

**Секция 2**

**Сервис**

**В**

**транспортно-**

**технологическом**

**комплексе**

## УДК 621.317.1

### **Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Ковалев И.С.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

### **Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

### **Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

### **Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

## **НОНИУСНЫЙ ФАЗОМЕТР**

### **PHASEMETER TO NONIUS METHOD**

Ключевые слова: фазометр, нониусный метод, цифровые измерения, распределенные параметры, метод натурно-модельных испытаний.

Keywords: phase meter, vernier method, digital measurement, distributed parameters, the method of natural-model tests.

Приведена разработка фазометра с умножением временного интервала по нониусному методу. Разработана функциональная схема фазометра. Данное устройство актуально для промышленных и лабораторных условий. Задачей экспериментального исследования является анализ работы цифрового фазометра с нониусным умножением длительности временного интервала.

Shows the development phase meter multiplying the time interval by vernier method. The functional diagram of the phase meter. This Arrington relevant for industrial and laboratory conditions. The objective of the pilot study is the analysis of the phase meter with digital vernier multiplying the duration of the time interval.

Цифровые фазометры являются важной частью сложных электротехнических систем [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9-23]. Цифровые фазометры измеряют мгновенный или средний за время  $T$  сдвиг фаз по величине промежутка времени между моментами прохождения соответствующих фронтов синусоид или импульсов через нулевые значения. При искаженной форме кривых исследуемых напряжений временные промежутки между моментами перехода через нулевые значения могут не соответствовать измеряемому сдвигу фаз между первыми гармониками. В этом случае в показаниях цифровых фазометров возникают значительные погрешности, при относительной амплитуде высшей гармоники 1% погрешность может достигнуть  $1,2^0$ .

Функциональная схема цифрового фазометра с умножением временного интервала приведена на рисунке 1. В этой схеме временной интервал  $T_x$ , сформированный по моментам переходов сравниваемых напряжений  $U_1$  и  $U_2$  через нулевые значения умножается на постоянное число при помощи двух импульсных генераторов близких частот  $G_1$ ,  $G_2$ . С этой целью короткий импульс, сформированный формирователем  $F_1$ , сбрасывает триггер  $T_1$  в ноль, и выходным напряжением  $T_1$  запускается генератор импульсов  $G_1$ , а также устанавливаются в единицу триггеры  $T_2$  и  $T_3$ .

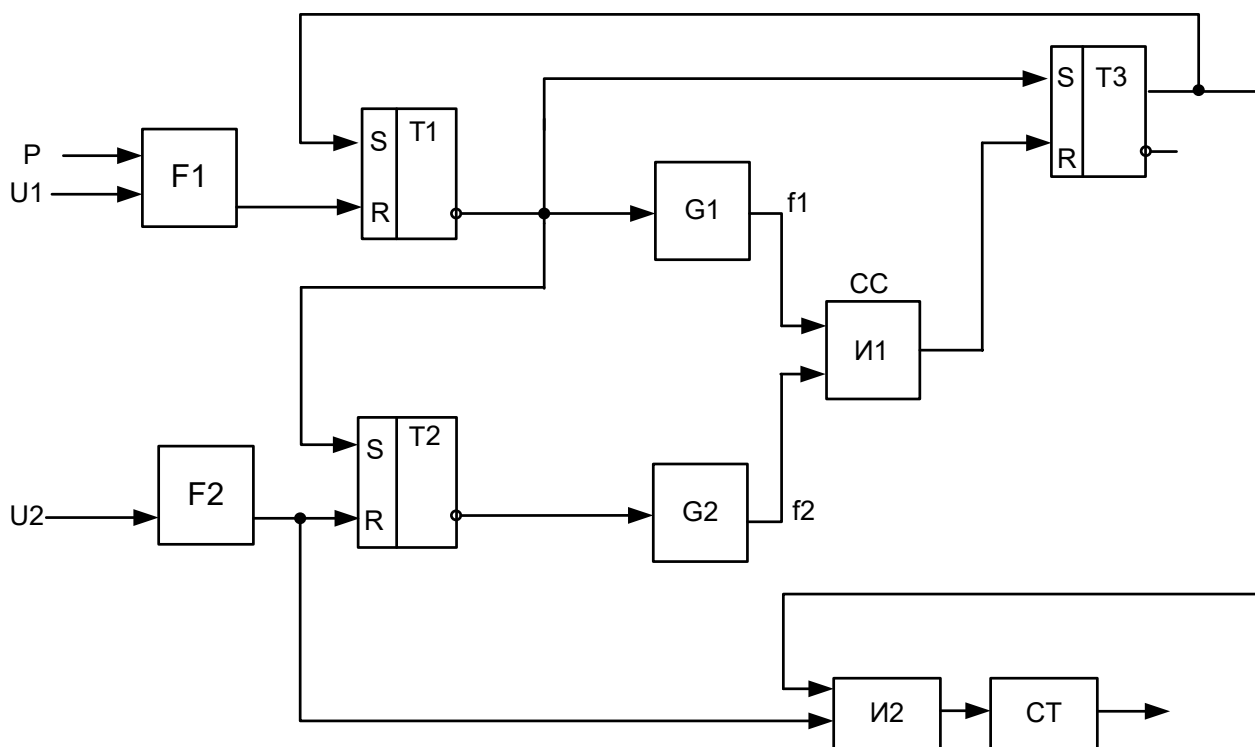


Рисунок 1 Функциональная схема фазометра

Выходным сигналом триггера  $T_3$  открывается ключ  $I_2$  и на вход счетчика импульсов  $CT$  начинают поступать импульсы с выхода формирователя  $F_2$ . Выходной короткий импульс формирователя  $F_2$ , соответствующий моменту нулевого перехода второго сравниваемого напряжения  $U_2$  и сдвинутый по времени относительно ранее рассмотренного

импульса  $F1$  на  $t_x = \varphi_x / 2\pi f_x$ , возвращает в исходное положение  $T2$ . При этом запускается второй генератор импульсов  $G2$ . Если частоты генераторов импульсов соответственно равны  $f1$  и  $f2$  и их первые импульсы сдвинуты на временной интервал  $t_x$ , то их совпадение произойдет по истечению временного интервала  $T$ . При совпадении импульсов обоих генераторов в момент  $t3$ , т.е. по истечении времени  $T$ , срабатывает схема И1,  $T3$  возвращается в исходное состояние, ключ И2 запирается и подача импульсов на счетчик СТ прекращается. Значение интервала  $T$  можно определить методом нониуса т.е. методом совпадения. В начальный момент  $t1$  интервала  $t_x$ , запускается генератор импульсов, с частотой  $f1$ , т.е. с периодом повторения  $T1$ , в конечный момент  $t2$  интервала  $T1$  запускается генератор импульсов с частотой  $f2$ , т.е. с периодом повторения  $T2$ . Интервал времени  $T$  от момента  $t1$ , до момента совпадения импульсов, если номер совпавшего импульса равен  $n_x$ , определяют из уравнения:  $T = n_x T1$ .

Номер совпавшего импульса  $n_x$  находят из следующего уравнения:

$$t_x + n_x T2 = n_x T1, \quad n_x = t_x / (T1 - T2).$$

Когда  $T$  – интервал времени, в течение которого открыт путь к счетчику импульсов с периодом повторения  $T_x = 1/f_x$ , составит

$$T = n_x T1 = t_x T1 / (T1 - T2) = t_x f2 / (f2 - f1)$$

Отсюда получаем

$$\varphi_x = N_x \cdot \frac{2\pi}{K_{\text{умн}}}$$

Видно, что показания цифрового фазометра не зависят от частоты  $f_x$ .

В качестве формирователей  $F1$ ,  $F2$  применен микросхема  $K521CA3$ , представляющая собой быстродействующий компаратор напряжения с выходом, согласованным с уровнями микросхем ТТЛШ-логики. Для построения генераторов с близкими частотами, обеспечивающих нониусное умножение измеряемого временного интервала, используются программируемые синтезаторы сигналов типа  $AD9833$ . Данный синтезатор позволяет формировать прямоугольные импульсы в диапазоне частот от 0 до 25 МГц с разрешением 0.1 Гц. Настройка частоты осуществляется путем программирования по интерфейсу I<sup>2</sup>C.

Модель блока представлена на рисунке 2. На рисунках 3-5 представлены временные диаграммы работы блока при различных сдвигах фаз измерительных сигналов. При моделировании умножение временного интервала осуществлялось в  $T1 / (T1 - T2) = f2 / (f2 - f1)$ , раз. Для этого частоты генераторов выбирались с периодами  $T1 = 10$  мкс и  $T2 = 9,9$  мкс соответственно.

При этом коэффициент умножения равняется:  $T1 / (T1 - T2) = 10 / (10 - 9,9) = 100$

Временные диаграммы работы фазометра для различных значений разности фаз при  $K_{\text{умн}} = 100$  приведены на рисунках 2-6.

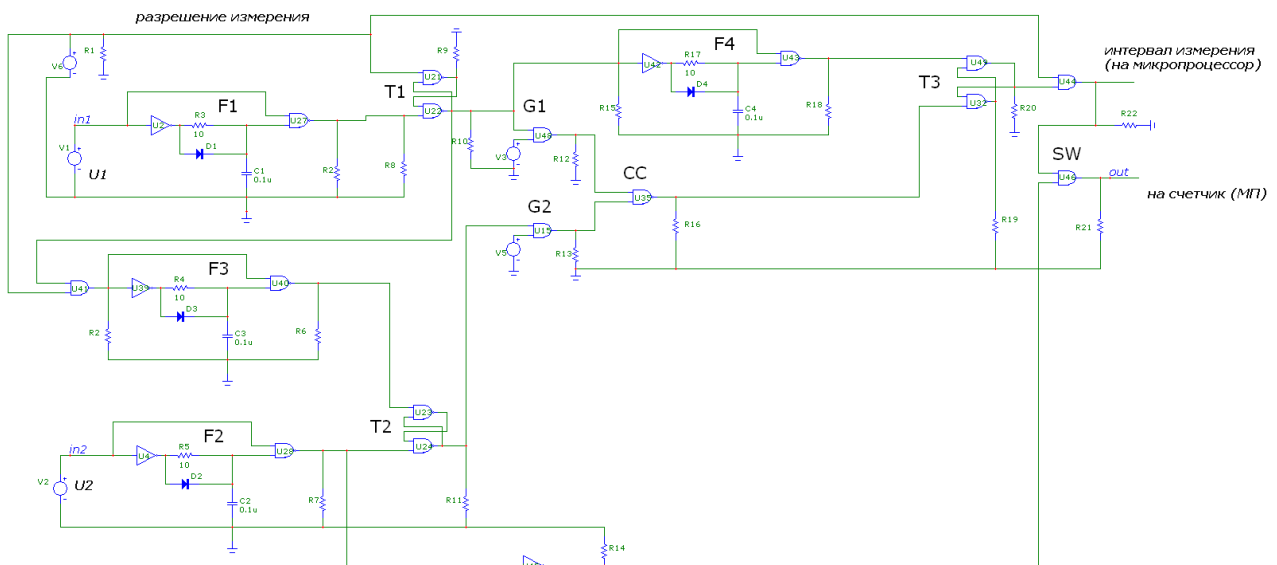


Рисунок 2 - Модель нониусного преобразователя сдвига фаз в число импульсов

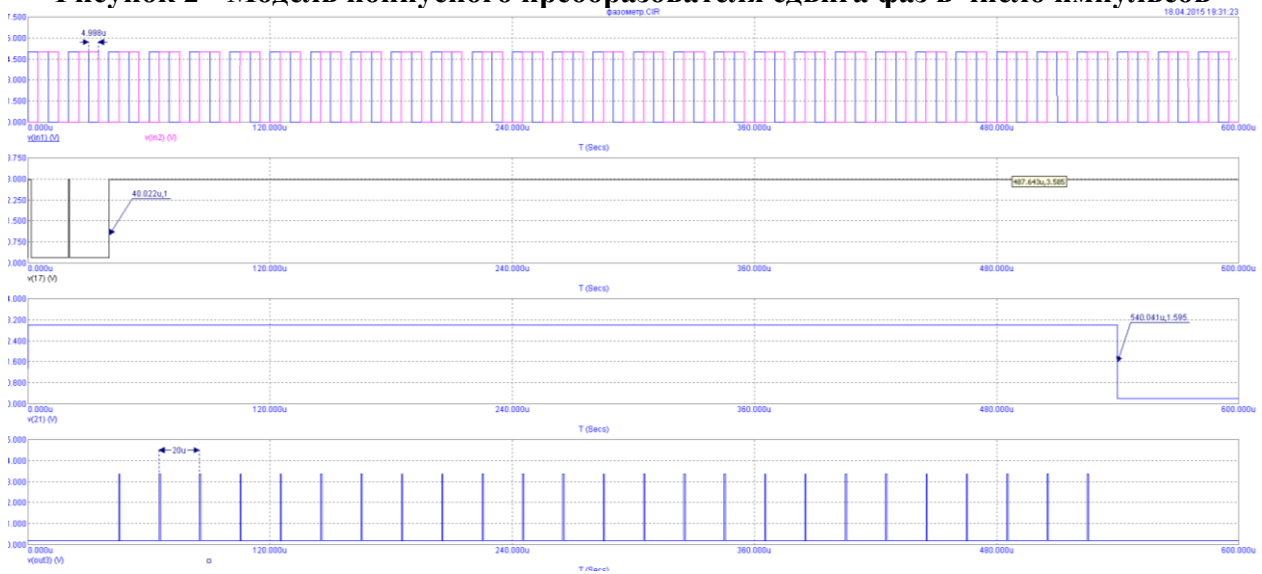


Рисунок 3 - Результаты моделирования при  $\Delta\varphi = \pi/2$

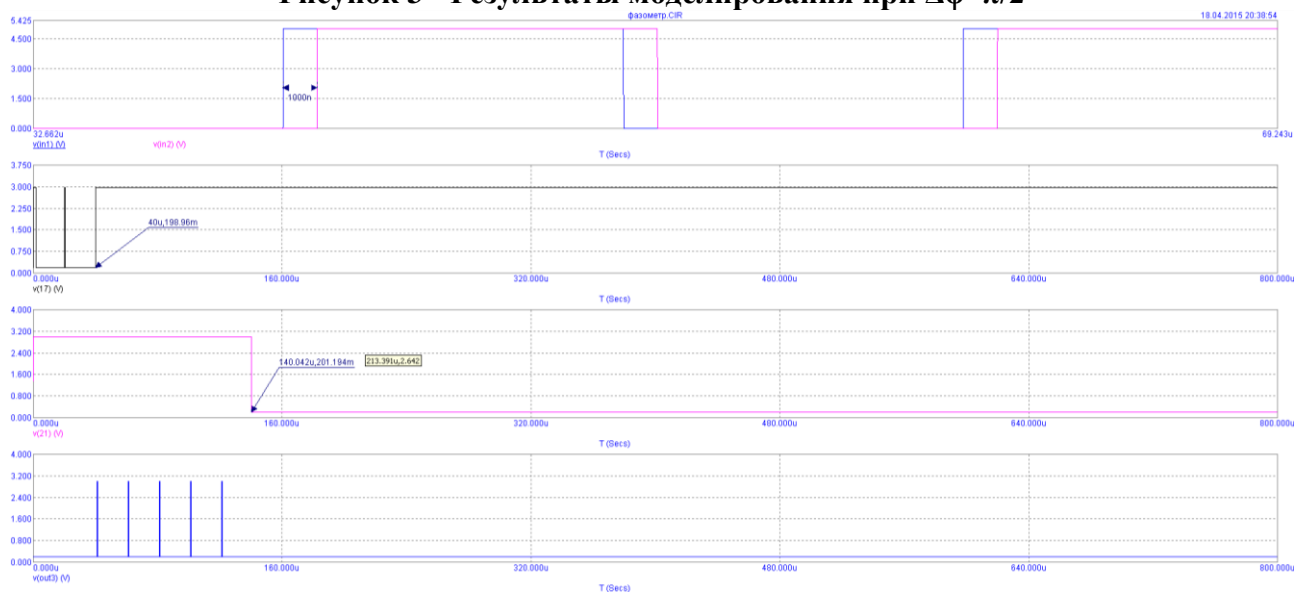
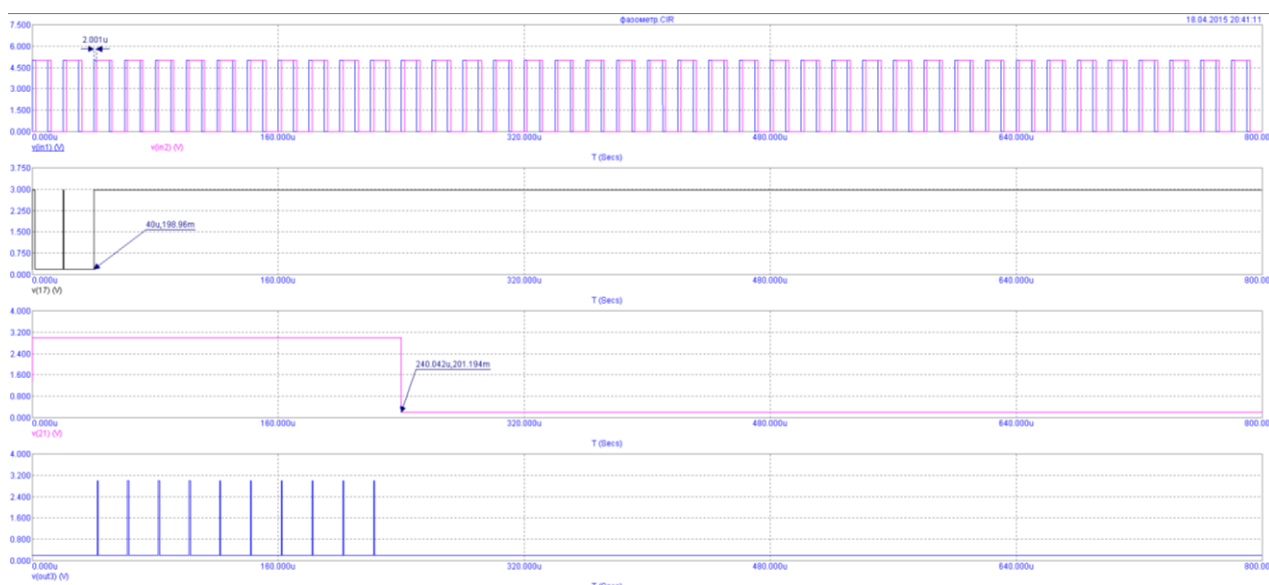


Рисунок 4 - Результаты моделирования при  $\Delta\varphi = 0.1\pi$



**Рисунок 5 - Результаты моделирования при  $\Delta\varphi=0.2\pi$**

Моделирование показало, что для получения коэффициента временного интервала  $K_{ум.}=100$ , необходимо выбрать период следования импульсов генератора  $G_1=10\text{мкс}$ , а генератора  $G_2=9.9\text{мкс}$ . При этом погрешность измерения фазы  $\Delta\varphi=\pi/2$  составляет 4% [7,8].

Для уменьшения погрешности измерения фазы, следует увеличить коэффициент умножения временного интервала. Для этого, необходимо выбрать период исследования нониусных генераторов  $G_1$  и  $G_2$  следующим образом:  $T_{G_1}=10\text{мкс}$ ,  $T_{G_2}=9,99\text{мкс}$ . Это достигается путем программирования микросхем генераторов AD9833.

### **Библиографический список**

1. Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков К.М., Гречихин В.В., Ланкин А.М. Адаптивная подсистема автоматического управления производством интеллектуальных электроприводов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-20095>.
2. Алиев Т.М., Хачатуров А.А. Измерительная техника. – М.: Высшая школа, 1991. – 382 с.
3. Гроп Д. Методы идентификации систем. Перевод с англ. В. А. Васильева, В. И. Лопатима. Под ред. Е. И. Кринецкого. М.: Мир, 1979. – 302 с.
4. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6489-6498.
5. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.
6. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
7. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.

8. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.
9. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. - № 1. - С. 62-66. DOI: 10.12737/13062.
10. Gorbatenko, N., Lankin, M., Shaykhutdinov, D., Gazarov, K., Kolomiets, A. Electromagnetic induction system for testing ferromagnetic shape memory alloys / Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011, Harbin, Heilongjiang, 2011, pp. 194 - 196.
11. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Решение обратной задачи метода гармонического баланса // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 4-й научно-практической internet-конференции. Ульяновск, 2014. С. 117-122.
12. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>
13. Lankin A.M., Lankin M.V Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance// The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.
14. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольнов О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-5. С. 1005-1009.
15. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Метод измерения вебер – амперной характеристики базирующийся на решении обратной задачи мГб // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 167.
16. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 178.
17. Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М., Ланкин М.В. Адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при определении основной кривой намагничивания // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 181.
18. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Кучеров В.А., Наугольнов О.А. Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>
19. Ланкин А.М. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электро-технических изделий: монография. / А.М. Ланкин, М.В. Ланкин. – Москва: ООО "Книжный перекресток", 2015. –127 с.
20. Ланкин М.В. Устройства измерения ВАХ электротехнических изделий переменного тока: монография. / М.В. Ланкин., А.М. Ланкин – Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2015. – 112 с.
21. Горбатенко Н. И., Ланкин М. В. Информационно-измерительная система для испытания постоянных магнитов// Электротехника. – 2004. – N8. – С.55-58.
22. Горбатенко Н.И.; Ланкин М.В. Information and measuring system for permanent-magnet tests // Russian Electrical Engineering - 2004. - Т. 75. № 8. - С. 63-66.
23. Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Метод решения обратных задач магнитных измерений // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 58-60.

## УДК 621.317.1

### **Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Ковалев И.С.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

## **РЕЗОНАНСНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЗИСТИВНО-ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ**

### **RESONANCE IN SERIES AND PARALLEL IDENTIFICATION RESISTIVE-CAPACITIVE SENSORS**

Ключевые слова: резистивно-емкостные датчики, метод резонансной последовательно-параллельной идентификации, распределенные параметры, метод натурно-модельных испытаний.

Keywords: resistive-capacitive sensors, the method of resonant series-parallel identification of distributed parameters, the method of natural-model tests.

Описан метод резонансной последовательно-параллельной идентификации параметров резистивно-емкостных датчиков. Метод резонансной последовательно-параллельной идентификации позволяет определять параметры резистивно-емкостных объектов с распределенными параметрами.

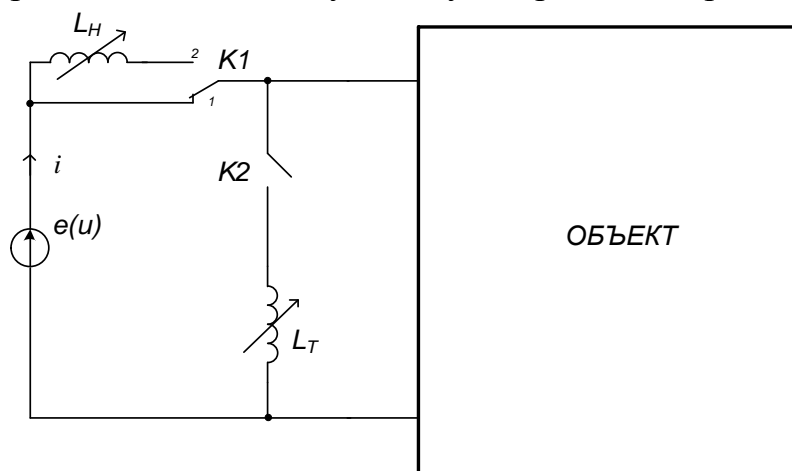


The method of resonant series-parallel identification of parameters of resistive-capacitive sensors. The method of resonant series-parallel identification allows you to define the parameters of RC-objects with distributed parameters

При измерении параметров технологических процессов [1, 3, 4, 7, 15, 16, 17] широко применяются потенциометрические датчики, однако у них низкая надежность из-за износа подвижной части. Этому недостатка лишены резистивно-емкостные датчики (РЕД), в которых используется не гальваническая, а емкостная связь подвижного элемента с резистивным слоем. Контроль значений емкости связи и ее девиации важен для повышения точности измерений и измерительных преобразователей к ним [2]. Для определения параметров РЕД предлагается использовать метод резонансной последовательно-параллельной идентификации (РППИ). Он объединяет измерения на физическом объекте в трех режимах (штатном и резонансов напряжения и тока), что позволяет определить параметры схемы замещения, недоступные прямым измерениям [3, 4, 5, 6, 8, 9, 10].

