

of chemical technology and biotechnology of The Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: ver-bakulina81@mail.ru).

Buravkin Ruslan Valeryevich (Russian Federation, Surgut) – candidate of technical sciences, head of spare parts Department of foreign economic management department of OJSC “Surgutneftgas” (628415, Grigoriya

Kukuevichkogo, 1, building, 1, Surgut, HMAO-Yugra, Russian Federation).

Gurdin Viktor Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor department of maintenance and repair of motor vehicles Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation).

УДК 629.3.081.3

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВС СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко, Д.К. Сысоев

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Аннотация. *Диагностическая практика показывает, что с каждым годом с целью повышения экологической безопасности происходит усложнение конструкции двигателей и его систем, и в частности электронных систем управления. В связи с этим диагностика автомобиля переходит на новый уровень экспертного диагностирования, возможный только профессионалам в данной области. Для решения этой сложной задачи разрабатывается большое количество приборов, которые фактически выдают информацию в виде численных значений диагностических параметров без указания на конкретные неисправности. В ходе анализа полученной информации, основываясь на своём опыте и квалификации, эксперт-диагност может сделать заключение о возможной неисправности, однако такой подход является достаточно трудоёмким, дорогостоящим и недостаточно точным. В статье рассматриваются способ и комплекс диагностирования, позволяющие безошибочно определять конкретные неисправности двигателя и его систем на основе экспертной системы. Поступающие данные в виде максимально информативных диагностических параметров от сканера, осциллографа и газоанализатора, обрабатываются по заложенному в комплекс способу, заключающемся в определении интегральных показателей, характеризующих конкретные неисправности. В процессе работы диагностического комплекса формируется технологическая карта по устранению неисправности, производится калькуляция стоимости ремонта и в случае выявления новых неизвестных комплексу неисправности вносятся в базу данных. Данная функция позволяет самостоятельно расширять базу данных о возможных неисправностях двигателя и его систем, и тем самым точно определять конкретные неисправности и значительно сокращать трудоёмкость диагностических работ и их стоимость.*

Ключевые слова: *диагностика двигателей внутреннего сгорания; диагностические параметры; диагностический комплекс; база данных; интегральный показатель неисправности.*

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия в автомобильной промышленности произошел качественный прорыв в развитии электронных систем управления, которые позволяют внедрять новые технологии, связанные с управлением и

контролем работы автомобиля и его систем [1]. Основным направлением развития является совершенствование электронной системы управления двигателем автомобиля с целью повышения его эксплуатационной надёжности и экологической безопасности. Для оценки уровня технического состояния двигателя

и его систем применяют большое количество диагностических устройств [2, 3, 4]. Наиболее эффективными из них являются диагностические комплексы, позволяющие считывать и отображать диагностические параметры конкретных переменных величин, по которым можно судить о техническом состоянии двигателя и его систем и выявлять их определённые неисправности [5].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современные диагностические комплексы фактически выдают информацию в виде численных значений диагностических параметров без указания конкретных неисправностей, которые выявляются в ходе анализа этих параметров экспертом, проводящим диагностирование, что требует соответствующей подготовки специалистов (диагностов) и связано с достаточно высокими трудоёмкостью и стоимостью диагностических работ.

Из известных диагностических комплексов в настоящее время наиболее совершенным является универсальный диагностический комплекс DTS-25 [6], предназначенный для использования на специализированных (дилерских) автоцентрах, универсальных автоцентрах и СТО, а также непосредственно на постах диагностики системы управления двигателем и на участках приемки автомобилей в ремонт.

