifting.

11 *Dubovik E.A.* The generalized criterion of the aerodynamic components of the external consumer research tuning of the vehicle
In the paper we use integral adequacy indicator for the estimation of aerodynamic selements of external consumer tuning based on fuzzy information of individual criteria defined by the introduction of multiplicative convolution operator on a set of criteria.
Keywords: car, aerodynamics, adequacy, tuning.

17 *Makushin A. A., Garipov R. I., Yakubovich I. A., Shafeev D. R.* Wear parts and methods for recovery flywheel engine crankshaft truck
Flywheel in internal combustion engines serves as energy storage for the power stroke of the piston, crankshaft rotation during auxiliary cycles, reduce uneven rotation of the shaft, smoothing the transition moment parts of the crank mechanism through the dead point, start the engine and ensure a smooth planing vehicle from the place.
Keywords: flywheel, motor, sliding compound, torque, work surfaces.

20 *Tussupov D. M.* Models and methods for decisions of the item maintenance and repair of trucs
The article shows the calculations on the basis of statistical data, using the methods of deciding which items of maintenance in which regions is necessary for successful business development should be organized.
Keywords: break-even, auto repair, car maintenance item.

27 *Yakubovich A. N., Yakubovich I. A., Krikyn S. N.* Information system for design of winter roads in North-Eastern conditions of Russia.
In article the technique of parameters determination by winter roads under construction is considered. The algorithm of efficiency comparing to different types of equipment is offered. The program realization of information system to roads automatic design is described.
Keywords: design of roads, information system, winter roads.

33 *Kapustin A. A.* Natural gas — motor fuel for automobile internal combustion engines!?
The article contains the analysis of implementation of state programs on translation of automotive internal combustion engines for motor fuel — natural gas. The estimation of the reasons of unsuccessful attempts to start intensive gasification of the motor transport. Consider the situation and the proposals for execution of the order of RF Government № 767-R dated may 13, 2013.
Keywords: natural gas, motor fuel, internal combustion engine, gas engine, diesel engine, gas cylinder equipment, standards for natural gas.

39 *Markov V. A., Devyanin S. N., Spiridonova L. V.* Perspectives of biofuels usage in diesel engines
Comparative evaluation of efficiency of using various alternative fuels for diesel engines is carried out. Advantages of diesel engines application of biofuels produced on the basis of vegetable oils are shown.
Keywords: diesel engine, diesel fuel, alternative fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester, mixed biofuel.

Художественный редактор *Т. Н. Галицына*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*
Сдано в набор 08.09.2014. Подписано в печать 21.10.2014. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.