Алгоритм метода РППИ содержит следующие этапы: измерения на физическом объекте в трех режимах: штатном, резонанса напряжения и резонанса тока; составление схемы замещения исследуемого объекта; составление и решение системы уравнений модели относительно искомых параметров объекта.

Схема измерений токов в вышеупомянутых режимах приведена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Схема эксперимента**

К измеряемому объекту подключен генератор синусоидального напряжения  $e(u)$ . В штатном режиме (ключ  $K1$  находится в положении 1, ключ  $K2$  разомкнут) производятся измерения действующих значений тока  $I$ , напряжения  $U$  и сдвига фаз  $\varphi$  между ними. Во втором режиме измерительного эксперимента (резонанс напряжений) ключ  $K1$  переключен в положение 2, ключ  $K2$  разомкнут. Изменяя индуктивность  $L_N$  добиваемся, чтобы сдвиг фаз  $\varphi$  между током  $i$  и напряжением  $u$  равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток  $I=I_N$  и напряжение  $U$ . В третьем режиме измерительного эксперимента (режим резонанса токов) ключ  $K1$  переключен в положение 1, а ключ  $K2$  замкнут. Изменяя индуктивность  $L_T$  добиваемся, чтобы сдвиг фаз  $\varphi$  между током  $i$  и

напряжением  $u$  равнялся нулю. В этом режиме измеряются ток  $I=I_T$  и напряжение  $U$ .

Схема замещения РЕД, приведенная на рис. 2 [2].

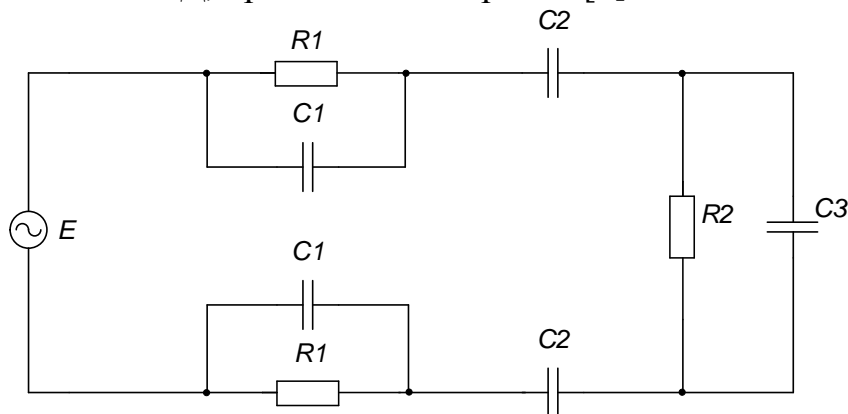


Рисунок 2 – Схема замещения

В первом (штатном) режиме измерений:

$$I = \frac{U}{\sqrt{\left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2 + \left(\frac{2R_1^2X_{C1}}{R_1^2 + X_{C1}^2} + 2X_{C2} + \frac{R_2^2X_{C3}}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2}} \quad (1)$$

$$\varphi = \arctg \left( 1 + \frac{2X_{C2}}{\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}} \right) \quad (2)$$

в режиме резонанса напряжений:

$$I_H = \frac{U}{\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}} \quad (3)$$

в режиме резонанса токов:

$$I = \frac{U \cdot \left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2} + \frac{R_2X_{C3}^2}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)}{\left(\frac{2R_1X_{C1}^2}{R_1^2 + X_{C1}^2}\right)^2 + \left(\frac{2R_1^2X_{C1}}{R_1^2 + X_{C1}^2} + 2X_{C2} + \frac{R_2^2X_{C3}}{R_2^2 + X_{C3}^2}\right)^2} \quad (4)$$

Решение системы уравнений (1-4) дает искомые параметры схемы:  $C1$ ,  $C3$  и  $R1$ ,  $R2$ .

Произведен вычислительный эксперимент при помощи эмулятора Micro-CAP. На выходе генератора напряжение  $U = 3$  В, частотой  $f = 50$  кГц. Значения параметров схемы замещения  $R1 = 100$  Ом,  $C1 = C2 = 1$  нФ,  $R2 = 16$  кОм,  $C3 = 0,1$  нФ. В штатном режиме получено:  $I = 207,5$  мкА,  $U = 3$  В,  $\varphi = 0,98$  рад. Во втором режиме индуктивность  $L_H = 21$  мГн дает резонансный ток  $I_H = 231,2$  мкА, а в третьем – индуктивность  $L_T = 200$  мГн ток  $I_T = 237,7$  мкА. В ходе решения системы уравнений при помощи программы Maple [11, 12, 13, 14] получены следующие результаты:  $R1 = 99,708$  Ом,  $R2 = 16,002$  кОм,  $C1 = C2 = 0,999$  нФ,  $C3 = 0,099$  нФ. Погрешность определения параметров составила [5, 6]:  $\gamma_{R1} = 0,3$  %,  $\gamma_{R2} = 0,02$  %,  $\gamma_{C1} = \gamma_{C2} = 0,3$  %,  $\gamma_{C3} = 1$  %.

### Библиографический список

1. Алиев Т.М., Хачатуров А.А. Измерительная техника. – М.: Высшая школа, 1991. – 382 с.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем. Перевод с англ. В. А. Васильева, В. И. Лопатима. Под ред. Е. И. Кринецкого. М.: Мир, 1979. – 302 с.
3. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.
4. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
5. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.
6. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.
7. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 62-66. DOI: 10.12737/13062.
8. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Решение обратной задачи метода гармонического баланса // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 4-й научно-практической internet-конференции. Ульяновск, 2014. С. 117-122.
9. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>
10. Lankin A.M., Lankin M.V Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance// The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.
11. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольнов О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-5. С. 1005-1009.
12. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Метод измерения вебер – амперной характеристики базирующийся на решении обратной задачи МГБ // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 167.
13. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Кучеров В.А., Наугольнов О.А Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>.
14. Ланкин А.М. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электротехнических изделий: монография. / А.М. Ланкин, М.В. Ланкин. – Москва: ООО "Книжный перекресток", 2015. –127 с.
15. Горбатенко Н. И., Ланкин М. В. Информационно-измерительная система для испытания постоянных магнитов// Электротехника. – 2004. – N8. – С.55-58.
16. Горбатенко Н.И.; Ланкин М.В. Information and measuring system for permanent-magnet tests // Russian Electrical Engineering - 2004. - Т. 75. № 8. - С. 63-66.
17. Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Метод решения обратных задач магнитных измерений // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 58-60.

**Бибикин В.А.**

студент 2 курса института механики и машиностроения Поволжского государственного технологического университета, РФ

**Семенов К.Д.**

аспирант кафедры эксплуатации машин и оборудования Поволжского государственного технологического университета, РФ

**Каменских А.Д.**

ассистент кафедры эксплуатации машин и оборудования Поволжского государственного технологического университета, РФ

**Онучин Е.М.**

кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий Поволжского государственного технологического университета, РФ

**Bibikin. V.A.**

2nd year student of Institute of mechanics and machine building of the Volga state technological University, Russian Federation

**Semenov K. D.**

postgraduate student of the chair of machinery and equipment of the Volga state technological University, Russian Federation

**Kamenskih A. D.**

Assistant of the chair of machinery and equipment of the Volga state technological University, Russian Federation

**Onuchin E.M.**

Candidate of Engineering Sciences, associate Professor of the Department of power supply of enterprises of the Volga region state technological University, Russian Federation

**ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ С ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧАТЕЛЕМ**

**THE HEATER FOR THE ENGINE WITH AN INFRARED EMITTER**

Ключевые слова: предпусковой подогреватель, теплоизлучающий элемент, подогрев двигателя, инфракрасное излучение, катализатор

Keywords: prestarting heater, heat-radiating element, heating of the engine, infrared radiation, the catalyst

В этой статье мы рассматриваем проблему запуска холодного двигателя. Проведен обзор существующих технологии предпусковых подогревателей двигателей. А так же предложен метод прогрева поддона двигателя на основе теплоизлучающих элементов, не требующего монтажа в систему автомобиля. Описан принцип работы разработанного устройства, а так же отмечены его преимущества.

In this article we consider the problem of starting a cold engine. The review of the prestarting heaters of engines existing technologies is carried out. And also proposed a method of warming up the engine sump on the basis of the heat-radiating elements, does not require installation in the vehicle. The principle of operation of the developed device, as well as noted its benefits.

Водитель, управляя автомобилем зимой, должен находиться в комфортном состоянии и концентрироваться только на дороге, не отвлекаясь на мелочи и неудобства. Самым банальным неудобством при эксплуатации автомобиля является отказ его запуска (или пуска). Под влиянием зимних условий суще-

ственно изменяется температурный режим двигателей автомобилей. Проблема запуска двигателя в холодных условиях заключается в увеличении износа, понижении ресурса агрегата и увеличении теплоотдачи в атмосферу. В связи с этим резко возрастает время прогрева двигателей после пуска, и уменьшается период их охлаждения после остановки. Для устранения проблем, связанных с эксплуатацией транспорта в зимний период, существует необходимость создания универсального устройства по прогреву двигателя [3].

Проблема, связанная с ухудшением запуска двигателя известна давно. Для удобства эксплуатации автомобиля в зимний период на рынке существует множество систем жидкостного подогрева.

Сегодня самой популярной можно считать системы автономного жидкостного подогрева. Выпускают эти системы как российские, так и иностранные производители. Способ нагрева у автономных подогревателей напоминает чем-то работу обыкновенного котла. В камеру подогревателя поступает топливо из бака и воздух. Эта смесь из топлива и воздуха поджигается и нагревает антифриз в системе охлаждения через стенки теплообменника.

Существуют не автономные жидкостные подогреватели – это электромагнитные элементы, работающие от сети 220В, монтируемые в систему охлаждения или имеющие свой корпус. Они устанавливаются в разрез малого контура системы охлаждения. Дополнительно эти системы могут включать устройства для подзарядки аккумулятора. Это несомненный плюс таких подогревателей. Но стоит рассмотреть, как положительные, так и отрицательные черты всех предпусковых подогревателей [8].

Эксплуатация предпусковых подогревателей имеет ряд положительных качеств:

- 1) возможность запуска предпускового подогрева дистанционно;
- 2) продление ресурса двигателя;
- 3) выхлопы предпусковых подогревателей практически не содержат

вредных веществ.

Наряду с этим выявлены следующие недостатки предпусковых подогревателей:

- 1) возможность применения только на одном транспортном средстве;
- 2) дополнительный расход топлива и электроэнергии;
- 3) не безопасно использовать автономный обогреватель, когда автомобиль находится в закрытом помещении;
- 4) вероятность возгорания авто, при неправильной установке;
- 5) высокая стоимость оборудования и монтажа системы.

Для устранения проблем, связанных с применением устройств подогрева возникает необходимость создания эффективного предпускового подогревателя, который позволит эффективно производить прогрев двигателя автомобиля.

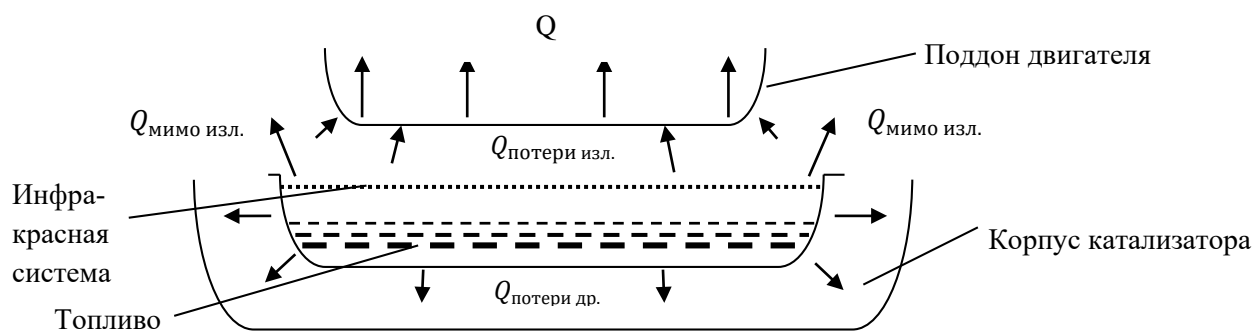
На основе исследований, связанных с применением подогревателей разработан метод проведения предпускового подогрева двигателя, способного приводить в рабочее состояние узлы и агрегаты двигателя без длительных задержек по времени.

Система состоит из совокупности теплоизлучающих элементов, которые представляют собой газовые камеры сгорания. Продукты сгорания в виде смеси газа и воздуха подвергаются реакцией окисления углеводородов, за счет катализатора. Выделенное в результате тепло разогревает сетки, которые начинают генерировать инфракрасное излучение. Излучение хорошо поглощается поверхностями, какими могут быть узлы, агрегаты, рабочие жидкости автомобиля.

Необходимо отметить, для того, чтобы был возможен процесс окисления углеводородов, теплоизлучающие элементы должны обладать рядом конструктивных и технологических особенностей, таких как устойчивость и постоянство процесса горения [6].

Анализ процессов выделения теплоты излучающих элементов с применением каталитических сеток, обладающих высокой интенсивностью инфракрасного излучения показал, что при определенной временной выдержке, образуемое тепло способно эффективно подогреть масло в поддоне двигателя. Исходя из выполненного литературного и конструктивного анализа подогревателей автомобилей, для повышения эффективности работы целесообразно применить систему, основанную на применении линейного инфракрасного излучателя.

Для обогрева двигателя разработано устройство с теплоизлучающими элементами, которое устанавливается под поддон двигателя. Схема передачи теплоты на поддон двигателя представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема передачи теплоты на поддон двигателя при работе инфракрасного излучателя:**

$Q_{\text{мимо изл.}}$  - кол-во теплоты, переходящие в окружающую среду [Дж];  $Q_{\text{потери изл.}}$  - кол-во теплоты, переходящие на стенки поддона двигателя [Дж];  $Q_{\text{потери др.}}$  - кол-во теплоты, переходящие на стенки корпуса катализатора [Дж].

В разработанной схеме передачи теплоты газовая смесь образуется в резервуаре между испаряемым топливом и сеткой катализатора, где проходящие через толщу бензина пузырьки теплого воздуха испаряют его и доставляют к обогреваемому объекту. Иначе говоря, тепловая энергия, выделяющаяся между инфракрасной системой и катализатором, расходуется на подогрев поддона двигателя  $Q_{\text{потери изл.}}$ . Что связано с нагревом материала, из которого он сделан. Часть энергии тратится на нагрев окружающего воздуха  $Q_{\text{мимо изл.}}$  и корпуса катализатора  $Q_{\text{потери др.}}$ . Вся энергия подогревателя не может полностью перейти

на подогрев. Таким образом, для эффективной работы теплоизлучающего устройства инфракрасную систему следует размещать вблизи от корпуса поддона двигателя.

В статье были проведены исследования использованных ранее методов прогрева двигателя и выявлены некоторые характеристики инфракрасной системы подогрева двигателя:

- простота в обслуживании;
- дешевизна относительно известных систем обогрева;
- экономичность;
- качественный нагрев узлов и агрегатов двигателя.

Наряду с этим разработанный подогреватель предлагается использовать на автотранспортных предприятиях. Подогреватель способен осуществлять последовательный прогрев двигателей на транспортной технике, имеющейся на предприятии. И таким образом сокращать процент износа узлов и агрегатов автотранспортных средств в зимний период и увеличивать их срок службы.

#### Библиографический список

1. Будковая И.С., Яковлев К.А. Взаимосвязь коэффициента технической готовности автомобиля с основными показателями надежности // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 83-85. DOI: 10.12737/13082.

2. Lee, S., Bae, C. The application of an exhaust heat exchanger to protect the catalyst and improve the fuel economy in a spark-ignition engine // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. – 2007. – Vol. 221. № 5. – P. 621-628. DOI: 10.1243/09544070JAUTO190.

3. Рылякин Е. Г. Эксплуатация мобильных машин в зимних условиях [Текст] / Е. Г. Рылякин, А. И. Волошин // Молодой ученый. — 2015. — №1. — С. 89-91.

4. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях [Текст]: учебное пособие / В.С. Найман. – Москва, 2007. – 160с.

5. Адрианов В.Н. Основы радиационного и сложного теплообмена [Текст] М.: Энергия, 1972. 464 с.

6. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением: Пер. с англ. [Текст] М.: Мир, 1975. 934 с.

7. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. [Текст] Изд.2-е, стереотип. М., «Энергия», 1977.

8. Тринг М.В. Наука о пламенах и печах: Пер. с англ. М [Текст]: Metallurgizdat, 1958. 482 с.

9. Типы предпусковых подогревателей двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autoshcool.ru/1688-tipy-predpuskovykh-podogrevatelej-dvigatelya.html>

10. Типы предпусковых подогревателей двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://note2auto.ru/page/typy-predpuskovykh-podogrevatelej-dvigatelya>

11. Типы предпусковых подогревателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://auto-dot.ru/typy-predpuskovykh-podogrevatelej-dvigatelya>

12. Устройства для предпускового подогрева двигателя Абрамов К.А., к.т.н. Рылякин Е.Г. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/10\\_DN\\_2013/Tecnic/4\\_133287.doc.htm](http://www.rusnauka.com/10_DN_2013/Tecnic/4_133287.doc.htm)

© Бибикин В.А., Семенов К.Д., Каменских А.Д., Онучин Е.М., 2015

**Волков Ю.В.**

аспирант

Харьковский национальный  
автомобильно-дорожный  
университет, Украина

**Волков В.П.**

д-р. техн. наук, профессор  
заведующий кафедрой Харьковского  
национального автомобильно-  
дорожного университета,  
Украина

**Грицук И.В.**

канд. техн. наук, доцент  
Харьковский национальный  
автомобильно-дорожный  
университет, Украина

**Грицук Ю.В.**

канд. техн. наук, доцент  
Донбасской национальной академии  
строительства и архитектуры,  
Украина

**Volkov Yu.V.**

graduate student

Kharkov National Automobile and  
Highway University,  
Ukraine

**Volkov V.P.**

Dr., Professor, Head of Technical  
Operation and Service Cars Department  
Kharkov National Automobile and  
Highway University,  
Ukraine

**Gritsuk I.V.**

Ph.D., assistant Professor  
Kharkov National Automobile and  
Highway University,  
Ukraine

**Gritsuk Yu.V.**

Ph.D., assistant Professor  
Donbas National Academy of Civil  
Engineering and Architecture,  
Ukraine

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ С ВИРТУАЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ В ПРОЦЕССЕ  
МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИХ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ ITS**

**INFORMATION INTERACTION OF VEHICLES VIRTUAL ENTERPRISES IN  
MONITORING AND FORECASTING OF PARAMETRES OF THEIR  
TECHNICAL CONDITION UNDER ITS**

Ключевые слова: транспортное средство, мониторинг, прогнозирование, виртуальное предприятие, программное обеспечение, информационная система.

Keywords: vehicle, monitoring, forecasting, virtual enterprise, software, information system.

В статье предложен механизм информационного взаимодействия транспортных средств с виртуальным предприятием в процессе мониторинга и прогнозирования параметров их технического состояния в условиях ITS. Представлена функциональная структура информационного обмена и взаимодействия разработанного программного комплекса с элементами виртуального предприятия.

The paper proposed a mechanism for information exchange with virtual vehicles enterprise in the process of monitoring and forecasting of parameters of their technical condition under ITS. The functional structure of the information exchange and interaction of software designed with elements of the virtual enterprise.



**Введение.** Дистанционный мониторинг и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств (ТС) в процессе эксплуатации в условиях ITS является важной научно-практической задачей. Полученные параметры технического состояния ТС используются в бортовых системах автомобиля, которые оказывают водителю помощь в управлении, а также и в работе технических служб эксплуатации автомобильного транспорта (АТ) при определении и прогнозировании их технического состояния [1, с. 1].

В статье описан механизм информационного взаимодействия транспортных средств с виртуальным предприятием по эксплуатации автомобильного транспорта в процессе мониторинга и прогнозирования параметров их технического состояния в условиях ITS.

**Анализ последних исследований и достижений.** На протяжении длительного времени [2, с. 125] проводятся работы по созданию специализированного программного обеспечения (ПО) для мониторинга промышленности и транспорта. В Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете (ХНАДУ) на протяжении ряда лет разрабатывается ПО, которое будет способно объединить в своих функциях бортовой интеллектуальный программно-диагностический комплекс (БИПДК), рабочее место диагноста (механика) при выполнении мониторинга и прогнозирования технического состояния (МПТС) ТС в условиях эксплуатации [3, с. 126], и может легко быть адаптировано в информационных условиях ITS [3, с. 126] для работы с виртуальным предприятием по эксплуатации автомобильного транспорта.

Существующие интеллектуальные комплексы оснащены соответствующим ПО, адаптированным для выполняемых своих специализированных задач. Однако, с учетом совершенствования математического аппарата, актуальна необходимость решения вопроса оснащения комплексным ПО всей системы, применяемой для МПТС в условиях эксплуатации ТС. Комплексное решение вполне возможно осуществить в условиях виртуального предприятия «ХНАДУ-ТЕСА» [4, с. 250], при разработке специализированного ПО, которое способно осуществить поставленные задачи [5, с. 6]. Разработанный информационный программный комплекс (ИПК) «*MonDiaFor (monitoring, diagnosis, forecasting technical condition of the vehicle under ITS)*» «HADI-15» успешно справляется с ними [3, с. 126]. Исходными данными для его работы при проведении МПТС в условиях эксплуатации двигателя и ТС является информация, полученная через *GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet* или локальную сеть непосредственно с ТС через *Web*-сервер виртуального предприятия [4, с. 146] в ИПК.

**Цель статьи** – формирование информационного взаимодействия транспортных средств с виртуальным предприятием по эксплуатации автомобильного транспорта в процессе мониторинга и прогнозирования параметров их технического состояния в условиях ITS.

**Изложение основного материала.** Для использования всех вышеизложенных подходов в практике автомобилестроения и формирования единой системы мониторинга ТС в структуре бортового комплекса ITS на ТС, с учетом ранее полученных результатов исследований [6, с. 126], необходимо предусмотреть не только телематический модуль спутниковой навигации и связи, а и

замкнуть все информационные системы ТС, а именно водителя, бортовую систему контроля с накоплением данных и средства автоматической идентификации ТС, на производственные информационные системы АТ, геоинформационные системы оценки уровня ингредиентного и параметрического загрязнения придорожной среды конкретной автомагистрали и др. Авторами предложен вариант решения указанной проблемы (рис. 1) для уже существующих ТС, оснащенных CAN-шиной.