Данный диагностический комплекс работает по способу, заключающемуся в измерении при определенном режиме работы двигателя и его системы управления диагностических параметров (содержание несгоревших углеводородов, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в отработавших газах; коэффициент избытка воздуха; напряжение бортовой сети; угол опережения зажигания; угол замкнутого состояния контактов; напряжение пробоя на свече зажигания, напряжение и время горения искры); оценке измеренных параметров на предмет соответствия нормам, установленным производителем для исправного автомобиля и имеющимся в базе данных; выявлении совокупности параметров, не соответствующих установленным нормам; анализе возможных неисправностей двигателя и системы управления двигателем (СУД), приводящих к отклонению параметров от нормы; формировании технологической карты ремонтных работ согласно документации производителя и калькуляции стоимости ремонта. Недостатком этого способа является то, что в качестве ди-

агностических параметров электронной системы управления двигателем (ЭСУД) приняты только угол опережения зажигания и угол замкнутого состояния контактов, не учитывая ряд других важных параметров, позволяющих более точно определять техническое состояние ЭСУД. Кроме того, данный способ позволяет выявить только перечень подсистем, а не конкретные неисправные элементы, что приводит к длительной процедуре поочередной проверки всех элементов каждой подсистемы.

Исходя из вышеизложенного, с целью выявления конкретных неисправностей элементов ЭСУД нами разработан способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления.

Способ диагностирования заключается в следующем.

На автомобиле конкретной марки при определенных неисправностях $D_1, D_2, D_3, \dots, D_m$ замеряется ряд диагностических параметров $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, которые наиболее полно характеризуют работу двигателя и его систем [7, 8].

Полученные абсолютные значения параметров $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ переводятся в троичную систему измерений.

Если измеренное значение диагностического параметра x_i соответствует условию

$x_{i\max} \geq x_i \geq x_{i\min}$, т. е. оно находится внутри допустимого предела, то это значение в троичной системе измерений принимает значение,

равное 0 ($x'_i = 0$). Если абсолютное значение

параметра x_i соответствует условию $x_i <$

$x_{i\min}$, то в троичной системе измерений оно

обозначается как $x'_i = -1$. Если же $x_i > x_{i\max}$

, то $x'_i = +1$. На основании нормативных предельных значений диагностических параме-

тров x_{\max} и x_{\min} , установленных производителем, подсчитывается среднеарифметическое из предельных значений каждого параметра по формуле

$$x_{н.ср.i} = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{2} \quad (1)$$

После перемножения значений x'_i и $x_{н.ср.i}$

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

и сложения полученных произведений подсчитывается предлагаемый интегральный показатель неисправности

$$H_D = x_1^1 x_{н.ср.1} + x_2^1 x_{н.ср.2} + x_3^1 x_{н.ср.3} + \dots + \sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12} + \dots + x_n^1 x_{н.ср.n} \quad (2)$$

Слагаемое $\sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12}$, в котором j – номер цилиндра, а x_{12}^1 – напряжение пробоя между электродами свечи зажигания, позволяет выявить неисправности, касающиеся конкретных цилиндров.

Если диагностируется исправный автомобиль, то значения диагностических параметров $x_1^1, x_2^1, x_3^1, \dots, x_{12}^1, \dots, x_n^1$ равны нулю и, как следствие, равен нулю интегральный показатель неисправностей. При наличии любой неисправности, вызывающей отклонения параметров x_i за их нормативные пределы, показатель H_D принимает отличающееся для каждой неисправности значение. При наличии же неисправности, касающейся конкретного цилиндра, например второго, в

слагаемом $\sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12}$ формулы (2) значения диагностического параметра равны

$x_{12.1}^1 = x_{12.3}^1 = x_{12.4}^1 = \dots = x_{12.j}^1 = 0$, а $x_{12.2}^1 \neq 0$. Само же слагаемое принимает вид

$2x_{12.2}^1 x_{н.ср.12}$; при наличии неисправности в третьем цилиндре это слагаемое равно $3x_{12.3}^1 x_{н.ср.12}$ и т.д. Таким образом, интегральный показатель неисправностей H_D принимает отличающиеся значения не только для каждой неисправности, но и неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре. Вычисленные для каждой неисправности, в том числе и для неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре, интегральные показатели вместе с именем неисправности вносятся в соответствующую базу данных диагностического комплекса.