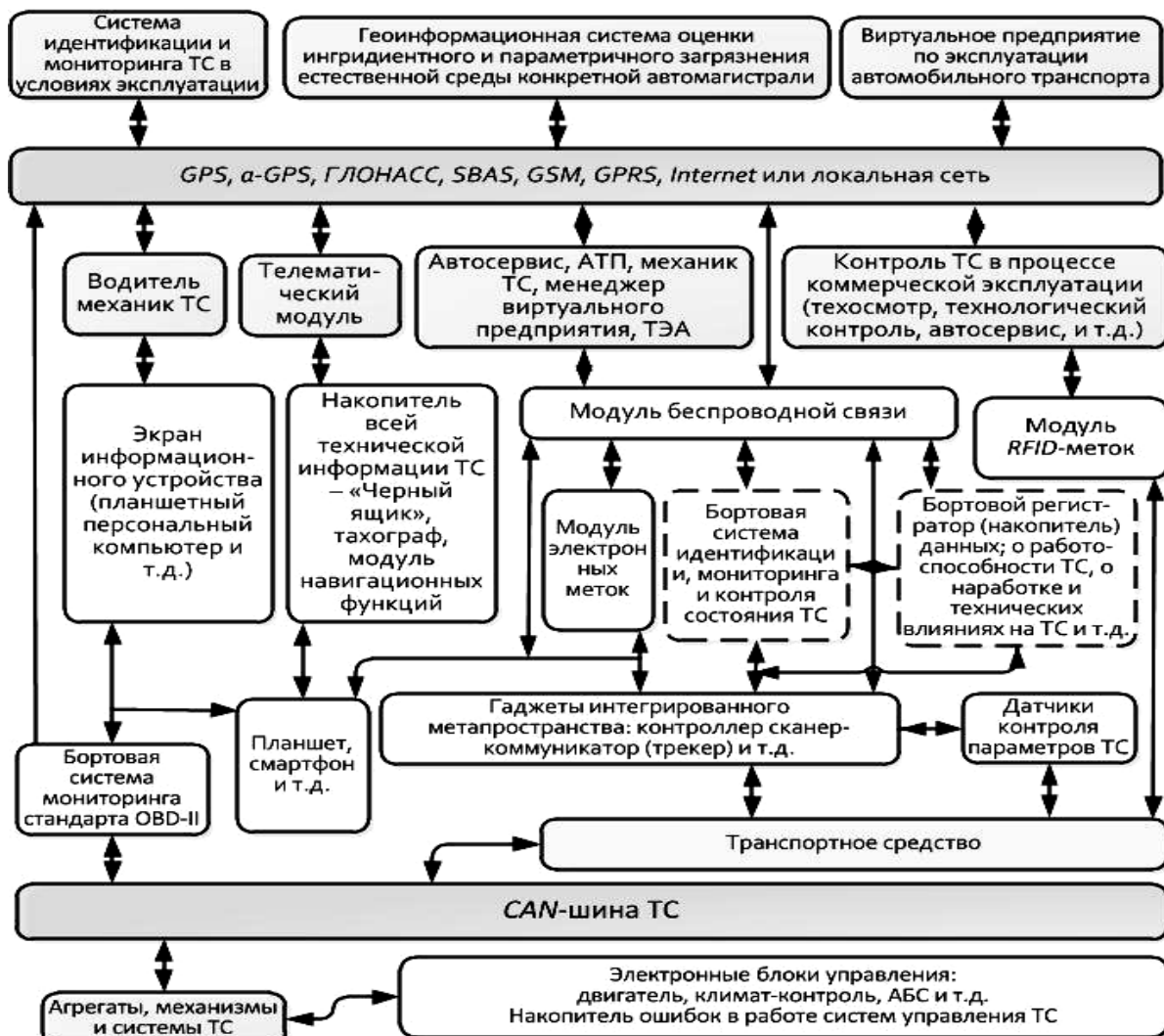


Рисунок 1 - Структура системы мониторинга для ТС, оснащенных CAN-шиной

Особенностью структуры, представленной на рис. 1, является то, что сочетание всех информационных потоков из агрегатов, механизмов и систем ТС (сплошная линия) происходит через CAN-шину ТС. В этом случае используют бортовую систему мониторинга стандарта OBD-II (или планшет, смартфон и т.д.) и гаджеты интегрированного метакосмоса [4, с. 250], а именно такие, как контроллер сканер-коммуникатор (трекер) и т.д. с соответствующими датчиками контроля параметров ТС (если в этом возникает необходимость). Благодаря этому, в ТС предусматривается возможность использования модуля беспроводной связи, который работает не только с модулем электронных меток (сплошная линия), а также может использовать собственную бортовую систему

идентификации, мониторинга и контроля параметров ТС и бортовые накопители (регистраторы) данных о работоспособности ТС, наработке и технических воздействиях на ТС и т.д. (пунктирная линия). Кроме этого, при выполнении идентификации ТС в условиях эксплуатации, предусматривается возможность использовать модуль RFID-меток, который устанавливается непосредственно на ТС. Передача информационных потоков с ТС постоянно, в процессе его использования по соответствующему назначению, происходит средствами *GPS*, *A-GPS*, *ГЛОНАСС*, *SBAS*, *GSM*, *GPRS*, *Internet* или локальной сети к виртуальному предприятию по эксплуатации автомобильного транспорта, в геоинформационную систему оценки уровня ингредиентного и параметрического загрязнения придорожной среды конкретной автомагистрали и к системам идентификации и мониторинга ТС в условиях эксплуатации.

Разработанный механизм передачи информации и структура системы мониторинга для ТС, оснащенных CAN-шиной в условиях ITS может служить методическим инструментарием обоснования технических заданий на разработку и формирование систем глобального мониторинга при получении технической информации отдельных ТС в АТ Украины.

В описанном случае, виртуальное предприятие по эксплуатации автомобильного транспорта [4, с. 146], используется по своему прямому назначению – как правило, для контроля технического состояния и управления работоспособностью ТС.

Однако для адаптации ИПК «MonDiaFor «HADI-15»» [3, с. 126] в структуру и процессы виртуального предприятия «ХНАДУ-ТЕСА» [4, с. 250] необходимо внести соответствующие изменения в его составляющие и элементы.

Основными этапами обработки информации о техническом состоянии ТС в ИПК «MonDiaFor «HADI-15»» [3, с. 126] являются: сбор сообщений и данных мониторинга и диагностирования ДВС и ТС [7, с. 51]; сбор данных о технических параметрах двигателя и ТС в условиях эксплуатации; определение предельных характеристик (минимальное и максимальное отклонение параметров от определенного среднего) в файлах отчета о параметрах состояния ТС на основе информации о структуре статистических характеристик модели с наименьшим значением суммы квадратов отклонений; получение оптимальной модели для временного тренда в виде массива структур «модель - статистические характеристики» на основе линейной, экспоненциальной, логарифмической и полиномиальной (при варьировании степени) аппроксимации соответствующих зависимостей параметров файлов отчета; получение прогноза состояния ТС на соответствующее прогнозное время; определения параметра состояния ТС с наименьшим значением прогнозного времени, при котором произойдет выход за допустимые пределы, диагностирования состояния двигателя и ТС; проверка соответствия состояния на основе проведенного мониторинга и прогнозирования состояния ТС.

На рис. 2 показана функциональная структура информационного обмена и взаимодействия ИПК «MonDiaFor «HADI-15»» с элементами виртуального предприятия «ХНАДУ-ТЕСА».

В процессе проведения адаптации для использования ИПК «MonDiaFor «HADI-15»» непосредственно для мониторинга и прогнозирования параметров

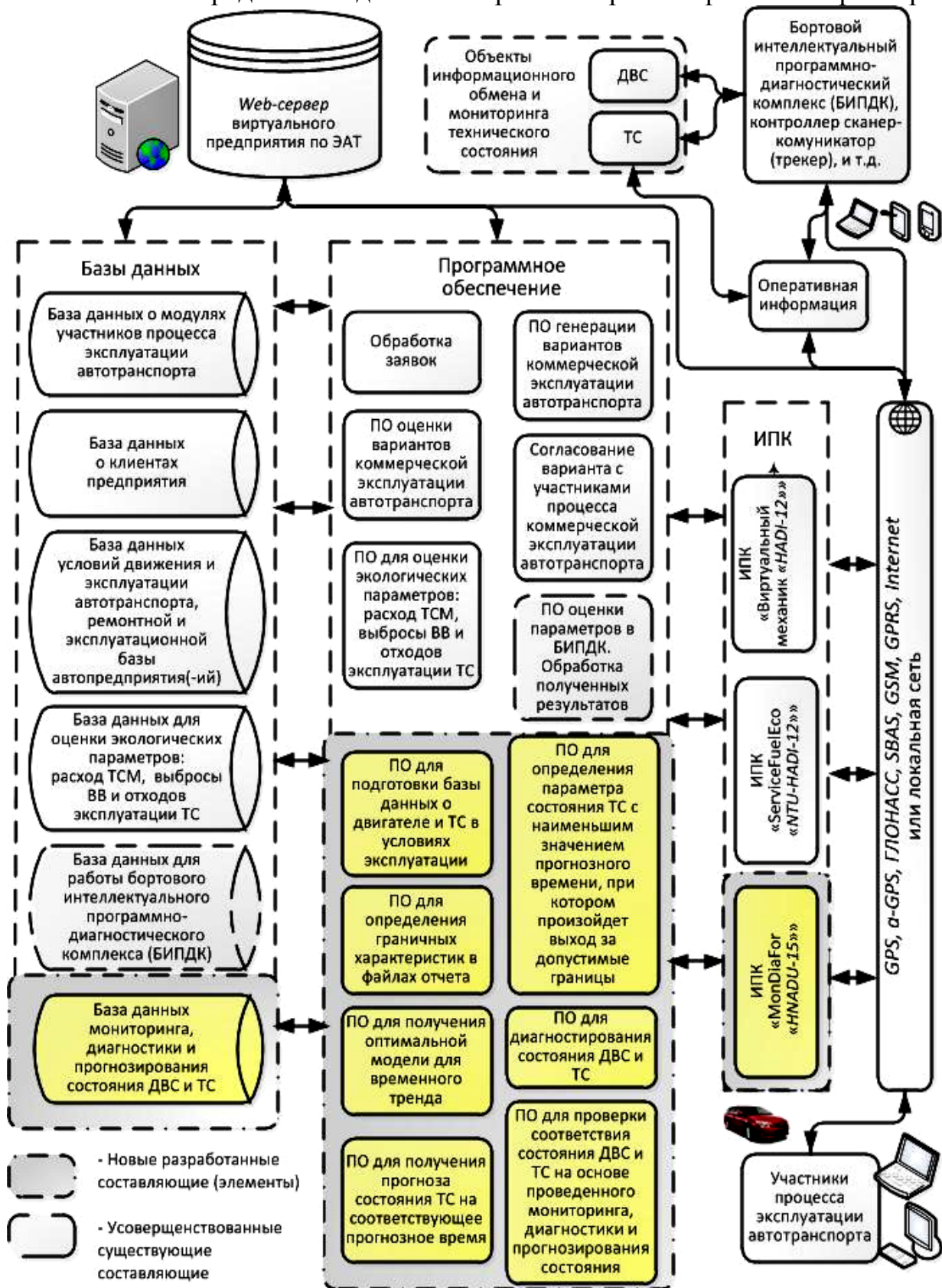


Рисунок 2 – Функциональная структура информационного обмена и взаимодействия ИПК с элементами виртуального предприятия «ХНАДУ-ТЕСА»

технического состояния двигателя и ТС в структуру виртуального предприятия внесены изменения, касающиеся усовершенствования ПО оценки параметров в бортового интеллектуального программно-диагностического комплекса для обработки полученных результатов и, соответственно, базы данных для работы БИПДК. Изменения касались настройки аппаратного обеспечения указанного комплекса [8, с. 12] и непосредственно программного обеспечения [9, с. 1]. В общее программное обеспечение WEB-сервера виртуального предприятия по эксплуатации автомобильного транспорта внесены следующие дополнения, разработанные авторами:

- ПО для подготовки базы данных о двигателе и ТС в условиях эксплуатации;
- ПО для определения граничных характеристик в файлах отчета;
- ПО для получения оптимальной модели для временного тренда;
- ПО для получения прогноза состояния ТС на соответствующее прогнозное время;
- ПО для определения параметра состояния ТС с наименьшим значением прогнозного времени, при котором произойдет выход за допустимые пределы;
- ПО для диагностирования состояния ДВС и ТС [10, с. 1];
- ПО для проверки соответствия состояния ДВС и ТС на основе проведенного мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния.

Для осуществления обработки полученных данных мониторинга и прогнозирования технического состояния ТС в разработанном ИПК используется рабочее место информационной сети (может также использоваться Web-сервер виртуального предприятия) [7, с. 51]. Обработка результатов полученных измерений параметров ТС связана непосредственно с математическим обеспечением и определяется уровнем применяемого математического аппарата [7, с. 51]. Далее результаты испытаний подвергаются анализу, и выдается отчет в виде протокола, установленной формы.

Реализация ПО для мониторинга и прогнозирования достаточно специфична и привязана к конкретному аппаратному обеспечению, поэтому, очевидным является выделение его в отдельные модули. Таких модулей может быть несколько, в зависимости от назначения, особенностей решаемых задач и измерительного оборудования [8, с. 12]. Однако все модули определенного типа должны поддерживать одинаковый интерфейс взаимодействия с другими модулями. В рамках описанного ПО, БИПДК [4, с. 171] и информационного обеспечения системы мониторинга и прогнозирования технического состояния ДВС и ТС в условиях *ITS* структура взаимодействия ИПК с виртуальным предприятием может иметь вид, аналогичный представленному на рис. 2.

Диагностические возможности преобразующего оборудования напрямую зависят от используемого ПО и особенностей ТС. В большинстве случаев, для диагностики двигателя и трансмиссии ТС, имеются специализированные коммерческие программы, поддерживающие дополнительные протоколы автопроизводителей и позволяющие работать с различными их блоками [10, с. 1].

Выбор режима проведения описанного взаимодействия предполагает задание всех параметров и характеристик ДВС и ТС, а также получение соб-

ственно данных мониторинга одним из способов: либо непосредственное измерение, либо импорт данных уже проведенных испытаний, либо совместные действия. Использование стандартных форматов хранения данных при разработке описанного программного обеспечения позволяет использовать его в составе любого информационного комплекса без серьезных структурных изменений.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что механизм передачи информации и структура системы мониторинга для ТС, оснащенных CAN-шиной в условиях ITS может служить методическим инструментарием обоснования технических заданий на разработку и формирование систем глобального мониторинга при получении технической информации отдельных ТС в АТ Украины. Представлена функциональная структура информационного обмена и взаимодействия ИПК с элементами виртуального предприятия.

### Библиографический список

1. Sivasubrahmaniyan, A., Jaishwal, A., Warriar, G., Tharaneetharan, S. et al. A Systematic Approach of Improving Reliability Process through Development and Application of On-Board Diagnostics System, for Commercial Vehicle // SAE Technical Paper. 2015-26-0101, 2015, Published 01/14/2015, doi:10.4271/2015-26-0101.
2. Павлов К. С. Модели выбора и замены оборудования в производственных системах машиностроительных предприятий / К. С. Павлов, Е. Н. Хоботов // Автоматика и телемеханика. 2015. № 2. С. 125–140.
3. Предко А.В. Мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств в условиях ITS / А.В. Предко, Ю.В. Грицук, И.В. Грицук, В.П. Волков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1. С. 126-131.
4. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Под редакцией Волкова В.П. / В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов О.Я., П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.А. Комов. Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013.– 398с.
5. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н.Я. –Х.: Вища школа, 1984. –312 с.
6. Матейчик В.П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика». – К.: НТУ, 2014. – Випуск 13, стор. 126-138.
7. Волков В.П. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / В.П. Волков, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2014. – Випуск 30, с. 51-62.
8. Кадильникова Т.М. Теоретико-методологические основы мониторинга подъёмно-транспортных машин / Кадильникова Т.М. – Днепропетровск: "Пороги", 2004. –177 с.
9. Программы для работы с OBD-2 [Электронный ресурс] / Режим доступа к ресурсу: <http://elm-scanner.ru/soft/soft>. - 14.06.2013.
10. Печеровий А. Обзор приложения Torque: автомобильный бортовой компьютер на Android [Электронный ресурс] // Mforum.ru. MForum.ru на Facebook. - Режим доступа к ресурсу: <http://www.mforum.ru/phones/tests/103546.htm>. - 14.06.2013.

© Волков Ю.В., Волков В.П., Грицук И.В., Грицук Ю.В., 2015

**Гриценко А.В.**

докт. техн. наук, доцент кафедры  
«Эксплуатация автотранспорта и  
производственное обучение»  
Южно-Уральского государственного  
аграрного университета, РФ

**Глемба К.В.**

канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Эксплуатация автомобильного  
транспорта» Южно-Уральского  
государственного  
университета (НИУ), РФ

**Ларин О.Н.**

докт. техн. наук, профессор кафедры  
«Логистики и управление  
транспортными системами»  
Московского государственного  
университета путей сообщения, РФ

**Gritsenko A.V.**

Ph.D., professor of «Exploitation of  
motor transport and production teaching»  
South Ural state agrarian University,  
Russian Federation

**Glemba K.V.**

Ph.D., assistant professor of «Operation  
of Road Transport» South-Ural State  
University (NIU), Russian Federation

**Larin O.N**

Ph.D., professor of «Logistics and  
management of transport systems»,  
Moscow state University of means of  
communication, Russian Federation

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСОВ АВТОМОБИЛЕЙ**

**THE METHODOLOGY AND RESULTS OF DIAGNOSTICS  
OF ELECTRIC PUMPS FOR CARS**

Ключевые слова: система топливоподачи, тестовое диагностирование, электрический бензиновый насос, тестирование, техническое состояние, диагностический параметр.

Keywords: system for fuel, diagnostics, electric pump for gasoline, the testing, the technical condition, the diagnostic parameter.

Представлены результаты исследования выходных характеристик электрических бензиновых насосов системы топливоподачи автомобилей. Разработан новый метод тестового диагностирования. В работе проводится исследование взаимосвязи технического состояния насоса с его качественными показателями функционирования системы топливоподачи. Определено, что контроль технического состояния насосов возможен по измерению разности величин частоты вращения коленчатого вала при отключении искрообразования и топливоподачи. Представлены результаты эксперимента динамического способа, который обладает наибольшей информативной и информационной емкостью.

Presents results of a study of the output characteristics of the electric fuel pumps fuel system cars. A new method of diagnosing test. The paper deals with the study of the relationship of the technical condition of the pump, with its high-quality performance fuel system. It is determined that the control of technical condition of pumps can be carried out by measuring the difference between the values of the rotational speed of a crankshaft when switching off the sparks and fuel. Experimental results are presented of the dynamic method, which has the most informative and information capacity.

### **Актуальность темы**

Из многочисленных исследований известно, что наименее надежной системой двигателей легковых автомобилей является система питания. Доля всех отказов системы топливоподачи от общего числа отказов двигателя составляет – 15...40 %. Нарушение работоспособности топливной системы в подавляющем большинстве случаев объясняется: использованием некондиционного топлива; низкой квалификацией персонала, производящего ремонт, эксплуатацию и техническое обслуживание автомобилей; применением запасных частей низкого качества. В то же время совершенствование системы питания двигателей с впрыском бензина направлено на обеспечение высоких экологических показателей. Обеспечение последних возможно лишь за счет точного дозирования подачи топлива на всех режимах работы двигателя. Заводами изготовителями автомобилей электрические бензиновые насосы (ЭБН) выполнены по 6 категории контролепригодности, что создает значительные проблемы при оценке их технического состояния: требуется разборка топливных магистралей и элементов топливного бака. Возникает необходимость разработки новых методов и средств диагностирования ЭБН, осуществляемого без разборки ЭБН и топливных магистралей, осуществляемого достаточно быстро и при высокой достоверности диагностирования [1–21].

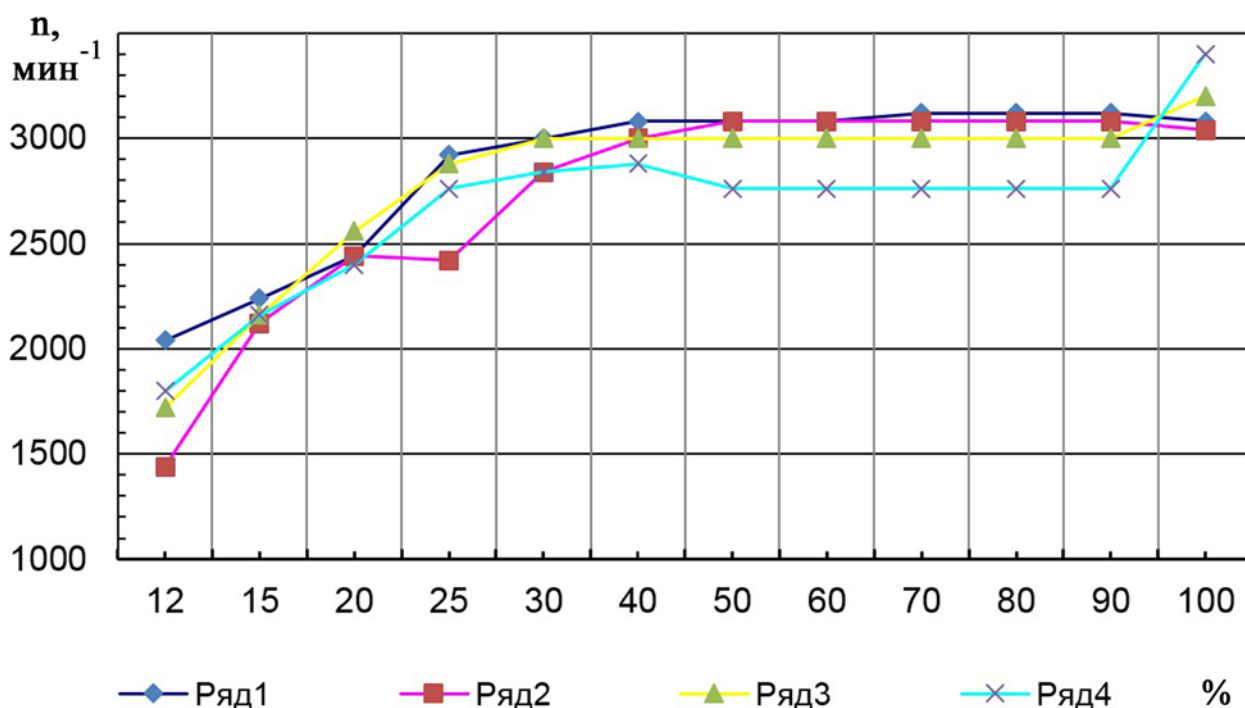
В работе проводится исследование взаимосвязи технического состояния ЭБН с его качественными показателями функционирования системы топливоподачи. Для определения технического состояния рассматривается два способа диагностирования: динамический и статический. Для контроля технического состояния элементов системы топливоподачи авторами разработан метод тестового диагностирования, основанный на нагрузочном и стресс тестировании. Для ЭБН, используемого на автомобиле, большое значение имеет изменение его характеристик при типичных для этих условий изменения напряжения питания [2–5].

### **Результаты экспериментальных исследований**

Контроль технического состояния электрических бензиновых насосов возможен по измерению разности величин частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования и топливоподачи. Техническое состояние исследуемого элемента топливной системы предлагается определять по отношению частоты вращения ДВС при работе с новым и реальным (диагностируемым) ЭБН. Данное отношение позволяет определить степень уменьшения подачи диагностируемым ЭБН, а в конечном итоге – его износ [2–24].

Для исследования качества функционирования ЭБН динамическим способом проводился эксперимент, в котором проверялась работа двигателя на каждом из цилиндров ДВС при отключении искрообразования в остальных трех, а также для повышения чувствительности диагностируемого параметра уменьшалась степень подачи топлива. В результате получена характеристика изменения частоты вращения коленчатого вала (КВ) ДВС  $n$ , мин<sup>-1</sup> (рис. 1).





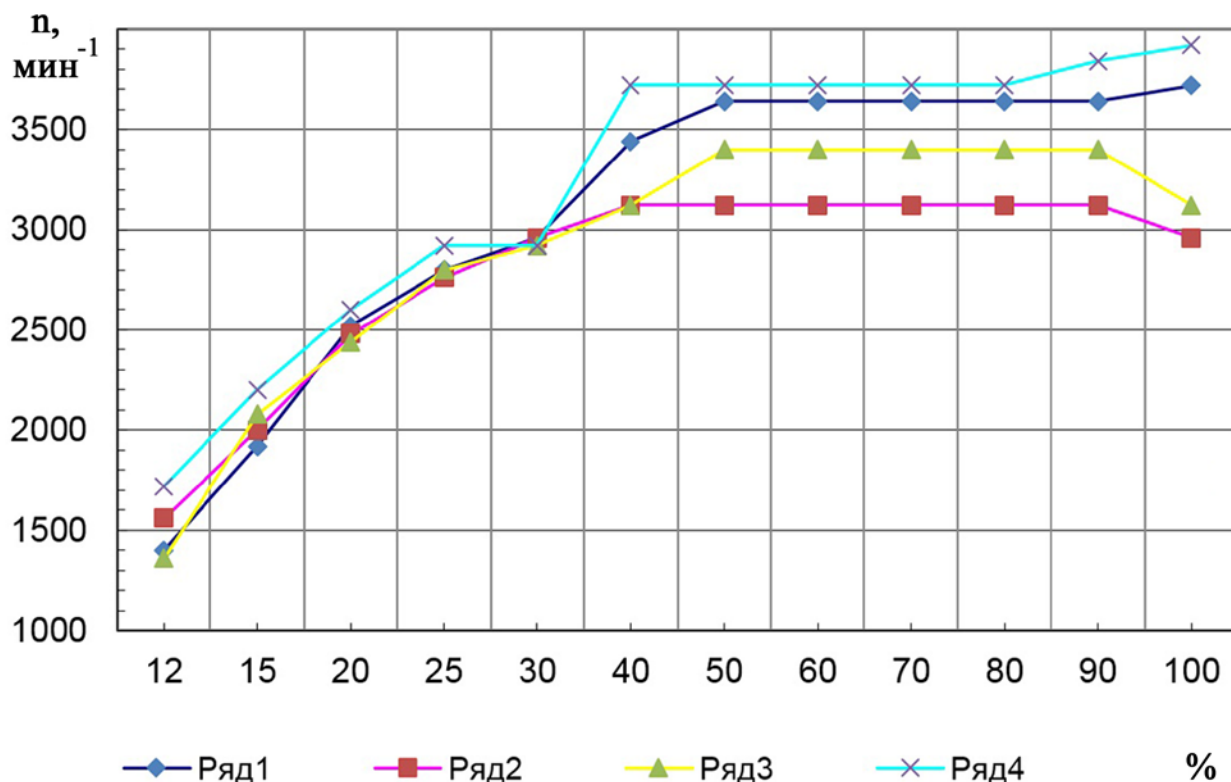
**Рисунок 1 – Изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  на одном из 4-х цилиндров ДВС с исправным ЭБН (напряжение питания ЭБН  $U = 14 \text{ В}$ ) от степени открытия заслонки, %: ряд 1-4 – параметры каждого из 4-х цилиндров с исправным ЭБН**

При отключении искрообразования все четыре форсунки обеспечивают подачу топлива и быстро опустошают топливную рампу, что приводит к снижению частоты вращения КВ ДВС. Пределы изменения частоты вращения КВ при 80%-й степени открытия дроссельной заслонки с исправным ЭБН ( $U=14 \text{ В}$ ) составили 2750...3000 об/мин, при 60%-й – 2750...3000 об/мин, при 40%-й – 2750...3000 об/мин, при 20%-й – 2400...2500 об/мин, далее ЭБН не смог обеспечить необходимую подачу топлива для работающих форсунок, в результате чего двигатель заглох (рис. 1). Данная характеристика отображает работу двигателя с новым ЭБН.

Далее проводился аналогичный эксперимент, но со снижением напряжения питания ЭБН до 8 В, а характеристика работы ДВС представлена ниже (рис. 2). Пределы изменения частоты вращения КВ с исправным ЭБН ( $U=8 \text{ В}$ ) при 80% степени открытия дроссельной заслонки составили 3100...3750 об/мин, при 60% – 3100...3750 об/мин, при 40% – 2800...2900 об/мин, при 20% – 800...900 об/мин, далее – двигатель глохнет (рис. 2)

Дальнейшие исследования направлены на определение другого чувствительного диагностического параметра технического состояния ЭБН – снижение максимально возможной частоты вращения коленчатого вала ДВС из-за выработки топлива при проверке работы ЭБН с меньшим напряжением питания. Гипотеза сводится к тому, что с ростом утечек ЭБН в процессе эксплуатации при понижении напряжения его питания снизится максимально возможная частота вращения коленчатого вала ДВС. При анализе экспериментальных данных можно сделать предположение, что должно

произойти более раннее снижение (падение) частоты вращения КВ, которое будет наблюдаться уже при 60% открытия дроссельной заслонки. Данное падение частоты вращения объясняется ростом зазоров и утечек неисправного ЭБН, поэтому ДВС в конечном итоге остановится раньше. Снижение подачи ЭБН за счет утечек на максимальном скоростном режиме отразится нарушением баланса подачи и расхода топлива, и как следствие – снижением максимально возможной частоты вращения коленчатого вала ДВС. Чем больше утечек в ЭБН, тем меньше максимально возможная частота вращения коленчатого вала ДВС.



**Рисунок 2 – Изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  на одном из 4-х цилиндров ДВС с исправным ЭБН (напряжение питания ЭБН  $U = 8 \text{ В}$ ) от степени открытия заслонки, %: ряд 1-4 – параметры каждого из 4-х цилиндров с исправным ЭБН**

В ходе будущих испытаний предполагается варьировать изменением напряжения питания ЭБН в пределах  $U=14...4 \text{ В}$ , при чем, положение дроссельной заслонки должно быть в одном фиксированном состоянии – степень ее открытия должна составлять 50%. Также планируется рассмотрение статического способа диагностики ЭБН с построением вольтамперной характеристики ЭБН как на повышение, так на снижение напряжения. Измерения планируется проводить на неработающем ДВС. Предполагается, что можно определить техническое состояние ЭБН по построенной характеристике изменения частоты вращения КВ (косвенно фиксируя время выработки топлива и остановки ДВС при работе ЭБН) при изменении напряжения питания насоса в пределах  $14...4 \text{ В}$ . По наклону построенных характеристик в сравнении с

эталонными можно будет определить степень износа электробензонасоса. Предполагается, что для насоса с недопустимыми утечками топлива (предельно изношенного) при изменении силы тока прирост величины давления в системе топливоподачи будет ниже (из-за утечек топлива через неплотности: увеличенный зазор между корпусом и ротором), а потребляемый ток при этом будет больше.

### **Заключение**

Вышеупомянутые способы позволяют определять техническое состояние ЭБН. Динамический отслеживает работу ЭБН благодаря изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования; по изменению максимально возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя при отключении искрообразования и изменению напряжения питания ЭБН. В статическом режиме рассматривают работу ЭБН по развиваемому давлению при неработающем ДВС. Данные способы характеризуются значительной эффективностью процесса диагностирования системы топливоподачи.

### **Выводы**

Рассмотрен один из способов проверки работоспособности ЭБН. Указанный динамический способ обладает наибольшей информативной и информационной емкостью.

### **Библиографический список**

1. Ерохов В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 552 с.
2. Гриценко А.В., Цыганов К.А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей. М.: Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2013, № 4. – С. 22–23.
3. Гриценко А.В., Плаксин А.М. Диагностирование системы питания ДВС. М.: Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2014. – № 1. – С. 24–26.
4. Бакайкин Д.Д. Диагностирование электромагнитных форсунок бензиновых двигателей автомобилей, эксплуатируемых в сельском хозяйстве. Дис... канд. техн. наук. Челябинск, 2013. – 124 с.
5. Гриценко А.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей). Дис... докт. техн. наук. Челябинск, 2014. – 397 с.
6. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Глемба К.В., Бакайкин Д.Д., Хвостов С.П., Абросимов Д.А., Цыганов К.А., Власов Д.Б. Диагностирование электрических бензиновых насосов по комплексным выходным параметрам. М.: Фундаментальные исследования, 2014. – № 11 (часть 12). – С. 2610-2614.
7. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Лукомский К.И., Волынкин В.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподачи и смазки двигателей внутреннего сгорания. Екатеринбург: Аграрный вестник Урала, 2014. – № 7 (125). – С. 51-58.
8. Патент РФ № 2418190 RU F 02 М 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя / А.В. Гриценко, Д.Д. Бакайкин, С.С. Куков. №2009123798. Заявл. 22.06.09. Оpubл. 10.05.11. Бюл. №13.
9. Патент РФ № 2477384 RU F 02 М 65/00. Способ диагностирования электробензонасосов системы топливоподачи автомобиля / А.В. Гриценко, С.С. Куков, Цыганов К.А., Горбунов А.В. №2012109956. Заявл. 14.03.12., Оpubл. 10.03.13. Бюл. № 7.

10. Гриценко А.В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бестормозным методом с перераспределением цилиндрических нагрузок. Челябинск: АПК России, 2011. – Т. 58. – С. 108-110.
11. Гриценко А.В., Куков С.С. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей. Челябинск: АПК России, 2011. – Т. 58. – С. 111-117.
12. Гриценко А.В., Бакайкин Д.Д., Куков С.С. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей. – Челябинск: Вестник ЧГАА, 2011. – Т. 59. – С. 30-32.
13. Гриценко А.В., Плаксин А.М., Глемба К.В., Ганиев И., Лукомский К.И. Результаты исследования выходных характеристик электрических насосов автомобилей при имитации сопротивления в нагнетательном топливопроводе. М.: Фундаментальные исследования, 2014. – № 11 (часть 5). – С. 991-995.
14. Гриценко А.В., Плаксин А.М. Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат. Челябинск: Вестник ЧГАА, 2013. – Т. 63. – С. 42-46.
15. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Разработка методов и средств диагностирования элементов топливной системы бензиновых ДВС. М.: ж-л «Контроль. Диагностика», март 2015.
16. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Разработка метода и средства диагностирования электробензонасосов системы топливоподачи ДВС. М.: ж-л «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление», ВИНТИ РАН, 2015. – №1. – С. 40-44.
17. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Глемба К.В., Хвостов С.П., Бакайкин Д.Д., Абросимов Д.А. Диагностирование электромагнитных форсунок по изменению качественного состава топливной смеси. М.: Фундаментальные исследования, 2014. – № 11 (часть 11). – С. 2380-2384.
18. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Глемба К.В., Ганиев И.Г. Лукомский К.И. Результаты исследования выходных характеристик электрических насосов автомобилей при имитации сопротивления в нагнетательном топливопроводе. М.: Фундаментальные исследования, 2014. – № 11 (часть 5). – С. 991-995.
19. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Новый метод, средство и программная среда для тестирования ЭМФ автомобиля. Волгоград: «Известия ВолГТУ», серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки», 2014. – №6(145). – Т. 18. – С. 53-56.
20. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н. Приборные методы и средства повышения экологической безопасности на автотранспорте / Сб. науч. трудов междун. науч.-практ. конф. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия «ВГЛТА», 2014. – Т. 1. – С. 200-205.
21. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н. К вопросу диагностирования элементов системы топливоподачи ДВС / Сб. науч. трудов научн.-практич. конф. «Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика». Пермь: ПНИПУ, 2014 г. – № 1. – С. 264-270.
22. Карпенко А.Г. Глемба К.В., Белевитин В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. – 124 с.
23. Plaksin A., Gritsenko A., Glemba K. Modernization of the Turbocharger Lubrication System of an Internal Combustion Engine // Procedia Engineering. 2015. Vol. 129. P. 857–862. doi:10.1016/j.proeng.2015.12.122.
24. Предко А.В., Грицук Ю.В., Грицук И.В., Волков В.П. Мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств в условиях ITS // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе. 2015. Т. 2. № 1. С. 126-131. DOI: 10.12737/13867.

**Дикевич А.В.**

аспирант 1 курса кафедры сервис  
транспортных и технологических  
машин Белгородского  
государственного технологического  
университета им. В.Г. Шухова,  
г. Белгород, РФ

**Селютин В.В.**

Студент 4 курса кафедры сервиса и  
ремонта машин Приокского  
государственного университета,  
г. Орел, РФ

**Севрюгина Н.С.**

канд. техн. наук, доцент кафедры  
сервиса и ремонта машин Приокского  
государственного университета,  
г. Орел, РФ

**Dikevich A.V.**

postgraduate student of the Department  
“Service of transport and technological  
machines”, Belgorod Shukhov State  
Technology University,  
Russian Federation

**Seljutin V.V.**

4 th year student of the Department  
“Service and repair of cars”,  
Priokskiy State University,  
Russian Federation

**Sevrjugina N.S.**

Ph.D., associate Professor of the De-  
partment “Service and repair of cars”,  
Priokskiy State University,  
Russian Federation

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ  
ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ**

**PARAMETRIC INDICES PROVIDING FUNCTIONAL STABILITY OF THE  
AUTOMOBILE TRANSPORT SYSTEMS**

Ключевые слова: автомобиль, параметры, функциональность, стабильность, ресурс, эффективность, модель

Keywords: car, options, functionality, stability, resource efficiency, model

В статье рассмотрено влияние интенсивности изменения параметрических показателей, обеспечивающих функциональную стабильность систем автомобиля. Установлено, что базовая методика оценки ресурса позволяет получить усредненно-идеализированный результат для нормальных условий эксплуатации автомобиля. Предложено учитывать при установлении остаточного ресурса автомобиля или его систем изменение параметрических показателей при различных условиях эксплуатации автомобилей.

In this paper, the influence of intensity changes parametric indicators, which ensures the functional stability of the systems of the car. It is established that basic method of assessing the resource gives a rough estimation-idealized result for normal conditions of vehicle operation. Proposed to take into account when establishing the residual life of the car or its systems changing the parametric performance under various conditions of operation.

Конструкция современных автомобилей достигла такого уровня совершенства, когда функциональная стабильность систем автомобиля может быть обеспечения через контроль интенсивности изменения параметрических показателей. Алгоритм изменения параметрических показателей представляется следующими процессами: режимом эксплуатации; воздействием внешних фак-

торов; процессами, происходящими в системах – внутренними факторами [1, 4-10].

Теоретически функциональная стабильность систем автомобиля определяется его надёжностью — это свойство автомобиля выполнять заданные функции, сохраняя значения установленных эксплуатационных показателей в пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения автомобиля и условий его эксплуатации может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или определённое сочетание этих свойств как для автомобиля, так и для его агрегатов (систем, узлов и деталей), направленным на выполнение автомобилем рабочих функций с установленными показателями в течение ресурса до капитального ремонта [2, с.9].

Долговечность – свойство автомобиля сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта [2, с.11].

Безотказность — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Показатели безотказности характеризуются эффективностью и качеством технического обслуживания. Для сохранения гарантии завод-изготовитель рекомендует производить техническое обслуживание у официальных дилеров, в проведении которого используются оригинальные запчасти. Все работы выполняются согласно регламенту технического обслуживания [2, с.10].

Для достижения максимального срока службы автомобиля необходимо придерживаться установленных правил, а регулярная диагностика всех систем автомобиля позволяет выявить скрытые неисправности. При выполнении функциональных задач системой полный контроль за исправностью всех основных элементов требует выполнения целого комплекса измерений. Например, для удобства выбора для модели эффективности функционирования тормозной системы в качестве интегрального параметра может быть принят показатель разности тормозных сил на оси.

В качестве примера представлены количественные характеристики эксплуатационных показателей тормозной системы («Правила проведения технического осмотра транспортных средств, №1008 от 05.12.2011»), в частности, переднего тормозного механизма (ТМ) [3, с. 74-103]:

Разность тормозных сил на передней оси	до 20%
Тормозной путь 100-0 км/ч	37 метров
Усилие на педали тормоза до блокировки колёс	до 60 кгс
Максимальное замедление	6 м/с <sup>2</sup>
Температура ТМ для обеспечения эффективного замедления	100°-500°

Базовая методика оценки значения изменения параметрических показателей без ремонтных работ автомобиля или отдельных его систем обеспечивающих функциональную стабильность устанавливает вероятность безотказной ра-

боты автомобиля в диапазоне  $0,99 \leq P \leq 0,8$  и предлагает минимальное значение в пределе 80-ти процентного ресурса автомобиля  $P(T_k) \geq 0,8$  [2, с. 503]. .

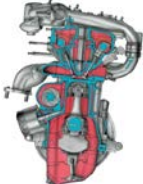





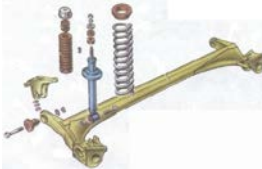
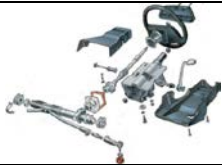

С учётом последовательно-параллельного соединения элементной базы автомобиля фактический ресурс автомобиля можно определить из выражения:

$$P(T_k) = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times [1 - (1 - P_6) \cdot (1 - P_5)]$$

где:  $P(T_k)$  – вероятность безотказной работы отдельных систем и узлов автомобиля до капитального ремонта.

При выполнении ремонтных работ все сборочные единицы и агрегаты автомобиля вводятся в упорядоченный ряд рангов ремонтных затрат, среди которых кузов автомобиля (например: ВАЗ-2112) ( $P_1$ ), при заданном сроке службы  $T_{Ri} = 189000$  км имеет максимальное значение ремонтного ранга  $R_i = 1$ .

**Таблица 1 – Представление систем автомобиля в виде ремонтных рангов**

<b>Двигатель (P<sub>2</sub>)</b> $T_{Ri} = 151200 / R_i = 0,8$	2-система питания	3-система выпуска
		
<b>Трансмиссия (P<sub>3</sub>)</b>		
7-КПП $T_{Ri} = 71820 / R_i = 0,38$	8-сцепление $T_{Ri} = 71820 / R_i = 0,38$	9-приводы колес $T_{Ri} = 94500 / R_i = 0,5$
		
<b>Подвеска (P<sub>4</sub>)</b>		
10-передняя подвеска $T_{Ri} = 56700 / R_i = 0,3$	5-задняя подвеска $T_{Ri} = 71820 / R_i = 0,38$	
		
<b>Система управления (P<sub>5</sub>)</b>		
4-рулевое управление $T_{Ri} = 71820 / R_i = 0,38$	6-тормозная система $T_{Ri} = 56700 / R_i = 0,3$	
		
<b>Электроснабжение и электроника (P<sub>6</sub>)</b>		
11-ЭСУД $T_{Ri} = 9450 / R_i = 0,05$	12-электрооборудование $T_{Ri} = 24570 / R_i = 0,13$	

$$P(T_k) = 0,99 \times 0,99 \times 0,95 \times 0,86 \times [1 - (1 - (0,95 - 0,98)) \cdot (1 - (0,98 - 0,98))] = 0,804$$

Инфограмма структуры последовательно-параллельного соединения элементной базы [2, с.523] автомобиля с фактическим ресурсом представлена на рис.1.

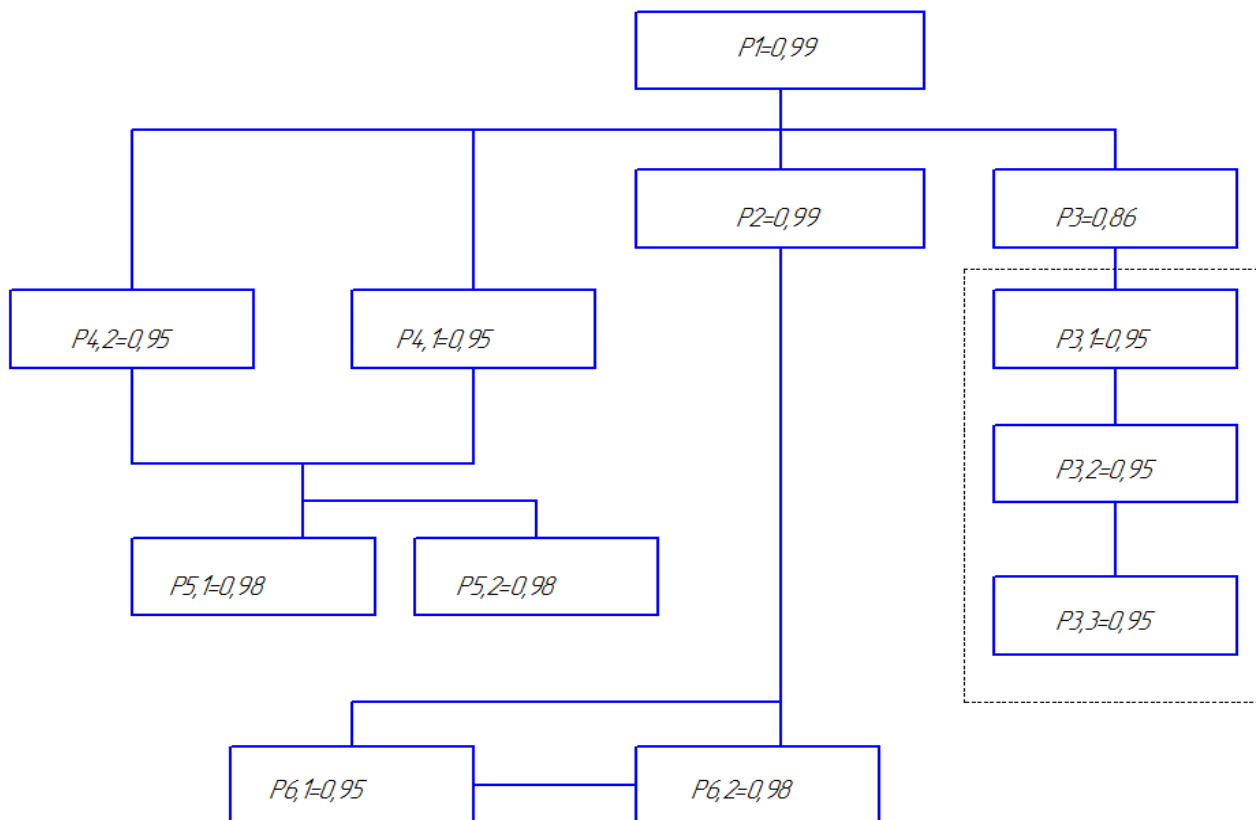


Рисунок 1 – Структурная схема надёжности автомобиля, на примере ВАЗ-2112

При годовом исчислении срока службы автомобиля, определяют интенсивность его эксплуатации. Используя методике осреднения показателей устанавливаем, что при максимальной загруженности интенсивность движения транспортного средства в сутки может составить 6 ч, при этом транспортное средство осуществляя передвижение в условиях города, может двигаться со скоростью 35 км/ч; при движении на автомагистрали – 65 км/ч. За один рабочий день в городских условиях транспортное средство наезжает 210 км, с учётом годового режима 270 рабочих дней:  $270 \cdot 210 = 56700$  км в год, что при заданном ресурсе позволяет определить средней срок службы автомобиля в годовом исчислении:  $216000 / 56700 \approx 4$  года

Как уже отмечалось, осреднение показателей даёт только общее представление о соотношении эффективной эксплуатации автомобиля и времени её реализации, скорее в данном случае речь может идти об идеализации рассматриваемой зависимости, действительной срок эксплуатации значительно длиннее.