Предлагаемый диагностический комплекс (рис. 1) включает в себя базу А данных с нормами на диагностические параметры данного

автомобиля и базу В данных с возможными неисправностями ЭСУД и элементов двигателя, а также алгоритм С работы комплекса со следующими операциями:

- 1) подключение приборов к автомобилю;
- 2) измерение диагностических параметров ЭСУД и элементов двигателя;
- 3) оценка измеренных параметров на предмет соответствия нормам, установленным производителем для исправного автомобиля, и перевод этих параметров в троичную систему измерений;
- 4) определение интегрального показателя неисправности, сравнение его с численными значениями, имеющимися в базе данных с возможными неисправностями ЭСУД и элементов двигателя, и выявление конкретной неисправности;
- 5) формирование технологической карты ремонтных работ согласно документации производителя;
- 6) выявление новой (неизвестной базе данных) неисправности в ходе ремонтных работ и формирование дополнительной технологической карты;
- 7) создание имени новой выявленной неисправности;
- 8) калькуляция стоимости ремонта, исходя из выбранного метода начисления стоимости ремонта.

Работа диагностического комплекса осуществляется следующим образом. Производится подключение измерительных приборов к автомобилю и персональному компьютеру с определённым программным обеспечением, базой данных с нормами на диагностические параметры данного автомобиля и базой данных с возможными неисправностями ЭСУД элементов двигателя.

Сигналы измеренных диагностических параметров поступают в персональный компьютер, где программным обеспечением производится сравнение измеренных параметров с нормативными значениями, приведёнными в соответствующей базе данных, и даётся их оценка на предмет соответствия установленным нормам, на основании чего производится перевод этих параметров в троичную систему измерений и определяется интегральный показатель неисправности.

Если все измеренные диагностические параметры в троичной системе измерений равны нулю, то они соответствуют установленным нормам, что свидетельствует об исправности автомобиля. При наличии любой неисправности, как минимум, хотя бы один из параметров в троичной системе измерений равен +1 или -1. Поэтому подсчитанный интегральный показатель неисправности будет иметь конкретное численное значение, соответствующее конкретной неисправности. При этом программ-