**Вывод:**



Базовая методика оценки ресурсных характеристик позволяет получить усредненно-идеализированный результат влияния изменения параметров на функциональную стабильность систем автомобиля при нормальных условиях его эксплуатации.

Большое количество автомобилей продолжают эксплуатировать выполняя сервисные воздействия и ремонтные работы корректируя ресурс автомобиля в целом, не проводя дополнительных расчётов.

С достаточной долей точности можно заключить, что изменение параметрических показателей при различных условиях эксплуатации автомобилей влияет на функциональную стабильность систем в целом, что следует учитывать при установлении остаточного ресурса автомобиля или её систем.

### Библиографический список

1. Дикевич А.В. Взаимосвязь расположения аккумулятора, его ресурса и экологичности / А.В. Дикевич, Н.С. Севрюгина // Автомобиль и электроника. Современные технологии. 2012. № 1 (3). С. 14.
2. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Зорин. – М.: Издательский центр `Академия`, 2009. – 208 с.
3. Руководство по эксплуатации ВАЗ-212, 2011. – 127с.
4. Савлук А.И. Оценка эффективности выполнения сервисных воздействий подвески различных моделей автомобилей / А.И. Савлук, А.В. Манжула, Н.С. Севрюгина // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 129-132.
5. Севрюгина Н.С. Метод оценки дисперсной системы «поверхность трения - моторное масло» в двигателях СДМ /Н.С. Севрюгина, Н.В. Голубенко // Сборник МНТК «Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений» - БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. С. 226-230.
6. Севрюгина Н.С. Совокупность антропометрических характеристик и ремонтной технологичности автомобиля / Н.С. Севрюгина, Ю.С. Уварова, С.В. Латышев // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2013. № 17. С. 138-141.
7. Севрюгина Н.С. Способы повышения плавности хода автомобилей эксплуатируемых в различных дорожных условиях / Н.С. Севрюгина, А.И. Савлук, А.В. Манжула // Сборник МНТК «Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений» - БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. С. 231-235.
8. Севрюгина Н.С. Технологический процесс разработки калибровок программного обеспечения / Н.С. Севрюгина, Е.А. Волков, Е.П. Литовченко // Автомобиль и электроника. Современные технологии. 2013. № 1 (4). С. 28-31.
9. Чайковский, В.А. Эксплуатация саморегулирующегося сцепления / В.А. Чайковский, С.В. Дорохин, Е.В. Снятков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. - № 1. - С. 160-163.
10. Sevrjugina N.S. The Solution of Applied Problems of Optimization of Stability of system "Environment-Man-Technics" / N.S. Sevrjugina, S.B. Melikhova, E.A.I. Volkov // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. №. 3. P. 200-207. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n3p200>.

© Дикевич А.В, Селютин В.В., Севрюгина Н.С., 2015

**Доценко Д.М.**

аспирант кафедры ДВС Луганского государственного университета имени Владимира Даля, ЛНР

**Dotsenko D.**

Post-graduate student of the Internal combustion engine of Lugansk State University named after Vladimir Dal, LNR

**Сторчеус Ю.В.**

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ДВС Луганского государственного университета имени Владимира Даля, ЛНР

**Starcheous Yu.**

Ph.D., assistant professor, Head of the Internal combustion engine of Lugansk State University named after Vladimir Dal, LNR

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ НАДДУВА С ТРАНСФОРМАТОРАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ IMPROVING THE RELIABILITY OF THE SUPERCHARGING SYSTEM WITH ENERGY TRANSFORMERS FOR TRANSPORT DIESELS

Ключевые слова: система наддува, надёжность, каскадный трансформатор энергии, коэффициент загромождения.

Keywords: pressurization system, reliability, a cascade transformer energy, blockage factor.

В статье изложены результаты расчетно-экспериментальных исследований влияния режимных и конструктивных параметров системы наддува на базе каскадного трансформатора энергии на характеристики и надёжность работы транспортных дизелей. Проанализированы факторы, влияющие на эффективность работы системы наддува комбинированного двигателя. Предложены пути расширения области эффективной работы рассмотренных систем наддува.

The article presents the results of computational and experimental studies of the effect of operating and design parameters of the system on the basis of the boost transformer cascade energy performance and reliability characteristics of diesel vehicles. The factors affecting the performance of the combined engine turbocharging. Ways of expanding the area of effective operation of the systems considered turbocharging.

**Постановка проблемы.** Значительную часть перевозочной работы осуществляют транспортные средства, на которых в качестве силовой установки применяют дизели с газотурбинным наддувом (ГТН). Применение газотурбинного наддува позволило увеличить удельную мощность КДВС, и улучшить его экономичность на номинальном режиме. Однако, несмотря на все свои положительные свойства, системы ГТН обладают рядом недостатков, особенно проявляющихся при эксплуатации транспортных установок в условиях частой смены режимов эксплуатации.

С другой стороны – в последнее время проявляется всё больший интерес к форсированию двигателей наддувом посредством приводных объемных нагнетателей. Преимущества механического наддува (МН) относительно ГТН заключаются в практически неизменном давлении наддува во всем диапазоне

режимов работы ДВС, в том числе и в области минимальных частот вращения коленчатого вала, а также отсутствию пульсации давления наддува на переходных режимах работы двигателя. Двигатели с приводным объемным компрессором невосприимчивы к увеличению противодействия выпуску, характерным для КДВС с ГТН.

Таким образом, для обоих способов форсирования ДВС пока не удается избежать проблемных моментов: неблагоприятная характеристика переходного процесса, обусловленная высокой инерцией ротора турбокомпрессора, и возможность возникновения помпажа на режимах малых нагрузок существенно снижают эффективность ГТН, а необходимость привлечения дополнительной мощности для приводных компрессоров ведёт к перерасходу топлива в дизелях с МН.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Одно из направлений улучшения характеристики комбинированных двигателей связано с использованием агрегатов непосредственного взаимодействия газоздушных сред (трансформаторов энергии), реализующих прямое преобразование энергии движущегося потока в потенциальную энергию давления [1, с. 570].

Классификация разновидностей трансформаторов энергии и устройств на их основе представлена на рисунке 1.

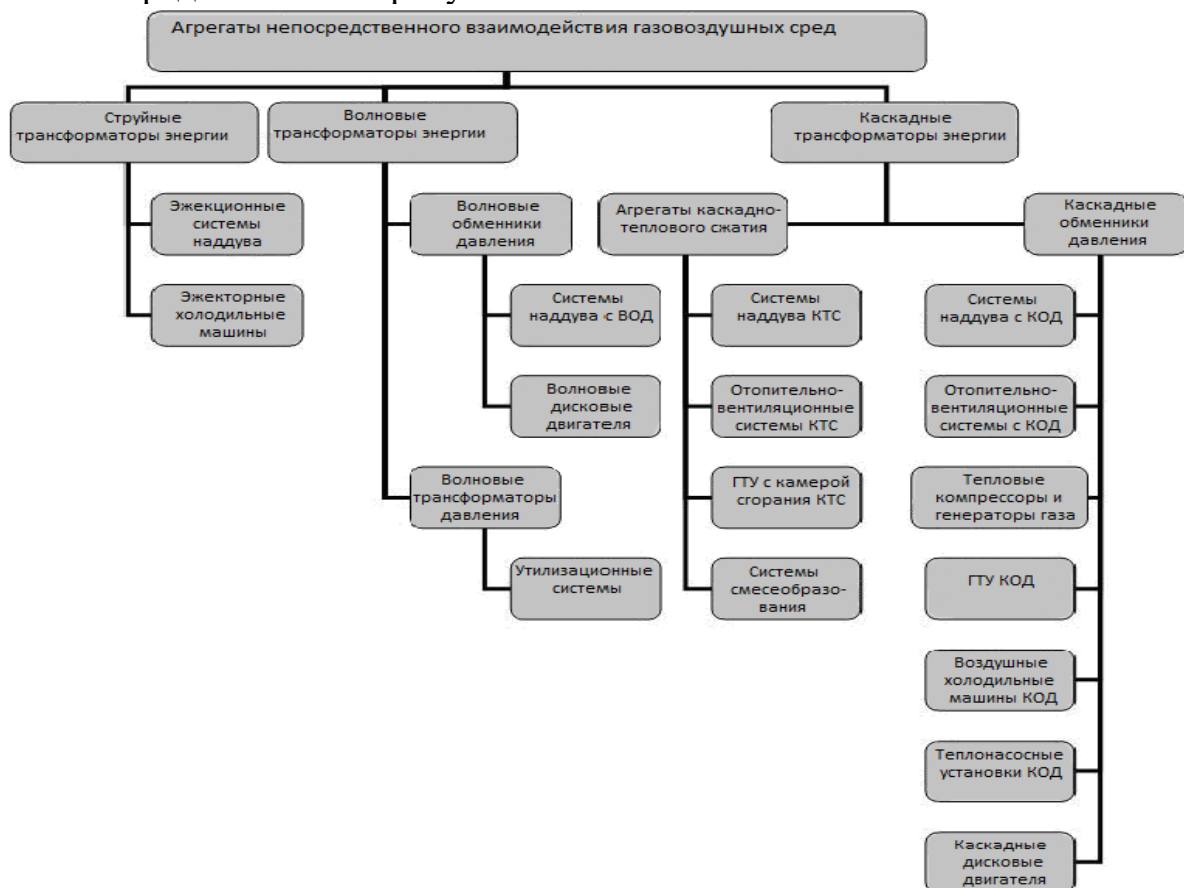


Рисунок 1 – Классификация трансформаторов энергии

Для организации в потоках газоздушных сред волновых процессов с заданными свойствами применяются различные акустические устройства впускных и выпускных трактов двигателей [2, с. 28]. Успехи в развитии таких

устройств привели к появлению обширного класса газодинамических систем наддува, наиболее эффективными из которых оказались волновые обменники давления (ВОД) [3, с. 58].

Существенный резерв улучшения показателей транспортных дизелей может быть достигнут применением устройств каскадного энергообмена для сжатия газозвудушных сред в рабочем цикле установки.

Такое сжатие, в частности, реализуют каскадные обменники давления (КОД), представляющие собой новое поколение обменников давления с преимущественно статическим характером прямого взаимодействия сжимающей и сжимаемой сред [4, с. 103].

Рабочий цикл КОД, разработанный на кафедре ДВС Далевацкого университета под руководством проф. А.И.Крайнюка, отличается высоким КПД (до 85...87%) и нечувствительностью к удалению эксплуатационного режима от расчётных условий [5, с. 70].

Одно из ключевых достоинств КОД заключается в значительном превышении расхода сжимаемого воздуха относительно сжимаемой среды.

**Цель.** Целью работы является установление закономерностей влияния режимных и конструктивных параметров на характеристики системы наддува транспортных комбинированных двигателей.

**Результаты исследований.** Особенностью рабочего процесса КОД является квазистационарное течение рабочих тел, отличающееся формированием волн малой интенсивности, что обуславливает сниженную диссипацию энергии рабочих тел по сравнению с подобными физическими явлениями в ВОД, что обеспечивает высокий индикаторный КПД цикла каскадного обменника, достигающий значений 0,81-0,86 [6, с. 79]. Кроме того, номинальная частота вращения ротора каскадного обменника давления составляет 2000-3000 мин<sup>-1</sup>, что в несколько раз ниже чем у волнового [7, с. 94]. Также следует отметить меньшую чувствительность КОД к отключению режимных параметров от расчётных значений.

Одна из перспективных схемных решений системы наддува с КОД представлена на рисунке 2.

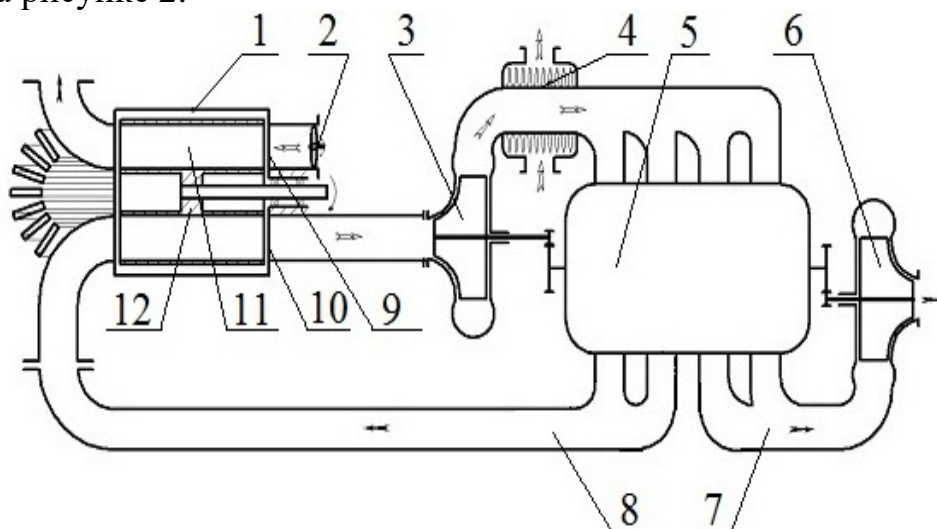


Рисунок 2 – Система наддува дизеля с каскадным обменником давления

Система наддува работает следующим образом. Воздух из атмосферы засасывается продувочным вентилятором 2 и поступает через окно 9 подвода низкого давления (ПНД) в ячейки 11 ротора 12 обменника 1, продувая их от отработавших газов.

Затем в процессе каскадного массообмена свежий воздух ступенчато сжимается горячим газом, поступающим в ячейки ротора из выпускного коллектора 8 двигателя 5. Окончательно сжатый в КОД воздух отводится из ячеек через окно 10 отвода высокого давления (ОВД) во всасывающую линию циркуляционного лопаточного компрессора 3, после чего подаётся в охладитель 4 наддувочного воздуха и далее поступает в цилиндры дизеля.

Следует отметить, что основным агрегатом сжатия в данной системе наддува является каскадный обменник, в то время как лопаточный компрессор выполняет функцию вспомогательного агрегата сжатия, обеспечивающего не основное нагнетание наддувочного воздуха в цилиндры, а лишь создающего необходимый перепад давления между впускным и выпускным клапаном, что обеспечивает циркуляцию рабочих тел в контуре высокого давления. Для снижения затрат механической энергии на сжатие воздуха в поршневой части КДВС, а также для увеличения массы рабочего тела, поступающего в цилиндры, применяется охладитель 4.

Немаловажным достоинством рассмотренной схемы является тот факт, что наддув дизеля может осуществляться за счёт внутренней энергии отработавшего газа лишь половины числа цилиндров. При этом горячий газ из второй половины числа цилиндров поступает через выпускной коллектор 7 в силовую турбину 6, развивающую дополнительную мощность на валу двигателя [8, с. 225].

Основная доля внутренних затрат механической энергии приходится на привод циркуляционного лопаточного компрессора и продувочного вентилятора, которые в достаточном диапазоне нагрузочных и скоростных режимов работы КДВС могут быть покрыты мощностью силовой турбины.

На первом этапе проектирования создаваемой для транспортного двигателя системы наддува с использованием каскадного обменника давления как основного агрегата, является выбор геометрических и режимных параметров, обеспечивающих требуемую расходную характеристику поршневой части двигателя во всём диапазоне скоростных и нагрузочных режимов эксплуатации при удовлетворительном качестве переходных процессов. В дальнейшем по уточнённым моделям рабочего процесса КОД [9, с. 102] и ДВС производится поиск режимов их совместной работы.

Изложенная в работах [10, с. 84] методика выбора параметров КОД предполагает в качестве исходных данных принимать мощность, частоту вращения коленчатого вала ДВС, давление наддува, обеспечивающее номинальную мощность двигателя. К основным геометрическим параметрам обменника, подлежащих исследованию относятся площади окон отвода высокого давления  $F_{овд}$ , подвода низкого давления  $F_{пнд}$ , а также углы раскрытия окон ОВД и ПНД, площадь торца, длина и частота вращения ротора, число ячеек и массообменных

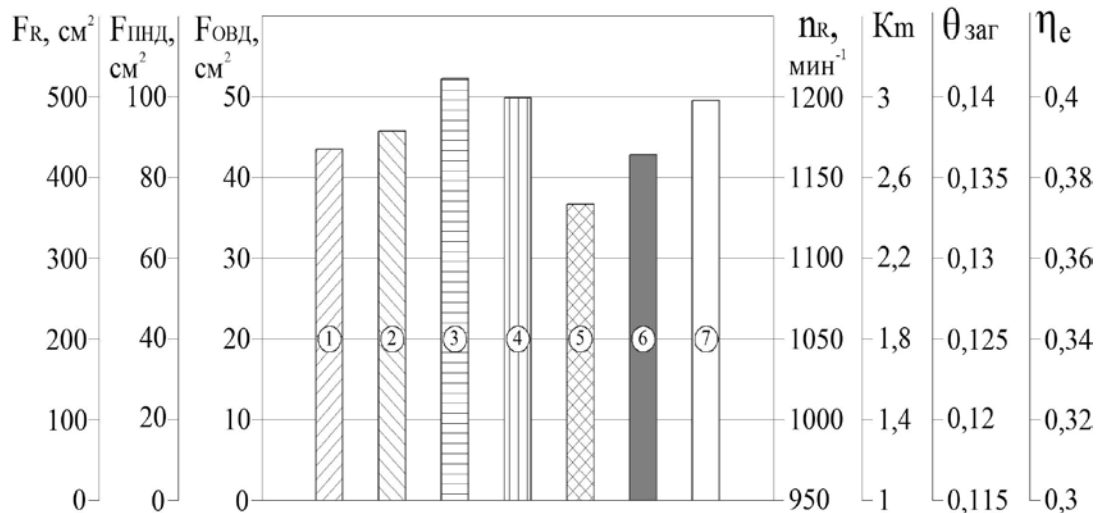
каналов статора, коэффициент загромождения проточной части ротора перегородками ячеек.

Рассмотрим характер влияния различных конструктивных параметров на примере транспортного дизеля 6ЧН 12/14, при номинальной мощности 110 кВт и частоте вращения коленчатого вала  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ , являющихся характерными для широкого класса дизелей, применяемых в сельскохозяйственных машинах в качестве тракторных и комбайновых силовых установок.

При выборе параметров принимались следующие исходные данные: длина ротора 200 мм, внутренний диаметр ротора 80 мм, число ячеек ротора 50, толщина перегородок ячеек ротора 1,5 мм, степень повышения давления 1,6.

Одним из факторов, определяющим образом сказывающих на эффективности работы, как самого каскадного обменника, так и системы наддува в целом, является коэффициент загромождения - отношение суммарной площади торцов перегородок ротора к площади торца ротора. В первом приближении данный параметр принимается в пределах, определённых опытным путём:  $\theta_{\text{заг}} = 0,1 \dots 0,2$ , а затем уточняем методом итераций [3].

Результаты выбора рациональных параметров КОД в составе системы наддува представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Режимные и конструктивные параметры системы наддува:**

1 – площадь окна ОВД; 2 – площадь окна ПНД; 3 – площадь торца ротора КОД; 4 - частота вращения ротора КОД; 5 – коэффициент умножения обменника; 6 – коэффициент загромождения проточной части ротора; 7 – эффективный КПД дизеля.

Из приведенной гистограммы видно, что КОД, как основной агрегат наддува, имеет сравнительно небольшие габаритные размеры (длина ротора 200 мм, площадь торца ротора  $522 \text{ мм}^2$ ). При этом номинальная частота вращения ротора КОД составляет  $1200 \text{ мин}^{-1}$ , что существенно ниже, чем у ВОД или турбокомпрессоров. Также следует отметить, что на номинальном режиме коэффициент умножения составляет 2,47, что обеспечивает возможность осуществления наддува всех цилиндров дизеля за счёт энергии отработавших газов половины цилиндров.

Возможным направлением снижения затрат механической энергии на осуществление наддува является применение КОД в качестве множителя рас-

хода воздуха, нагнетаемого компрессором относительно небольшой производительности. В качестве энергетического источника умножения расхода наддувочного воздуха служит «сбросная» теплота отработавших газов. Такой подход позволяет существенно уменьшить размерность, а значит и энергозатратность приводного компрессора, сохраняя благоприятную характеристику механического наддува.

**Выводы.** 1. Высокая энергетическая эффективность каскадных обменников давления, проявляющаяся в значительном превышении расхода нагнетаемого воздуха относительно расхода сжимающих газов, раскрывает перспективу создания систем наддува с качественно новыми показателями воздухообеспечения транспортных двигателей в широком диапазоне эксплуатационных режимов.

2. Применение разработанной системы наддува обеспечивает увеличение коэффициента приспособляемости по крутящему моменту в среднем на 10% при одновременном росте эффективного КПД дизеля по скоростной характеристике на 3 – 5 %, и снижении удельного эффективного расхода топлива на 3,4%.

#### Библиографический список

1. Hermann, R. Erfahrungen mit der Zweistufen-Aufladung am SEMT-Pielstick-Motor PA 4-200 / R. Hermann // MTZ Motortechnische Zeitschrift. – 1979. – № 12. – P. 569–572.
2. Горожанкин С.А. Утилизация теплоты отработавших газов газотурбинной установки с помощью двигателя Стирлинга [Текст] / С.А. Горожанкин, А.В. Чухаркин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. -2015. - Т. 2. № 1.- С. 27-32.
3. Волновые обменники давления в системах наддува двигателей внутреннего сгорания: монография / [А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус, В. П. Левчук и др.]; под ред. Ю. В. Сторчеуса. – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2013. – 155 с. – ISBN 978-617-579-639-9.
4. Крайнюк А. И. Системы газодинамического наддува: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус. – Луганск: ВУГУ, 2000. – 224 с. – ISBN 966-590-102-8.
5. Сторчеус Ю. В. Научная деятельность кафедры ДВС ВНУ им. В. Даля / Ю. В. Сторчеус // Двигатели внутреннего сгорания: сб. науч. тр. / НТУ «ХПИ». – Х., 2011.- №1. – С. 68-72.
6. Сторчеус Ю. В. Каскадные трансформаторы энергии: монография /Ю. В. Сторчеус . – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2013. – 200 с. – ISBN 978-617-579-708-2.
7. Крайнюк А. И. Исследования физической сущности процессов трансформации энергии на принципах каскадно-теплового сжатия: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус ; [отв. ред. Ю. В. Сторчеус]. – Луганск : изд-во «Ноулидж», 2012. – 118 с. – ISBN 978-617-570-597-2.
8. Starcheous Yuri. Assessment of efficiency of cascade power machines of locomotives / Yuri Starcheous, Oleg Voronov, Alexander Kovtun // ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszow, 2013. – Vol. 13, №3. – P. 223 - 228.
9. Сторчеус Ю. В. Використання принципів каскадного енергообміну у автотракторному дисковому двигуні / Ю. В. Сторчеус // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. - №29 (1002). – С. 100 – 105.
10. Сторчеус Ю. В. Застосування агрегатів каскадного теплообміну для поліпшення енергоспоживання у транспортних силових установках / Ю. В. Сторчеус // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». - 2014. - №8 (1051). – С. 84 – 88.

© Доценко Д.М., Сторчеус Ю.В., 2015

**Ковалев И.С.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

**Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

**Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

**Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novochoerkassk, Russia

**АКУСТИЧЕСКИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТВЕРДОСТИ**

**ACOUSTIC ULTRASONIC HARDNESS TESTER**

Ключевые слова: ультразвук, измерение твердости, твердомер, акустические методы, метод натурно-модельных испытаний.

Keywords: ultrasound, hardness measurement, hardness, acoustic methods, the method of natural-model tests.

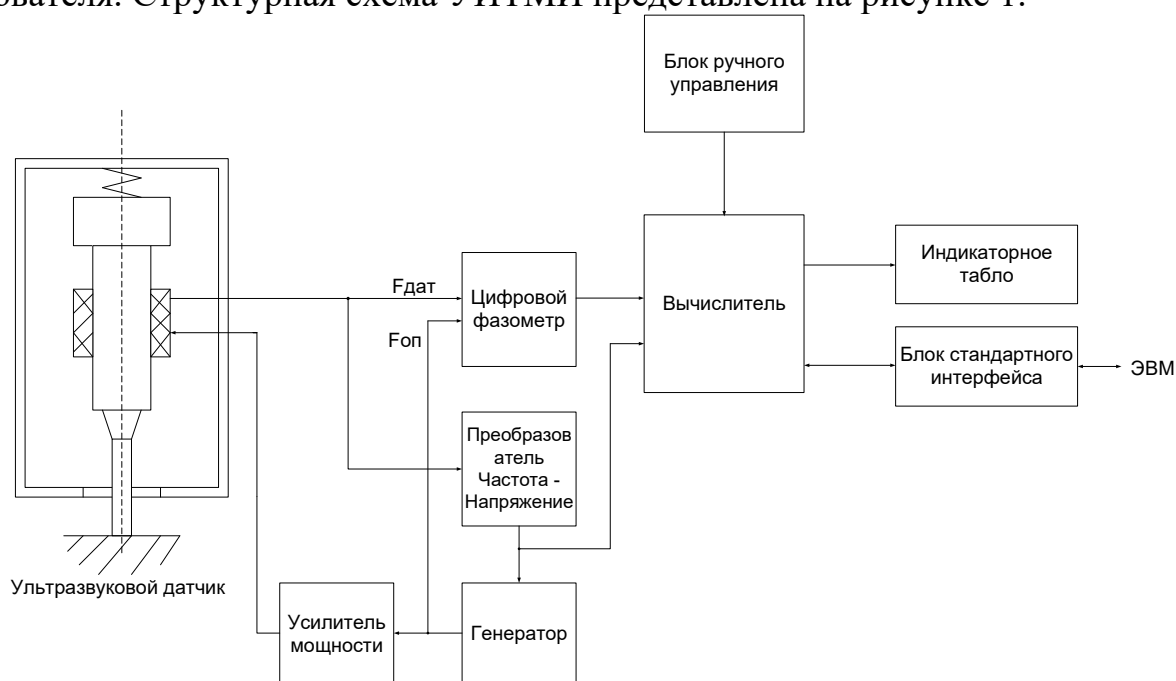
Описан метод измерения твердости крупногабаритных изделий ультразвуковым методом. Приведена структурная схема прибора. Ультразвуковой метод измерения твердости позволяет осуществлять разбраковку материалов по упругим свойствам, а так же проводить экспресс-контроль.

A method for measuring the hardness of large products ultrasonic method. The block diagram of the device. Ultrasonic method of measuring the hardness allows grading of the elastic properties of the materials, as well as to conduct a rapid control.



В ходе диагностики электротехнических устройств ЭУ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] выявляются дефекты, возникшие не в процессе работы устройства, а при их изготовлении. В связи с этим необходимо измерять характеристики, определяющих качество металлических изделий, входящих в состав ЭУ, до окончательной сборки. Наиболее подходящей характеристикой в нашем случае является твердость материала.

Для определения твёрдости в поверхность материала с определённой силой вдавливается тело (индентор). По размерам получаемого на поверхности отпечатка судят о твёрдости. Когда контролируемое изделие является крупногабаритным и его нельзя поднести к прибору, а вырезка фрагмента из изделия для последующего измерения твердости приводит к порче всего изделия применение "классических" твердомеров проблематично. Чтобы избежать этих недостатков, измерения осуществляют ультразвуковым методом. Этот метод основан на измерении относительных изменений механического импеданса колебательной системы преобразователя в зависимости от механических свойств поверхности образца. Преобразователь представляет собой стержень из магнитострикционного материала, на конце которого укреплен индентор в виде алмазной призмы. Стержень с индентором прижимают к объекту с постоянной силой. При этом индентор внедряется в поверхность изделия тем глубже, чем меньше твёрдость его материала. Площадь зоны соприкосновения индентора с изделием с уменьшением твёрдости растёт, а модуль упругого сопротивления увеличивается. Изменение импеданса определяют по изменению собственной частоты нагруженного преобразователя. Структурная схема УИТМИ представлена на рисунке 1.

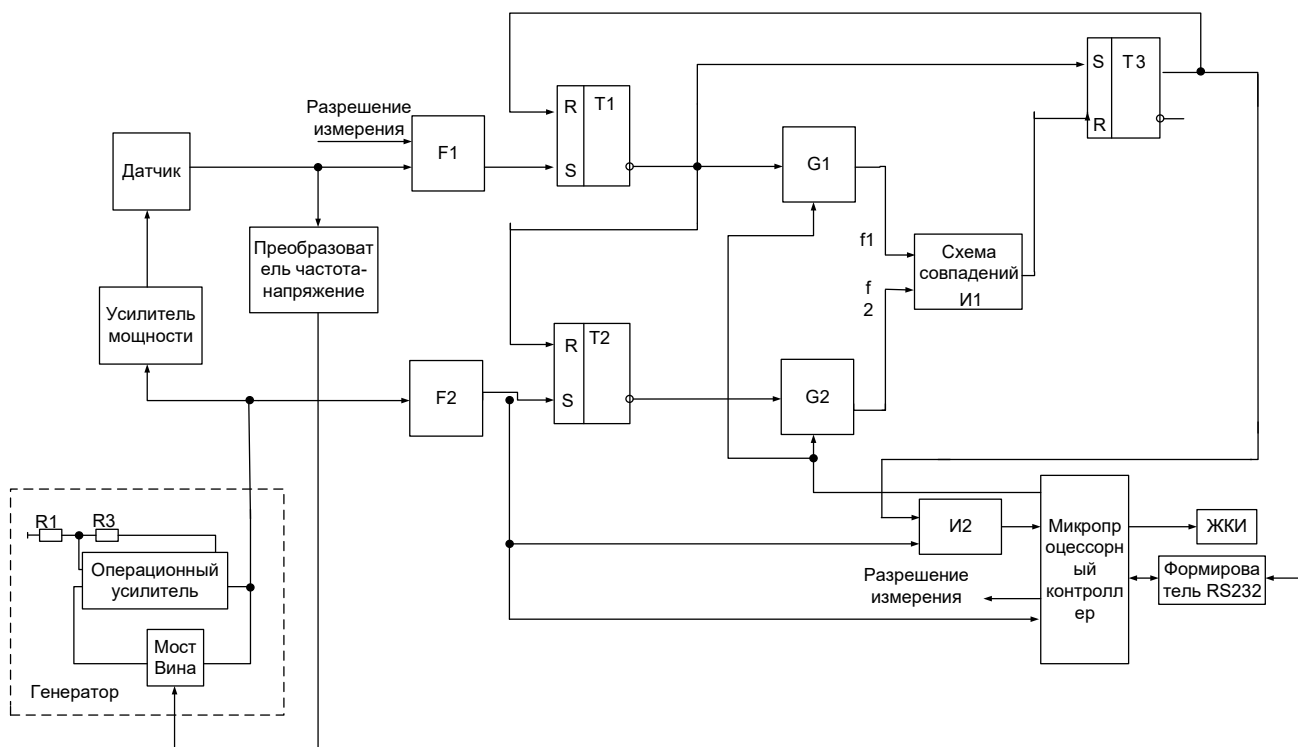


**Рисунок 1 – Структурная схема УИТМИ**

Она содержит: ультразвуковой датчик; задающий генератор; усилитель мощности; преобразователь частота-напряжение, предназначенный для

настройки задающего генератора на резонансную частоту преобразователя; цифровой фазометр для измерения сдвига фазы выходного сигнала преобразователя относительно сигнала задающего генератора в процессе измерения; вычислитель, обеспечивающий измерение частоты и фазы преобразователя, преобразования их в единицы твердости материала, и управление работой прибора; блоки ручного управления и индикаторное табло; блок интерфейса.

Функциональная схема измерителя твердости представлена на рисунке 2. Принцип ультразвукового преобразователя основан на зависимости сдвига фаз между тестовым гармоническим сигналом на резонансной частоте и сигналом с выхода пьезоприемника индентора, который зависит от комплексной нагрузки на контролируемое изделие. Замкнутый контур поддержания автогенераторного режима электроакустического преобразователя твердости на резонансной частоте устроен следующим образом. Гармонический сигнал с высокочастотного управляемого генератора поступает на усилитель мощности, где усиливается и подается на пьезовозбудитель. Сигнал с пьезоприемника усиливается и подается на схему автоподстройки частоты генератора, которая поддерживает резонансную частоту автоколебаний индентора на незатухающем уровне. Это осуществляется следующим образом.



**Рисунок 2 – Функциональная схема измерителя твердости металлических изделий**

Измерительный сигнал с пьезоприемника, усиленный предварительным усилителем, поступает на вход преобразователя частота – напряжение (ПНЧ). Управляющее напряжение с выхода ПНЧ используется для подстройки высокочастотного управляемого генератора. В режиме измерения сигнал пьезоприемника, с входа предварительного усилителя поступает на вход

частотомера, измеряющего резонансную частоту автоколебаний индентора. Далее сигнал поступает на вход АЦП. Цифровой код от АЦП поступает на микроконтроллер.

Кроме этого, измерительный сигнал с пьезоприемника поступает на первый вход фазометра. На второй вход фазометра подается сигнал с выхода генератора. Фазометр преобразует сдвиг фаз между этими сигналами в интервал времени, измерение которого осуществляет микроконтроллер при помощи таймера-счетчика. Микропроцессорный контроллер формирует показания полученных твердости и модуля упругости на цифровой индикатор и при необходимости передаются через интерфейс RS232 в персональный компьютер для документирования.

Ультразвуковой измеритель твердости металлических изделий представляет собой переносной микропроцессорный прибор для измерения твердости и разбраковки материалов по упругим свойствам и позволяет проводить экспресс-контроль как в лабораторных, так и цеховых условиях.

#### **Библиографический список**

1. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.
2. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
3. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.
4. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.
5. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. - № 1. - С. 62-66.
6. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Решение обратной задачи метода гармонического баланса // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 4-й научно-практической internet-конференции. Ульяновск, 2014. С. 117-122.
7. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>.
8. Lankin A.M., Lankin M.V Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance// The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.
9. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольнов О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-5. С. 1005-1009.
10. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Метод измерения вебер – амперной характеристики базирующийся на решении обратной задачи МГБ // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 167.

**Козин А.А.**

Аспирант 1 года обучения

кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

Тульского государственного университета, РФ

**Хмелев Р.Н.**

д.т.н., проф. кафедры

«Автомобили и автомобильное хозяйство»

Тульского государственного университета

Российская Федерация

**Kosin A.A.**

first year postgraduate student

department of «cars and

automobile economy»

Tula State University

**Khmelev R.N.**

professor of «Automobiles and»

automobile industry, Tula State

University, Russian Federation

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **SIMULATION OF FAULTS IN AUTOMOTIVE ENGINES**

Ключевые слова: имитационное моделирование, диагностика, автомобильный двигатель, неисправность.

Keywords: simulation modeling, diagnostic, automotive engine, defect.

Современный этап теоретических исследований в автомобилестроении характеризуется широким использованием математических моделей, сложность которых постоянно возрастает. Математическая имитационная модель позволяет получить обширный статистический материал по изменению показателей рабочих процессов, как агрегатов автомобиля, так и автомобиля «в целом» при возникновении неисправностей или отказов.

The modern stage of theoretical research in the automotive industry are characterized by extensive use of mathematical models, the complexity of which is constantly who will melt. Mathematical simulation model allows to obtain an extensive statistical material on changes in the numbers of working processes, as vehicle and car "as a whole" in the event of malfunctions or failure.

Одним из важнейших условий поддержания на высоком уровне эффективности и надёжности автомобиля является своевременное обнаружение и предупреждение отказов, возникающих в процессе эксплуатации.

Годовая производительность автомобилей к концу срока службы снижается по сравнению с первоначальной, снижается безопасность конструкции автомобилей. За срок службы автомобиля расходы на его техническое обслуживание и ремонт превосходят первоначальную стоимость. Поэтому важным направлением при эксплуатации автомобилей является точная и достоверная прогнозная оценка основных показателей надёжности деталей.

Техническое диагностирование является составной частью технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей и представляет собой процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью.

В настоящее время основной энергетической установкой на автомобильном транспорте являются поршневые двигатели внутреннего сгорания (ПДВС) [6, с. 14].

В практике диагностирования автомобильных двигателей широко используются как стационарные методы диагностики, так и бортовые:

Существующие методы делятся на следующие группы:

- тормозной метод диагностики - осуществляется на стационарном тормозном стенде с беговыми барабанами, на котором осуществляют функциональное диагностирование двигателя по таким диагностическим параметрам, как эффективная мощность и удельный расход топлива [2, с. 665]

- парциальный и дифференциальный метод диагностики – для диагностики используются различные переносные приборы или их совокупность в виде передвижных или переносных стендов типа мотор-тестер, автотестер. Методы основаны на выключении из работы отдельных цилиндров [2, с. 666].

- метод разгона двигателя – используется при проверке мощностных показателей двигателя. Метод основан на разгоне двигателя до максимальной частоты вращения холостого хода при резком увеличении подачи топлива [2, с. 668].

- метод спектрального анализа масла – при анализе состава масла основным методом определения содержания металлов и других элементов является спектрофотометрия. Спектральный анализ работающего масла позволяет сделать как количественную, так и качественную оценку развивающегося дефекта в трущейся паре [2, с. 668].

- виброакустический метод. Ударные импульсы вызывают структурный шум, который распространяется при работе двигателя в его деталях в виде упругих колебаний – вибрации. Поэтому исследование вибрации, являющейся характеристикой технического состояния сочлененных деталей двигателя и его систем, является основой виброакустического метода диагностирования [2, с. 670; 11, с. 397].

- анализаторы параметров двигателя – анализатор снимает и обрабатывает индикаторную диаграмму в цилиндрах двигателя с целью проверки их технического состояния [2, с. 670].

- метод оптического индицирования – может быть применим для контроля частоты вращения коленчатого вала, угла опережения подачи и качества впрыскивания топлива в цилиндр [2, с. 671].

Среди перечисленных методов диагностирования наиболее перспективными являются функциональные методы диагностики, к которым относятся: метод оптического индицирования, парциальный и дифференциальный метод диагностики, диагностика с применением анализаторов параметров двигателя.

Современный этап теоретических исследований в автомобилестроении характеризуется широким использованием математических моделей, сложность которых постоянно возрастает [1, с. 2]. Введение в процесс диагностирования методов компьютерного моделирования способно значительно снизить материальные затраты и трудоемкость, по сравнению с традиционными методами диагностики [3, с. 4; 4, с. 3].

Математическая имитационная модель позволяет получить обширный статистический материал по изменению показателей рабочих процессов, как агрегатов автомобиля, так и автомобиля «в целом» при возникновении неис-

правностей или отказов. Полученная информация может быть использована для установления закономерностей влияния показателей рабочих процессов на диагностические параметры при возникновении неисправностей или отказов.

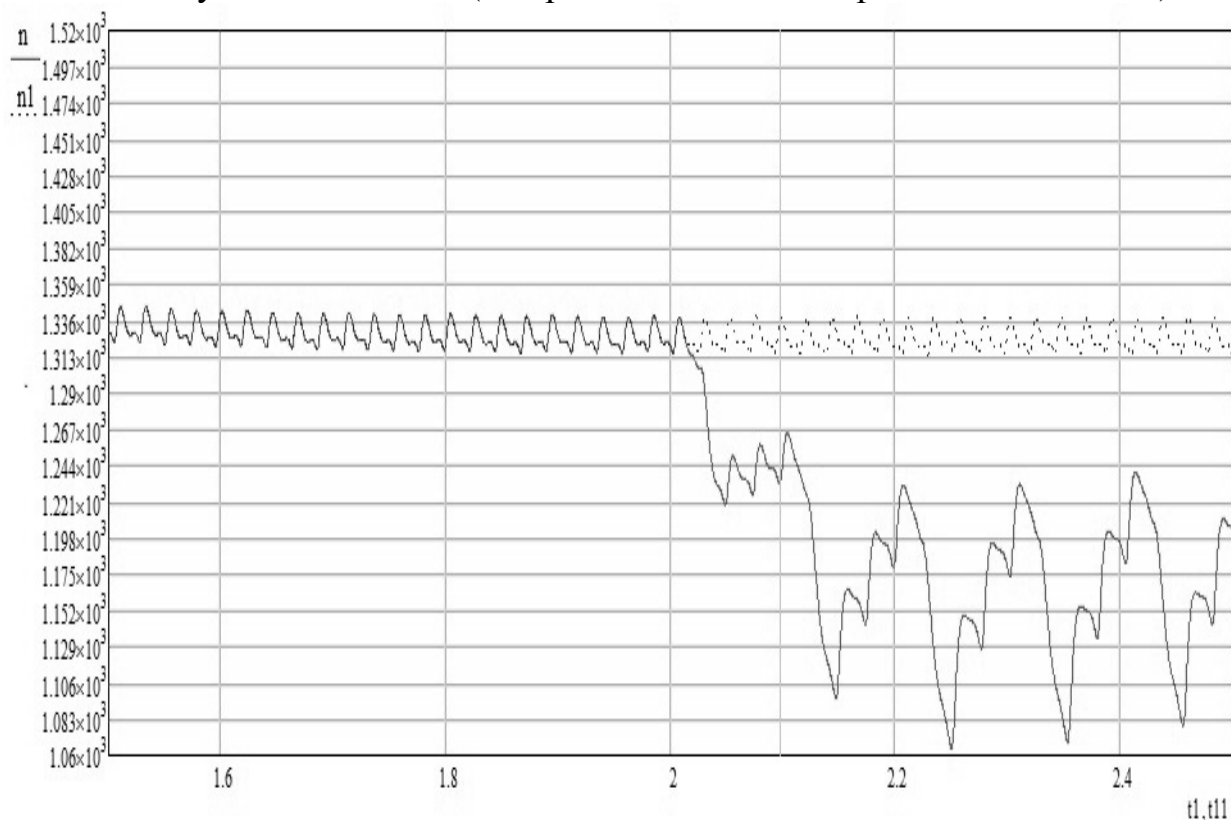
В данной работе выполнено усовершенствование математической модели и программного комплекса [5, с. 209; 8, с. 46; 7] с целью имитационного моделирования основных неисправностей двигателя, получения необходимой статистической информации и ее дальнейшего использования в системе диагностирования.

Предложенная математическая модель позволяет исследовать как установившиеся, так и переходные режимы работы автомобильных двигателей, которые в городских условиях составляют до 95 % общего времени работы [10, с. 24].

Математическая модель разработана на основе тепломеханики [9, с. 156], включает 14 дифференциальных уравнений и реализована средствами языка программирования TMT Pascal [12, с. 99] при значениях конструктивных параметров легкового автомобиля ВАЗ-2106.

Основные результаты имитационного моделирования неисправностей на приведены на рис. 1-3.

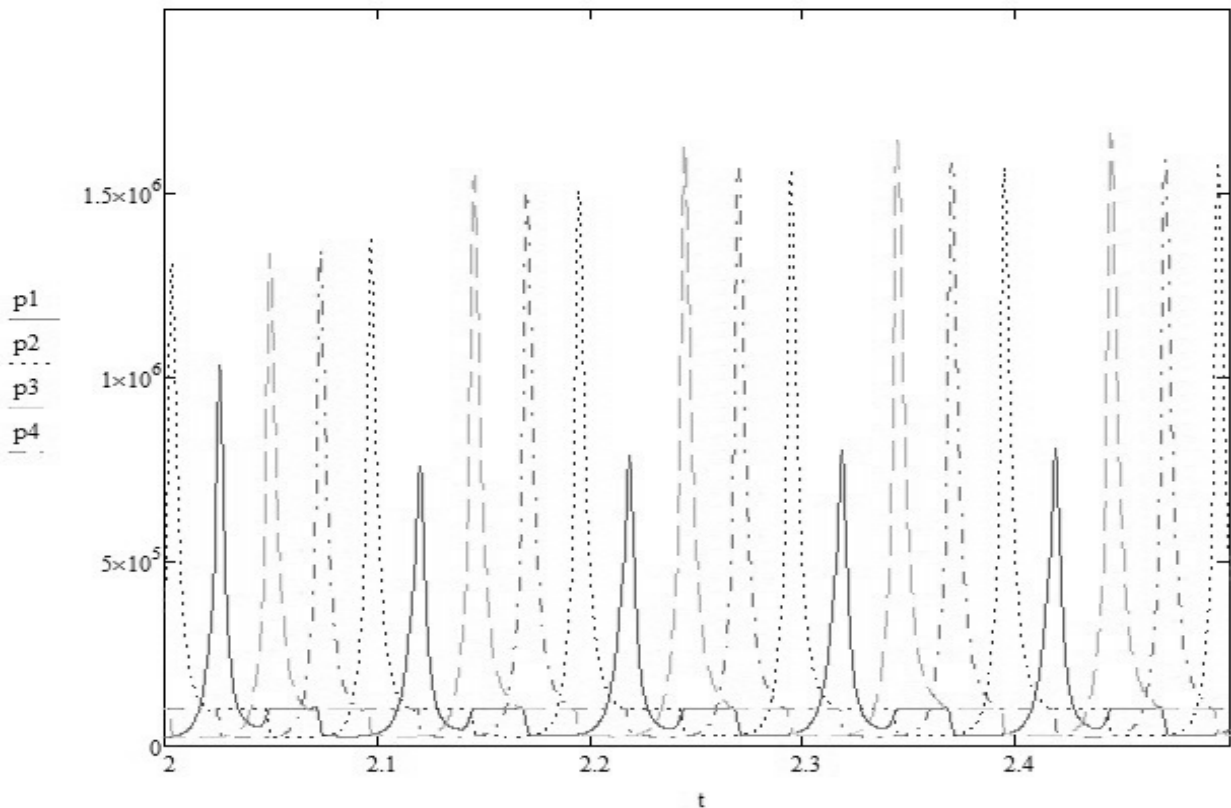
На рис. 1 представлены результаты моделирования процесса возникновения неисправности в работе автомобильного двигателя, связанной с негерметичностью впускного клапана (зазор 3% от площади проходного сечения).