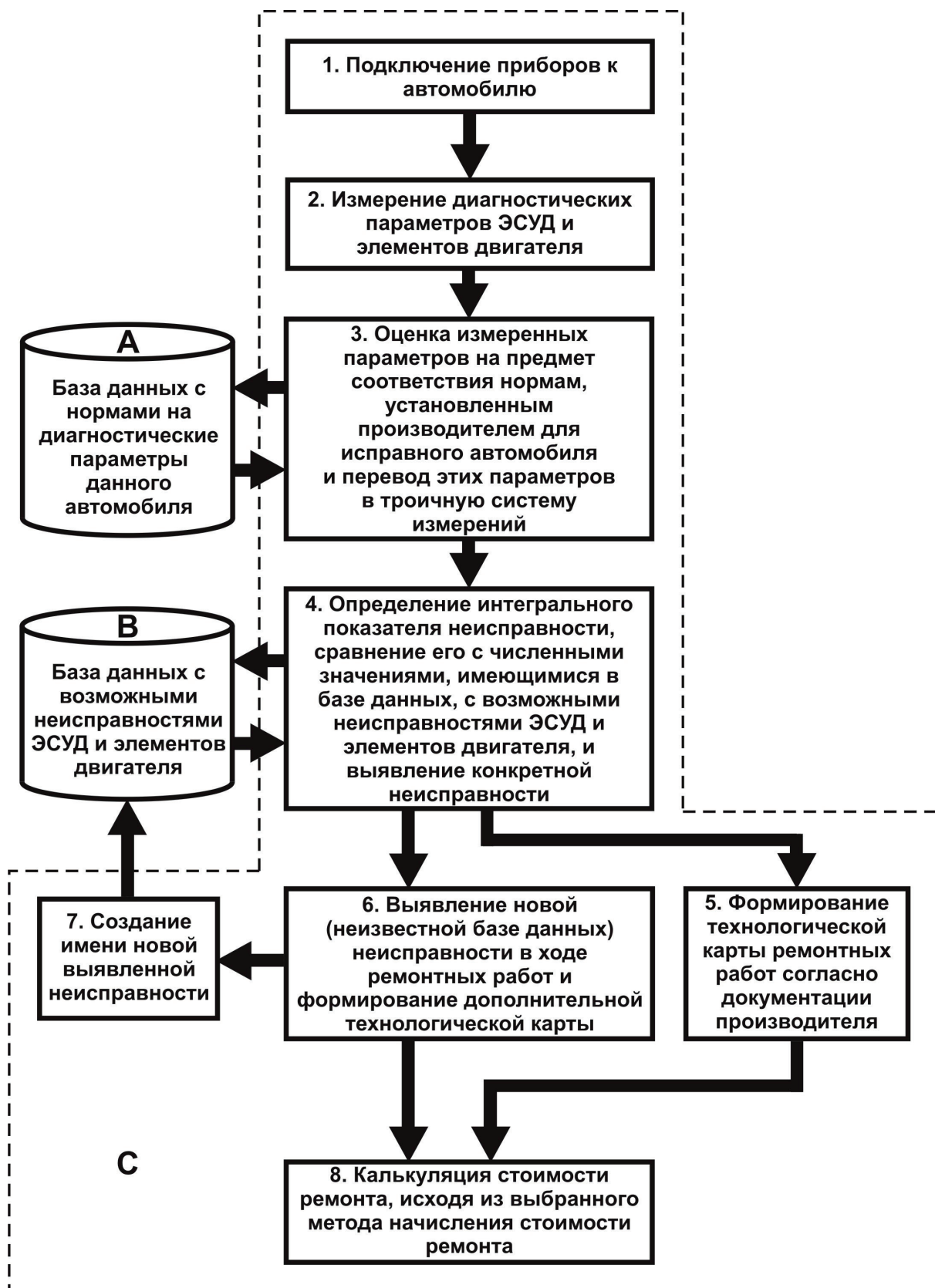


Рис. 1. Структурная схема предложенного диагностического комплекса

ное обеспечение производит сравнительный анализ данного значения со значениями, находящимися в базе данных В. При совпадении данного значения интегрального показателя с одним из показателей базы данных В программа называет имя неисправности и формирует технологическую карту ремонтных работ, на основании чего составляется калькуляция стоимости ремонта. Если же рассчитанный интегральный показатель неисправности не совпадает ни с одним из показателей базы данных В, то это свидетельствует об отсутствии соответствующей неисправности в базе данных. Имя этой неисправности устанавливается в ходе ремонтных работ и включается в базу данных вместе с соответствующим интегральным показателем неисправности, а также формируется дополнительная технологическая карта, по которой производится калькуляция стоимости ремонта по устранению этой неисправности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления позволяют точно выявлять конкретные неисправности и значительно сокращать трудоёмкость диагностических работ и их стоимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сосонин, Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы : учебн. пособие / Д.А. Сосонин, В.Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН – Пресс. 2005. – 240 с.
2. Борщенко, Я. А. Разработка алгоритмов диагностирования систем автомобиля

на основе применения обучаемых деревьев решений / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев // Повышение эффективности и безопасности автотранспортных средств в эксплуатации : сборник научных трудов. – Курган: КГТУ, 2005. – С. 19-22.

3. Власов, В. М. Применение интеллектуальных телематических систем для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств / В.М. Власов, В.Н. Богумил, С.В. Жанказиев, А.Б. Смирнов // Автотранспортное предприятие. – 2007. – №9. – с. 50-53.

4. Ястребов, А. И. Компьютерная система диагностики электрического оборудования автомобиля, основанная на моделях искусственного интеллекта / А.И. Ястребов, А.И. Гавриков // Автомобиль и техносфера: IV Межд. науч. конф. – Казань : КГТУ, 2005. – С. 319–321.

5. Павленко, Е.А. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей / Е.А. Павленко, А.М. Макаров // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 1. – С. 43-47.