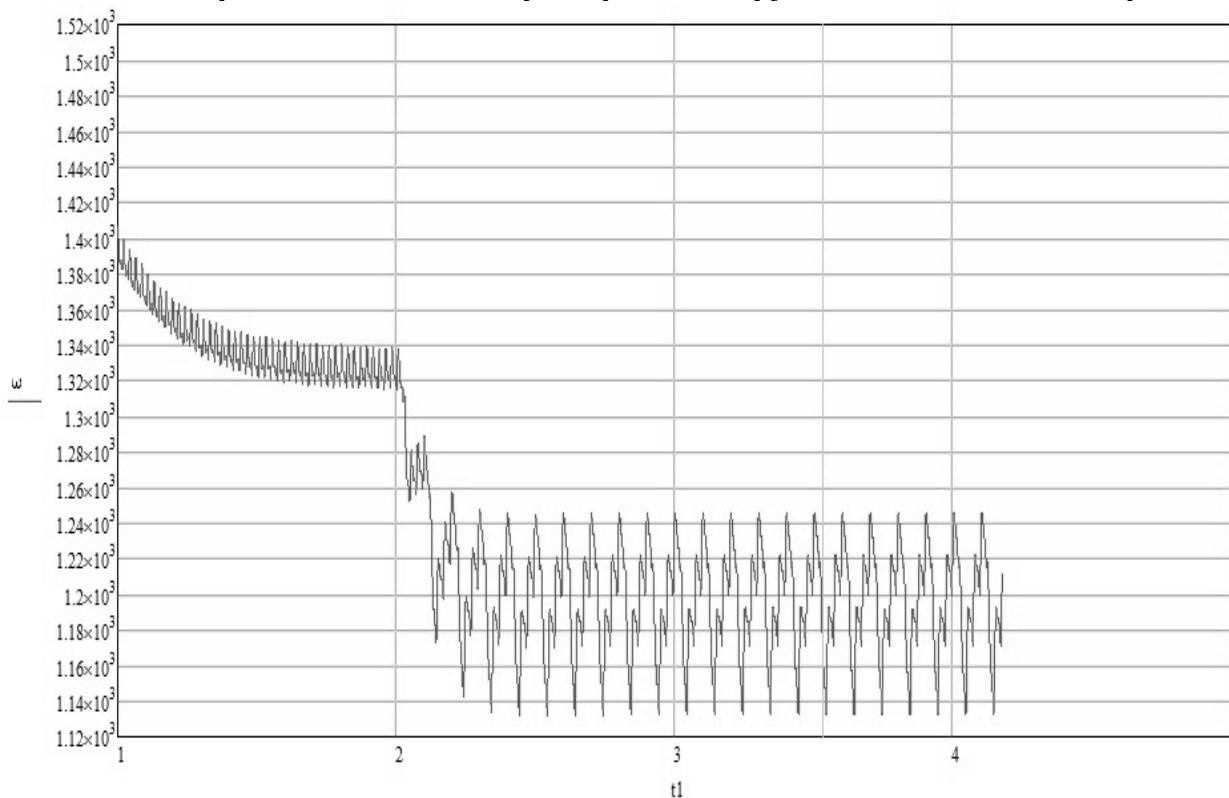
**Рисунок 1 - Графики угловой скорости вращения коленчатого вала исправного двигателя и при наличии негерметичности газораспределительного механизма**

На рис. 2 - 3 представлены результаты моделирования негерметичности цилиндра-поршневой группы.

Имитация данной неисправности моделируется изменением зазора между поршнем и цилиндром, выраженном в процентном соотношении от площади поршня (0,25 %).



**Рисунок 2 - График изменения давлений рабочего цикла 4-х цилиндров при моделировании негерметичности цилиндро-поршневой группы в одном из цилиндров**



**Рисунок 3 - График изменения частоты вращения при моделировании негерметичности цилиндро-поршневой группы (зазор 0,25%).**

Предложенное математическое и программное обеспечение позволяет выполнить анализ работы автомобильного двигателя на всех режимах его функционирования (в том числе и аварийных), а так же возможность фиксировать результаты за короткие временные интервалы. Это позволяет установить закономерности влияния изменения основных конструктивных параметров двигателя на показатели его рабочих процессов.

Важной для практики особенностью предложенного подхода является существенное сокращение материальных и временных затрат, связанных с экспериментальными исследованиями характера неисправностей различных автомобильных двигателей и накоплением соответствующей статистической информации.

### Библиографический список

1. Kuleshov A.S., Kozlov A.V., Khamid Mahkamov. Self-Ignition delay Prediction in PCCI direct injection diesel engines using multi – zone spray combustion model and detailed chemistry // SAE Technical Papers. – 2010. - № 2010-01-1960. – P. 1-18. DOI: 10.4271/2010-01-1960.
2. Машиностроение. Энциклопедия. Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14 / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. М.: Машиностроение, 2013. 784 с.
3. Обозов, А.А. Разработка теоретических основ и средств повышения эффективности систем технического диагностирования малооборотных дизелей: автореф. ... канд. техн. наук: 05.04.02/ А. А. Обозов. – Брянск, 2010. - 38 с.
4. Таричко, В.И. Методические основы совершенствования технического диагностирования двигателей внутреннего сгорания: автореф. ... канд. техн. наук: 05.04.02/ В. И. Таричко. – Москва, 2013. - 19 с.
5. Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Разработка и исследование динамической модели автомобиля // Материалы МНПК «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе», Том 1. Пермь, ПНИПУ, 2013. - С. 207-216.
6. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателей легковых автомобилей: практическое пособие/ А.А. Тюнин. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. - 352 с.
7. Малиованов М.В., Радько А.Е., Хмелев Р.Н. Программный комплекс «Имитационная динамическая модель автомобиля». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014617074, дата регистрации 10.06.2014.
8. Груничев А.В., Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Разработка имитационной модели автомобиля // Материалы МНК «Прогресс транспортных средств и систем», ВолгГТУ, Волгоград, 2013 – С. 46-47.
9. Малиованов М.В. Тепломеханика как теоретическая база исследования ДВС / М.В. Малиованов // Изв. ТулГУ «Вопросы проектирования и эксплуатации автотранспортных средств и систем». - Тула: Изд-во ТулГУ, 1995. - С. 154 - 162.
10. Патрахальцев Н. Н. Неустановившиеся режимы работы двигателей внутреннего сгорания: монография / Н. Н. Патрахальцев. - М. : Рос. ун-т дружбы народов, 2009. -280 с.
11. Шипелов Ю.С., Мягков Ю.В. Безразборная вибродиагностика состояния механической части ДВС. Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сб. науч. трудов по материалам Международной науч.–практ. конф., Воронеж, 20–21 марта 2014 г. С. 395-399.
12. Дубинин П.С., Хмелев Р.Н. Исследование неравномерности крутящего момента и хода двигателя внутреннего сгорания методом вычислительного эксперимента // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 98-101. DOI: 10.12737/13131.

© Козин А.А., Хмелев Р.Н., 2015



**Кондрико А.Ю.**

студент 4 курса механико-технологического факультета, Брянского государственного инженерно-технологического университета, РФ

**Митин С.С.**

студент 4 курса механико-технологического факультета, Брянского государственного инженерно-технологического университета, РФ

**Лемешева Е.В.**

ассистент кафедры технического сервиса Брянского государственного инженерно-технологического университета, РФ

**Kondriko A.Yu.**

4th year student of mechanics-technology faculty, of Bryansk state engineering-technological University, Russian Federation

**Mitin S.S.**

4th year student of mechanics-technology faculty, of Bryansk state engineering-technological University, Russian Federation

**Lemesheva E.V.**

assistant to chair technical service of Bryansk state engineering-technological University, Russian Federation

## **АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

### **ANALYSIS OF KNOWN METHODS OF DIAGNOSIS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

Ключевые слова: безразборная диагностика, двигатель, методы диагностики, диагностические устройства, неисправности

Keywords: CIP diagnostics engine diagnostic methods, diagnostic devices, fault

В статье проводится анализ эффективных методов и способов диагностирования бензиновых двигателей внутреннего сгорания, выделяются наиболее перспективные из них. Из существующих современных методов рассмотрены семь: тепловой контроль, компьютерное диагностирование, анализ состава и количества отработанных газов, техническое эндоскопирование, замер компрессии, анализ химических элементов и виброакустический. По представленным методикам составлена сравнительная таблица по ряду параметров: стоимость проводимых услуг, стоимость оборудования, продолжительность проведения диагностики, информативность, требования к персоналу. Показаны преимущества и недостатки рассмотренных методов по параметрам. В заключении делаются выводы, характеризующие основные направления развития систем технического диагностирования двигателей внутреннего сгорания.

The article analyzes the effective methods and techniques of diagnosing gasoline internal combustion engines, highlighted the most promising ones. Of the existing seven modern methods considered: thermal control, computer diagnostics, analysis of the composition and quantity of waste gases, technical endoscopy, gauging the compression, the analysis of chemical elements and vibroacoustic. On the presented methods compiled a comparative table on a number of parameters: the

cost of ongoing services, the cost of equipment, the length of the diagnostic information content requirements for personnel. The advantages and disadvantages of the methods considered in the parameters. It concludes that characterize the main directions of development of systems of technical diagnostics of internal combustion engines.

К основным показателям двигателей внутреннего сгорания (ДВС) относятся мощность, крутящий момент и расход топлива. При эксплуатации со временем происходит изменение регулировочных параметров, возникают неисправности, которые сопровождаются уменьшением мощности и увеличением расхода топлива [1].

Основной причиной возникновения неисправностей деталей ДВС является износ, вследствие чего изменяется их геометрия, увеличиваются зазоры между парами трения. На увеличение износа влияет множество факторов: стиль вождения, условия эксплуатации, несвоевременное или/и неквалифицированное обслуживание, низкое качество горюче-смазочных материалов, работа с детонацией, калильным зажиганием, неисправными системами смазки и охлаждения и т.п.[2]. Как следствие, растут эксплуатационные затраты и проблемы в работе. Эксплуатация изношенного двигателя приведет к его повреждению, а ремонт двигателя получившего повреждения требует больших капитальных вложений. Для выявления неисправностей необходимо проведение диагностических работ. При проведении диагностических работ важно выявление всех возможных причин неисправности, учитывая принцип «от простого к сложному». Следование этому принципу позволит сократить время и издержки и избежать ошибок.

Существует множество методов и способов безразборной диагностики ДВС [3]:

1. Тепловой контроль - основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов. Процесс передачи тепловой энергии, выделение и поглощения тепла в объекте приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Распределение температуры по поверхности объекта является основным параметром в тепловом методе, так как несет информацию о процессе теплопередачи, его внутренней структуре и наличии скрытых внутренних дефектов. Для получения детальных термограмм работающих агрегатов применяются мобильные тепловизионные камеры;

2. Компьютерное диагностирование – подключение к электронному блоку управления внешнего компьютера (мотор-тестер и сканер). С его помощью считываются коды ошибок, значения сигналов с различных датчиков и процессора управления [4];

3. Анализ состава и количества отработанных газов (ОГ) – позволяет сделать заключение о характере и условиях протекания процесса сгорания, а по значению коэффициента избытка воздуха оценить максимально допустимый износ деталей ЦПГ;

4. Техническое эндоскопирование – проверка технического состояния узлов и деталей, имеющих трудный доступ к ним (например, камеру сгорания через отверстия свечей зажигания [5]);

5. Замер компрессии – предназначен для измерения и контроля компрессии в цилиндрах бензиновых двигателей внутреннего сгорания легковых машин, грузовиков и мотоциклов. Измерения проводятся на прогретом двигателе, через отверстия для свечей зажигания;

6. Анализ химических элементов – определение содержания химических элементов в различных веществах, находящихся в твердом, порошкообразном или растворенном состояниях, а также нанесенных на поверхности и осажденных на фильтры;

7. Виброакустический - фиксирование и соответствующая обработка параметров вибрации, возникающих при работе контрольной группы.

Методы технического диагностирования, не требующие разборки двигателя, зарекомендовали себя как универсальные и оперативные, позволяющие комплексно оценить состояние ДВС. Проведенный анализ по различным параметрам перечисленных методов и способов диагностирования сведем в таблицу 1.

**Таблица 1 – Анализ методов диагностирования ДВС по параметрам**

Метод	Тепловой контроль	Компьютерная диагностика	Анализ ОГ	Техническое эндоскопирование	Контроль компрессии	Анализ химических элементов	Виброакустический
Параметры							
Стоимость услуг, руб.	от 700 до 5000						
Оборудование / стоимость, руб.	Тепловизор / от 27300	Сканер (Мотортестер) / от 14900 (49750)	Газоанализатор / от 29900	Видеоэндоскоп / от 4000	Компрессометр / от 300	Спектрограф / от 90000	Виброметры / от 70000
Продолжительность процедуры <sup>1</sup> , мин	от 10 - 30						
Информативность	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Минимальная	Средняя	Минимальная
Требования к персоналу	Среднее	Среднее	Минимальные	Минимальные	Минимальные	Высокие	Среднее

Примечание: 1 – Учитывается без составления отчета

Проведя анализ таблицы, можно сделать следующие выводы по рассмотренным методам:

1. Тепловая диагностика - является весьма перспективным методом в силу высокой информативности. Важно, что разработанные средства диагностики позволяют напрямую обнаруживать дефекты и прогнозировать их развитие в процессе проверки двигателя. Существующие методы обработки инфракрасного термометрирования дают возможность прогнозировать конкретные неисправности. В качестве недостатка можно отнести, что для полного диагности-

рования необходимо извлечь двигатель из ТС и установить на специальный стенд.

2. Компьютерная диагностика - процедура позволяет за несколько минут составить список выявленных поломок и даже определить участки, способные стать причиной утери автомобилем эксплуатационных качеств в будущем [8]. Точность диагностики исключает ошибки при ремонте и максимально сокращает сроки его проведения.

3. Анализ ОГ – получение однозначных результатов требует строгого соблюдения методики проведения испытаний и высокой точности измерения выброса токсичных веществ в ОГ. Точность измерения объёмного содержания токсичных веществ в ОГ является наиболее ответственным моментом при оценке токсичности ОГ. Погрешность измерения CO на величину 0,1—0,2% по объему приводит к ошибке 15—20% при определении массы указанного компонента, выбрасываемого за ездовой цикл. Поэтому аппаратура для проведения газового анализа должна обладать высокой точностью, быстротой и непрерывностью проведения газового анализа.

4. Техническое эндоскопирование – информативность рассмотренного метода весьма высока. Рассмотренные средства контроля хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации.

5. Контроль компрессии – основанием для измерения компрессии являются признаки соответствующих неисправностей: износ или поломка деталей цилиндропоршневой группы, негерметичность клапанов, прогорание прокладки головки блока и др. Таким образом, измерение компрессии позволит подтвердить или опровергнуть подозрения относительно неполадок.

6. Анализ химических элементов – применение метода ограничено необходимостью специалистов имеющих специальное (химическое) образование и специальной подготовки двигателя перед испытаниями. Метод позволяет оценивать износ только одной детали (или группы деталей). Одновременное раздельное определение износа нескольких деталей весьма сложно.

7. Виброакустический метод - базируется на общих принципах диагностики технических систем по косвенным (в целом малоинформативным) параметрам. К тому же область их применения ограничена возможностью доступа к двигателю, а также несовершенством средств диагностирования и математических моделей, связывающих структурные параметры с диагностическими признаками. Тем не менее, в ряде случаев, можно получить количественную оценку запаса работоспособности узлов двигателя по результатам измерения виброакустических сигналов, что позволяет прогнозировать величины остаточных ресурсов элементов двигателя.

Большинство рассмотренных методов имеют малую информативность, по некоторым параметрам сложно установить точную причину неисправности. Относительное многообразие методов объясняется тем, что ни один из них не позволяет учесть все требования, предъявляемые к формированию диагноза со 100% достоверностью, поскольку они несут специфическую информацию раз-

ной ценности. Ни один из методов не позволяет оценить состояние двигателя с достаточной степенью детализации. С помощью сочетания ряда методов можно осуществить более глубокий контроль, однако это часто требует специальных условий и продолжительного времени.

Для диагностики двигателей целесообразно использовать параметры, обладающие максимальной информативностью, дополняющие и уточняющие друг друга. Таким образом, задача оценки информационного потенциала параметров, используемых для целей диагностики ДВС, является на сегодняшний день очень актуальной.

#### Библиографический список

1. Крашенников, С.В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]/ С.В. Крашенников // Электронный журнал «Вестник Новосибирского государственного педагогического университета».- 2013.- №2 (12).- Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-diagnostirovaniyu-dizelnyh-dvigatelye-vnutrennego-sgoraniya>.

2. Двигатель внутреннего сгорания. Часть 2. «Ремонт двигателя внутреннего сгорания. Диагностика.» [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.rtsh.ru/doc/engin\\_repairs.pdf](http://www.rtsh.ru/doc/engin_repairs.pdf) . – Загл. с экрана.

3. Методы и оборудование для безразборной диагностики [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.vtmat.com/ru/services/resheniya-po-uvlicheniyu-resursa-dvigatelye-vnutrennego-sgoraniya/techtools\\_tearwear-control/bezrazbornoe-diagnostirovanie-sostoyaniya-iznosa-dvs/](http://www.vtmat.com/ru/services/resheniya-po-uvlicheniyu-resursa-dvigatelye-vnutrennego-sgoraniya/techtools_tearwear-control/bezrazbornoe-diagnostirovanie-sostoyaniya-iznosa-dvs/). – Загл. с экрана.

4. Компьютерная диагностика двигателя – доверять ли обследованию электронике? [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://carnovato.ru/kompjuternaja-diagnostika-dizelnogo-dvigatelya-avtomobilja/>. – Загл. с экрана.

5. Кондрико, А.Ю. Распознавание видов повреждений с помощью видеоэндоскопа [Текст] / А.Ю. Кондрико, Е.В. Лемешева, П.В. Тихомиров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования: 2014. № 1. С. 109-111.

6. Диагностическое оборудование автомобилей для СТО и автосервиса [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.sl33.ru/diagnosticheskoe-oborudovanie-dlja-avtoservisa>. – Загл. с экрана.

7. Методы диагностики авиационной техники с позиций информативности [Электронный ресурс].- Режим доступа: [storage.mstuca.ru/bitstream/123456789/4287/5/Глава%203.doc](http://storage.mstuca.ru/bitstream/123456789/4287/5/Глава%203.doc). – Загл. с экрана.

8. Тихомиров П.В. Определение механических потерь двигателей внутреннего сгорания методом прокручивания коленчатого вала от постороннего источника энергии [Текст] / П.В. Тихомиров // Научные труды Sworld: Номер 3. Том 4.- Иваново: ООО НАУЧНЫЙ МИР, 2014.- С.16-19

9. Новиков, В.А. Параметрический анализ математической модели диагностики ДВС по неравномерности вращения коленчатого вала [Текст] / В.А. Новиков, С.В. Гусаков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 119-121.

10. Sick V. Optical diagnostics for direct injection gasoline engine research and development [Электронный ресурс] / V. Sick // Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development: Gasoline and Gas Engines. 2009. P. 260-286.- Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845693893500104>.

© Кондрико А.Ю., Митин С.С., Лемешева Е.В., 2015

**Корзников Е.А.**

магистрант 1 курса факультета  
Производственного менеджмента  
и инновационных технологий  
Вологодского государственного  
университета, РФ

**Korzников E.A.**

1st year graduate student of the Faculty  
Production management  
and innovative technologies  
Vologda State  
University, RF

## ОЦЕНКА РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЯ

### ASSESSMENT OF FUEL WHEN DIAGNOSING CAR

Ключевые слова: диагностирование автомобилей, топливная экономичность, транспорт, расход топлива, эксплуатация автомобилей.

Keywords: diagnostics of cars, fuel efficiency, transport, fuel flow, operation of vehicles.

В статье изложен анализ существующих способов оценки технического состояния автомобилей по расходу топлива. Проведено исследование по определению характеристики времени впрыска при ускорении до 50 км/ч. Предложены рекомендации по использованию данных способов на практике.

The article presents the analysis of existing methods of estimation of technical condition of cars on fuel consumption. Conducted a study to determine the characteristics of injection timing during acceleration to 50 km/h. recommendations on the use of these methods in practice.

При эксплуатации автомобильного транспорта специалистам часто приходится сталкиваться с необходимостью контроля технического состояния двигателя. А именно главных его параметров: мощность и топливная экономичность. Для оценки топливной экономичности автомобиля, как правило, служит параметр: расход топлива на 100 км пути в литрах  $Q_s$  [1, с. 50].

При этом могут быть использованы следующие показатели топливной экономичности:

- контрольный расход топлива  $Q_{S(K)}$ ;
- средний расход топлива на типовом маршруте  $Q_{S(M)}$ ;
- осредненный расход топлива  $\bar{Q}_s$ ;
- мгновенный расход топлива  $Q_{MG}$ .

Постановка диагноза о техническом состоянии автомобиля возможна в случае наличия заданного эталонного значения. В практике эксплуатации за эталонное значение принимают контрольный расход топлива. Для его оценки должны производиться испытания по заданному ездовому циклу с соблюдением требуемых климатических условий, что в условиях диагностирования практически невыполнимо.

Для определения расхода топлива существуют следующие методы:

- использование расходомеров топлива;
- расчет расхода топлива по остатку топлива в баке;
- электронные бортовые компьютеры, считывающие информацию из блока управления двигателем.

Однако, в условиях диагностирования, данные методы всегда сопряжены со сложностями.

Расходомер топлива должен быть установлен последовательно в подающую топливную магистраль, идущую из бака, при этом на автомобиле с обратной топливной магистралью необходимо внесение конструктивных изменений, для учета топлива сливаемого через нее. Данный способ, как правило, применяют на грузовых автомобилях и автобусах для контроля и учета расхода топлива.

Для установления расхода топлива по остатку топлива в баке необходимо замерить количество топлива, залитое в пустой бак и израсходовать его, замерив при этом пробег автомобиля. Этот способ эффективен и возможно в условиях длительных испытаний на экономичность, но для проведения процедуры диагностики он не подходит.

Встроенные и дополнительные бортовые компьютеры измеряют мгновенный и средний, общий расход топлива. Данные приборы помогают водителям и диагностам достаточно точно оценить расход топлива автомобиля, ведь для расчета они используют данные о параметрах впрыска топлива и скорости автомобиля от блока управления двигателем. Бортовые компьютеры не являются средствами измерения, а лишь дают водителю относительную информацию о изменении расхода топлива. Ошибка может быть и в тех случаях, когда спидометр показывает не достоверную информацию или установлена нештатные шины. Погрешность измерений бортовым компьютером может составить 5-10% при скорости 90 км/ч.

Некоторые встроенные системы диагностирования двигателей отображают параметр расхода топлива в текущих данных блока управления двигателем и позволяют их использовать при диагностике автомобиля. Но что делать, если таких параметров, достоверно отражающих расход топлива нет, а в процессе диагностирования необходимо его установить?

1 путь – проверка расхода топлива в результате замеров.

2 путь – оценка по косвенным признакам. Подразумевает проверку параметров технического состояния, влияющих на расход топлива.

Проверка расхода топлива на соответствие его контрольному при диагностировании всегда является серьезной задачей при диагностике. Согласно ГОСТ замер должен происходить при температуре окружающего воздуха от 3 до 25 °С при влажности воздуха не более 80% на автомобильной дороге с твердым покрытием по заданному ездовому циклу [2, с. 45; 3, с. 5;]. При этом должен быть произведен замер израсходованного топлива и пройденный путь [4, с.60]. В условиях диагностирования это представляется весьма затруднительным.

А может ли сама встроенная система диагностирования определять соответствие расхода топлива контрольному?

К сожалению, нет, т.к. есть факторы, существенно влияющие на расход топлива, учесть которые встроенная система диагностики не может. Например: фактическая масса автомобиля с учетом загрузки, уклон профиля дороги, тип дорожного покрытия, давление воздуха в шинах, скорость и направление ветра, мощность, забираемая генераторной установкой и другими потребителями.

В тоже время возможно использовать тестовые методы диагностирования.

Например: тест баланса мощности двигателя по ускорению коленчатого вала [5, с. 4]. Кроме того, блок управления двигателем программно уже научили обучаться, как раз благодаря отслеживанию текущих параметров на заданных режимах.