6. Универсальный диагностический комплекс DTS–25. Холдинг ДИАМАКС. Интернет ресурс <http://mosdialab.ru>

7. Корчагин, В.А. Статистико-математическая модель корреляционной связи диагностических параметров двигателей внутреннего сгорания / В.А. Корчагин, Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 4. – С. 38–40.

8. Баженов, Ю. В. Распознавание состояния системы с учётом разброса значений диагностических параметров / Ю.В. Баженов, Р.В. Нуждин, В.П. Фролов, С.Ю. Емелин. – Владимир : ВГТУ, 2002. – С. 34–36.

DIAGNOSTIC COMPLEX FOR IDENTIFYING FAULTS OF MODERN CARS ENGINES

Annotation. *Diagnostic practice shows that every year in order to improve environmental safety becomes more complicated engine design and its systems, and in particular the electronic control systems. As a result, a vehicle diagnosis proceeds to the next level expert diagnosis, possible only to professionals in this field. For solution of this complex problem a large number of devices are developed that actually generate information in the form of numerical values of diagnostic parameters without reference to the specific fault. During the analysis of the information received, based on his experience and expertise, an expert diagnostician can make a conclusion about a possible malfunction, but this approach is quite labor-consuming, costly and not sufficiently precise. A method and a set of diagnostics, allowing to accurately identify the specific fault of the engine and its systems based on expert system is discussed in this article. Incoming data as much as possible informative diagnostic parameters of the scanner, oscilloscope and az analyzer, processed on put in complex method which consists of determining the integral indicators characterizing specific problem. In operation of diagnostic complex, manufacturing plan for troubleshooting is formed, costing repair is made and in case of new, previously unknown complex faults are entered in the database. This function allows you to expand your own database of*

possible malfunctions of the engine and its systems, and thus determine exactly specific problems and significantly reduce labor-consuming of diagnostic work and their cost.

Keywords: diagnosis of internal combustion engines; diagnostic parameters; diagnostic complex; database; integrated indicator of malfunction.

Мусаелянц Геннадий Гургенович (Россия, Кисловодск) - доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357700, г. Кисловодск, ул. Крупской 45, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Павленко Евгений Александрович (Россия, Пятигорск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357528, г. Пятигорск, Садовый туп. 11, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Сысоев Дмитрий Константинович (Россия, Пятигорск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, ул. Крайнего 6, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Musayelyants Gennady Gurgenovitch (Russian Federation, Kislovodsk) - doctor of technical sciences, professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357700, Kislovodsk, Krupskaya Str. 45, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Pavlenko Evgeniy Aleksandrovich (Russian Federation, Pyatigorsk) - candidate of technical sciences, associate professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357528, Pyatigorsk, Sadovyy impasse 11, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Sysoyev Dmitriy Konstantinovich (Russian Federation, Pyatigorsk) - candidate of technical sciences, associate professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, Str. Kraynego 6, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

УДК 625.1

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

Аннотация. В данной статье рассматривается новая модель управления транспортными потоками на основе комплексного анализа транспортных и пассажирских потоков, применение которой позволит снизить загрузку улично-дорожной сети (УДС). При этом решаются следующие основные задачи: обоснование показателей и критериев системы транспортного обслуживания населения города, разработка алгоритма расчета вариантов загрузки УДС города. Излагается методика управления загрузкой транспортной сети города путем оптимизации состава транспортного потока и использования нового критерия – коэффициента загрузки улично-дорожной сети УДС от различных видов пассажирского транспорта, включая индивидуальный. На основе предлагаемого алгоритма расчета загрузки магистральной сети города, с учетом объемов пассажирских перевозок, представлена количественная оценка вариантов развития систем городского пассажирского транспорта (ГПТ) в городах РФ.

Ключевые слова: маршрутная сеть города, пассажирский транспорт, подвижной состав, транспортная инфраструктура, провозная способность, приведенный пробег, эффективность, доступность, безопасность, транспортная загрузка, улично-дорожная сеть.