В режиме теста вышеупомянутые неизвестные факторы могут быть заданы непосредственно перед началом процесса тестирования или исключены условиями его проведения. Так, например, фактическая масса автомобиля может быть определена и введена в программу заранее [6, с. 103; 7, с. 66, 8, с. 272].

Размеры, тип шин, покрытие дороги, а так же давление могут служить параметрами для определения коэффициента качения.

Уклон дороги и скорость ветра могут быть исключены условиями теста или за счет движения по одному и тому же испытательному участку, в разных направлениях [9, с. 2; 10, с. 51].

Для вычисления параметра «Расчетный расход топлива л/100 км» необходимы следующие показания: скорость вращения коленчатого вала двигателя, положения педали акселератора, скорость автомобиля.

Возможен и более простой вариант оценки расхода топлива при ускорении коленчатого вала, при разгоне на фиксированной передаче и т.д.

Ниже приведены несколько вариантов подобного теста.

Характер изменения параметра «время впрыска» на рис. 1,2 говорит о том, что при полном нажатии на педаль акселератора время впрыска держится примерно на одном и том же уровне. Это объясняется тем, что в режиме полного нажатия на педаль акселератора наполнение цилиндра максимально и почти постоянно в любом скоростном режиме. При этом электронный блок управления двигателем, согласно заданному алгоритму, поддерживает стехиометрический состав смеси. Повышение оборотов происходит, т.к. развиваемая мощность двигателя больше чем сумма сил сопротивлению движения, но и нагрузка при этом не снижается. Это говорит о том, что разгон осуществляется по внешней скоростной характеристике.

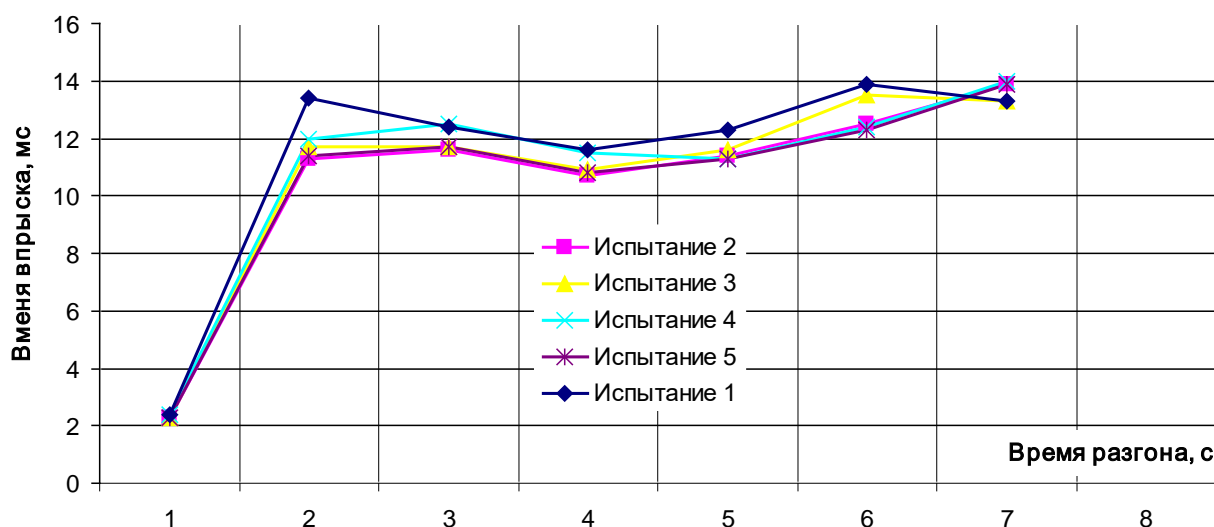
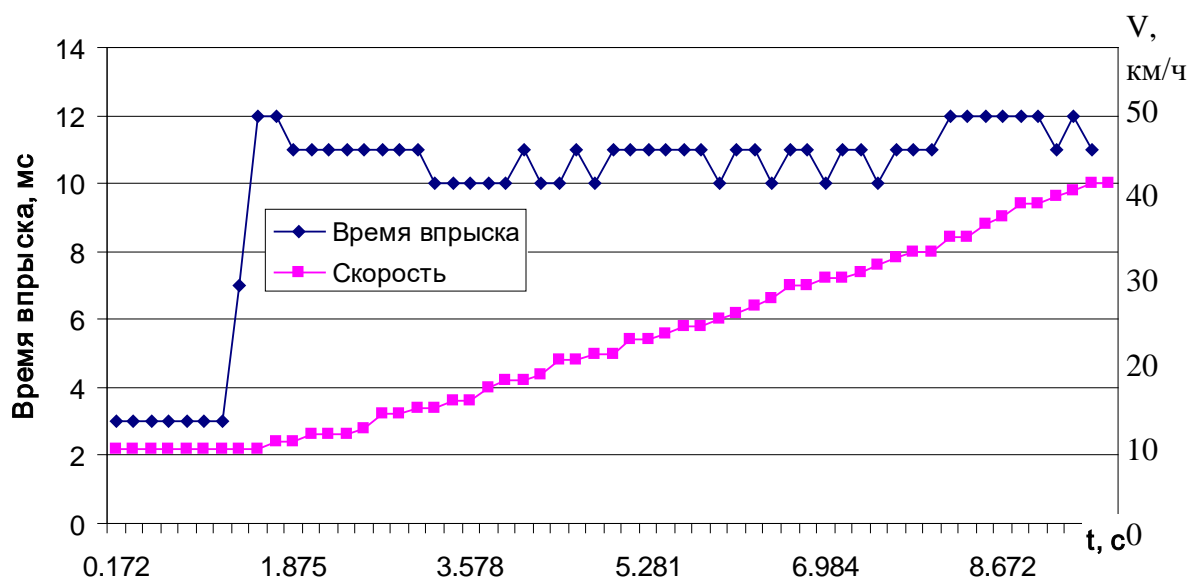


Рисунок 1 - График изменения расхода топлива в л/ч (мс) при полностью нажатой педали акселератора в режиме свободного ускорения коленчатого вала





**Рисунок 2 - График изменения расхода топлива в режиме свободного ускорения с XX на 2-й передаче до 50 км/ч**

Само по себе данное обстоятельство, конечно, не может говорить о техническом состоянии двигателя, но, проинтегрировав время впрыска топлива за период ускорения до 50 км/ч, уже можно сделать объективный вывод о затрачиваемом на разгон топливе.

Так, если присутствуют неисправности, отражающиеся на мощности двигателя, то разгон до заданной скорости будет более продолжительным, что также приведет к большему расходу топлива. Показателем расхода топлива в данном случае будет условная величина равная суммарному времени впрыска за период ускорения.

$$\Delta = \int_0^{50} f(t_{Bi}) dt,$$

где  $t_{Bi}$  – мгновенный расход топлива,

$dt$  – время испытания,

$\Delta$  – условный интегральный показатель расхода топлива, т.е. расход топлива за время ускорения до заданной скорости.

$$\Delta = \sum_0^t t_B dt$$

Для оценки расхода топлива необходим эталонный показатель  $\Delta_{ЭТ}$ . При этом  $\Delta$  должен стремиться к эталонному значению

$$\Delta \Rightarrow \Delta_{ЭТ}.$$

В данном случае в результате замера установлено, что  $\Delta_{ЭТ50-2}$  (интегральный показатель расхода топлива при свободном ускорении до 50 км/ч на 2-й передаче) составляет 75,56. В результате тестирования аналогичных автомобилей получены схожие показатели.

Установлено, что для получения объективных показателей необходимо проведение как минимум 4-х испытаний с движением по одному и тому же участку дороги в разных направлениях.

Подобные тесты, конечно, не могут достоверно сказать: каков будет приведенный расход топлива, да этого и не нужно. Ведь данный параметр значительно зависит от расхода топлива и условий эксплуатации. Зато объективно оценить соответствие характеристик расхода топлива эталонному значению возможно.

### Библиографический список

1. Jung, D. Development of misfire detection algorithm using quantitative FDI performance analysis/ D. Jung, L. Eriksson, E. Frisk, M. Krysander // Control Engineering Practice. Volume 34, January 2015, Pages 49-60.
2. Распоряжение Минтранса России от 14.05.2014 N НА-50-р "О внесении изменений в Методические рекомендации "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте", введенные в действие распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р"
3. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. /А.А. Токарев. – Москва: Машиностроение, 1982. – 224 с.
4. ГОСТ Р ИСО 23274-2013 Транспорт дорожный гибридно-электрический. Измерение выхлопных газов и потребления топлива. Транспортные средства, не использующие внешнюю подзарядку. Москва: Стандартинформ, 2014. – 36 с.
5. Раков, В.А. Способ измерения мощности двигателя транспортного средства, работающего в условиях неустановившегося режима работы / В.А. Раков, И.К. Александров // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сб. науч. трудов по материалам Международной науч.-практ. конф., - Воронеж, 2014. – Т. 1. – 400 с.
6. Раков, В.А. Оценка технического состояния гибридных силовых установок автомобилей / В.А. Раков // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012». Выпуск 1.– Одесса: КУПРИЕНКО, 2013 - Т. 1. – С. 102-107.
7. Раков, В.А. Диагностирование автомобилей с гибридной силовой установкой – проблемы и пути их решения / В.А. Раков, И.К. Александров // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надёжность машин приборов и оборудования: материалы шестой междунар. научн. –техн. конф.: в 2 т. – Вологда: ВоГТУ, 2010. – Т. 2. – С. 64-68.
8. Раков, В.А. Совершенствование способов диагностирования двигателей внутреннего сгорания // Леденцовские чтения. Бизнес. Наука. Образование: материалы III междунар. науч.-практ. конференции, г. Вологда, 28-29 марта 2013 г. : в 2 ч. – Ч. 1. – Вологда : Вологодский институт бизнеса, 2013. – С. 270-273.
9. Rakov, V.A. Assessment of technical condition hybrid propulsion systems CARS [Электронный ресурс] / V.A. Rakov // E-journal. - 2013. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/e-journal/J31208.pdf>
10. Раков, В.А. Оценка технического состояния гибридных силовых установок автомобилей // Автотранспортное предприятие. – 2012. – №1. – С. 49-52.
11. Ахмадния М., Афанасьева И.В., Гусаков С.В. Сравнение по эксплуатационной топливной экономичности бензинового двигателя и дизеля при различных типах трансмиссии автомобиля // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - №1. - С. 13-15.

© Корзников Е.А., 2015

**Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Ковалев И.С.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

**Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

**Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

**Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

**КАЛИБРАТОР С RFID ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ**

**CALIBRATOR RFID IDENTIFY**

Ключевые слова: электроизмерительные устройства, методы измерения, калибровка, RFID, метод натурно-модельных испытаний.

Keywords: electrical devices, methods of measurement, calibration, RFID, the method of natural-model tests.

В статье предлагается устройство для калибровки средств измерений постоянного и переменного тока в широком диапазоне. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является использование RFID – меток для автоматического определения параметров калибровки. Данный метод заключается в том, что считываемый с RFID-метки сигнал поступает на процессор калибратора, который в свою очередь задает требуемый режим калибровки. Применение разработанного прибора позволит в значительной степени увеличить скорость выполнения измерительных операций при сохранении высокой точности

The paper proposes a device for calibration devices of measuring AC and DC wide range. A distinctive feature of this device is the use of RFID - tags for automatic detection of the calibration parameters. This method consists in that the readable RFID-tag signal is received by the processor of the calibrator, which in turn sets require calibration mode. Application of the developed device will allow considerably increase the speed of measurement operations while maintaining high accuracy

Калибровка сложных электротехнических систем [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] часто является одной из длительных и трудоемких операций, занимающей недели.

Особенно трудоемка калибровка с использованием типов приборов, напечатанных или написанных вручную на объектах учета, т. к. требуется обнаружение и сличение номеров «вручную» с распечатанными ведомостями или с экрана компьютера. При этом велико влияние «человеческого» фактора, ошибки и сложности сличения, особенно при стертых и плохо читаемых номерах на объектах.

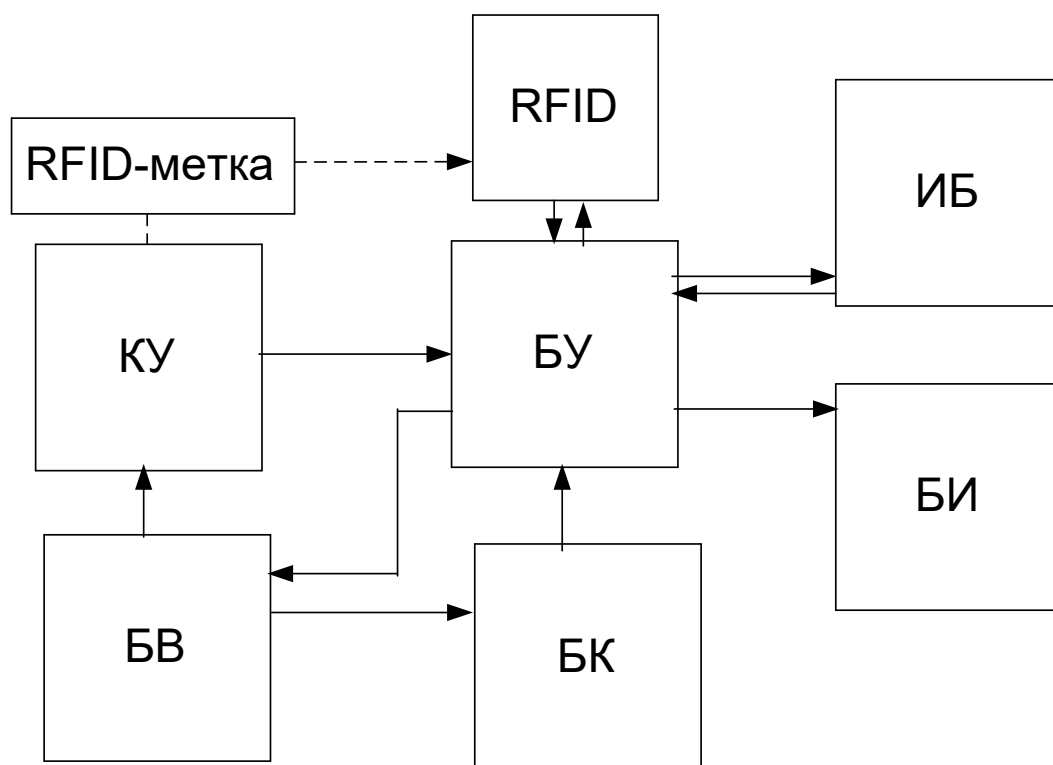
Более эффективно и менее трудоемко использование штрих-кодовых печатных меток-наклеек совместно с мобильными терминалами сбора данных с встроенными сканерами штрих-кода. При использовании соответствующих программ для мобильных терминалов, процесс инвентаризации сводится к последовательному считыванию штрих-кодов меток и автоматическому сличению обнаруженных объектов с загруженным в терминал списком основных средств, подлежащих калибровке. Но штрих-коды обычных меток-наклеек, напечатанные на термобумаге требуют частой замены, т. к. довольно быстро выцветают.

Также остается необходимость искать метки на каждом объекте и подносить к ним довольно близко терминал со сканером штрих-кода.

Использование же технологии RFID позволяет существенно ускорить и упростить процесс калибровки и поиска необходимых объектов.

Структурная схема устройства приведена на рисунке 1, где БУ – блок управления, ИБ – интерфейсный блок, КУ – калибруемое устройство, БК – блок контроля, БИ – блок индикации, БВ – блок воздействия, RFID – блок считывания RFID – меток.

Блок управления БУ вырабатывает требуемый калибровочный сигнал, который поступает на блок воздействия БВ, где преобразуется из дискретного в аналоговый, а затем усиливается до необходимого уровня. Значение частоты сигнала и амплитуды выводятся на блок индикации БИ. Внешне через интерфейсный блок ИБ обеспечивается синхронизация с ПК, а так же возможно получение исходных данных. Блок контроля БК анализирует сигнал поступающий с блока воздействия БВ. RFID блок обеспечивает считывание данных со специальных RFID меток, что позволяет калибратору адаптироваться для работы с данным КУ без помощи оператора.



**Рисунок 1 - Структурная схема широкодиапазонного калибратора с RFID идентификацией**

Предлагаемая система радиочастотной идентификации (RFID) состоит из считывающего устройства и транспондера (он же RFID-метка). Разработанный прибор поддерживает протокол EM4100 и работает с меткой на частоте 125 кГц. Требуемый для идентификации тип RFID-меток представляет собой стикер, наклеиваемый на приборы лаборатории.

Основным компонентом RFID-считывателя является микроконтроллер фирмы Atmel AVR, который считывает 10-значный уникальный идентификационный номер ключа и задаёт требуемый режим для калибруемого устройства. Микроконтроллер использует встроенный ШИМ модулятор для генерирования на выходе прямоугольных импульсов с частотой 125 кГц. Если на выходе появляется логический 0 (спадающий фронт импульса) на катушку считывателя подается напряжение питания. Нарастающий фронт на выходе (логическая 1) один из выводов катушки подключается к «земле». В этот момент катушка оказывается включенной параллельно конденсатору, образуя LC генератор, представляющий собой колебательный контур. Переключение происходит с частотой 125 кГц, при этом катушкой генерируется сигнал синусоидальной формы с данной частотой.

При этом, модуль считывателя генерирует электромагнитное поле, энергия которого используется для питания RFID-ключа. В основе передачи энергии между RFID-ключом и считывателем лежит принцип работы обычного трансформатора: первичная обмотка трансформатора создает ЭДС индукции во всех остальных обмотках. Для нашего случая первичной обмоткой является катушка считывателя, а вторичной – катушка RFID-ключа.

Процесс обмена данными между RFID-ключом и считывателем осуществляется следующим образом: если RFID-ключ должен передать

логический 0, то он к своему источнику питания подключает нагрузку, что вызовет просадку напряжения на считывателе.

Разработанное устройство позволяет задавать режимы калибровки тока и напряжения в широких диапазонах. Отличительной особенностью прибора является возможность автоматического определения требуемого сигнала по RFID-метке. Прибор может быть использован как в составе систем управления технологическим процессом производства электроизмерительных приборов, так и при проведении лабораторных испытаний. Применение разработанного прибора со считывателем RFID-меток позволит в значительной степени увеличить скорость выполнения измерительных операций при сохранении высокой точности.

#### Библиографический список

1. Алиев Т.М., Хачатуров А.А. Измерительная техника. – М.: Высшая школа, 1991. – 382 с.
2. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object/ International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6489-6498.
3. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.
4. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
5. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.
6. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.
7. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. - № 1. - С. 62-66. DOI: 10.12737/13062.
8. Gorbatenko, N., Lankin, M., Shaykhutdinov, D., Gazarov, K., Kolomiets, A. Electromagnetic induction system for testing ferromagnetic shape memory alloys / Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011, Harbin, Heilongjiang, 2011, pp. 194 - 196.
9. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 178.
10. Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М., Ланкин М.В. Адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при определении основной кривой намагничивания // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 181.
11. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Кучеров В.А., Наугольнов О.А. Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>.

© Ланкин А.М., Бакланов А.Н., Казарян А.А., Ковалев И.С., 2015

**Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Ковалев И.С.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

**Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platonov, Novocherkassk, Russia

**Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platonov, Novocherkassk, Russia

**Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platonov, Novocherkassk, Russia

**Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platonov, Novocherkassk, Russia

**ПРОГРАММА СИМПЛЕКС-ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВЕБЕР-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**SIMPLEX-PLANNING PROGRAM FOR DETERMINATION WEBER-  
AMPERE CHARACTERISTIC**

Ключевые слова: симплекс-планирование, Turbo Delphi, измерения, распределенные параметры, метод натурно-модельных испытаний.

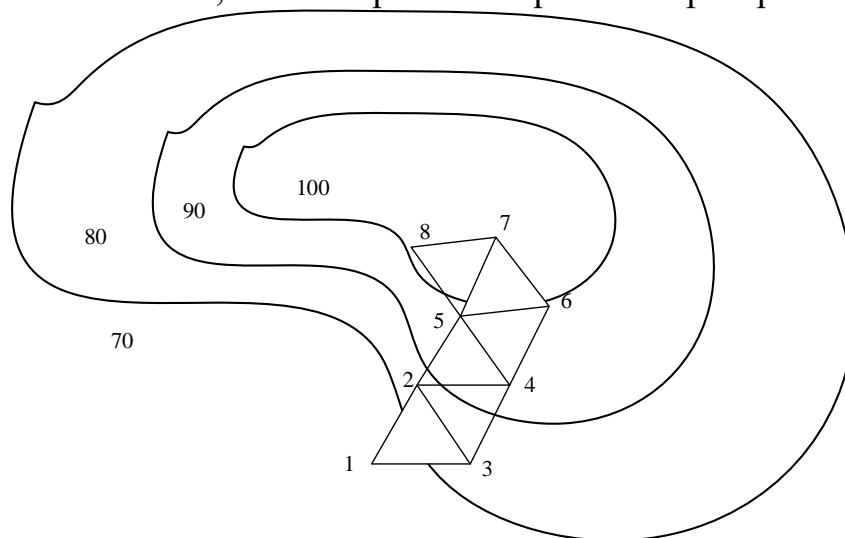
Keywords: simplex-planning, Turbo Delphi, measurement, distributed parameters, the method of natural-model tests.

Целью исследования является разработка программы симплекс-планирования для решения различных оптимизационных задач. Программа симплекс-планирования написана в программном пакете Turbo Delphi. Метод симплекс-планирования позволяет не дублировать опыты при каждом последующем шаге эксперимента, наибольшее количество опытов необходимо ставить только в начале эксперимента. Затем на каждом шаге оптимизации выполняется только один опыт.

The aim of this study is to develop a program of simplex planning to solve various optimization problems. Program simplex planning software package written in Turbo Delphi. Simplex method of planning allows duplicate experiments at each subsequent step of the experiment, the largest number of experiments must be placed only at the beginning of the experiment. Then, in each optimization step is performed only one experiment.

При решении различных оптимизационных задач [1, 2, 3] важно не только найти наиболее точные значения искомых величин, но и провести оптимизацию с меньшими временными и ресурсными затратами. Одним из методов позволяющим сократить такие затраты является метод симплекс-планирования или симплекс-оптимизации [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Под симплексом подразумевается правильный многогранник, имеющий  $n+1$  вершину, где  $n$  - число факторов, влияющих на процесс. Если например факторов два, то симплексом является правильный треугольник. Сущность симплексного метода оптимизации иллюстрирует рисунок 1.

Первые опыты соответствует вершинам исходного симплекса (точки 1, 2 и 3). Условия этих первых опытов берутся из области значений факторов, соответствующих наиболее благоприятным из известных режимов оптимизируемого процесса. Сравнивая между собой результаты опытов в точках 1, 2 и 3, находят среди них самый «плохой», с точки зрения выбранного критерия оптимальности.



**Рисунок 1 - Оптимизация по симплексному методу**

Пусть, например, самым «неудачным» оказался опыт в точке 1. Этот опыт исключают из рассмотрения, а вместо него в состав симплекса вводят опыт в точке 4, которая симметрична точке 1 относительно противоположной стороны треугольника, соединяющей точки 2 и 3. Расчет координат отраженной точки проводят по формуле:

$$x^* = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n+1} x^i - \left[ \frac{2}{n} + 1 \right] x^j,$$

где  $n$  – количество факторов,  $j$  – номер вершины исходного симплекса с наименьшим значением отклика,  $i$  – номера вершин полученных симплексов,  $x^*$  - координата новой точки.

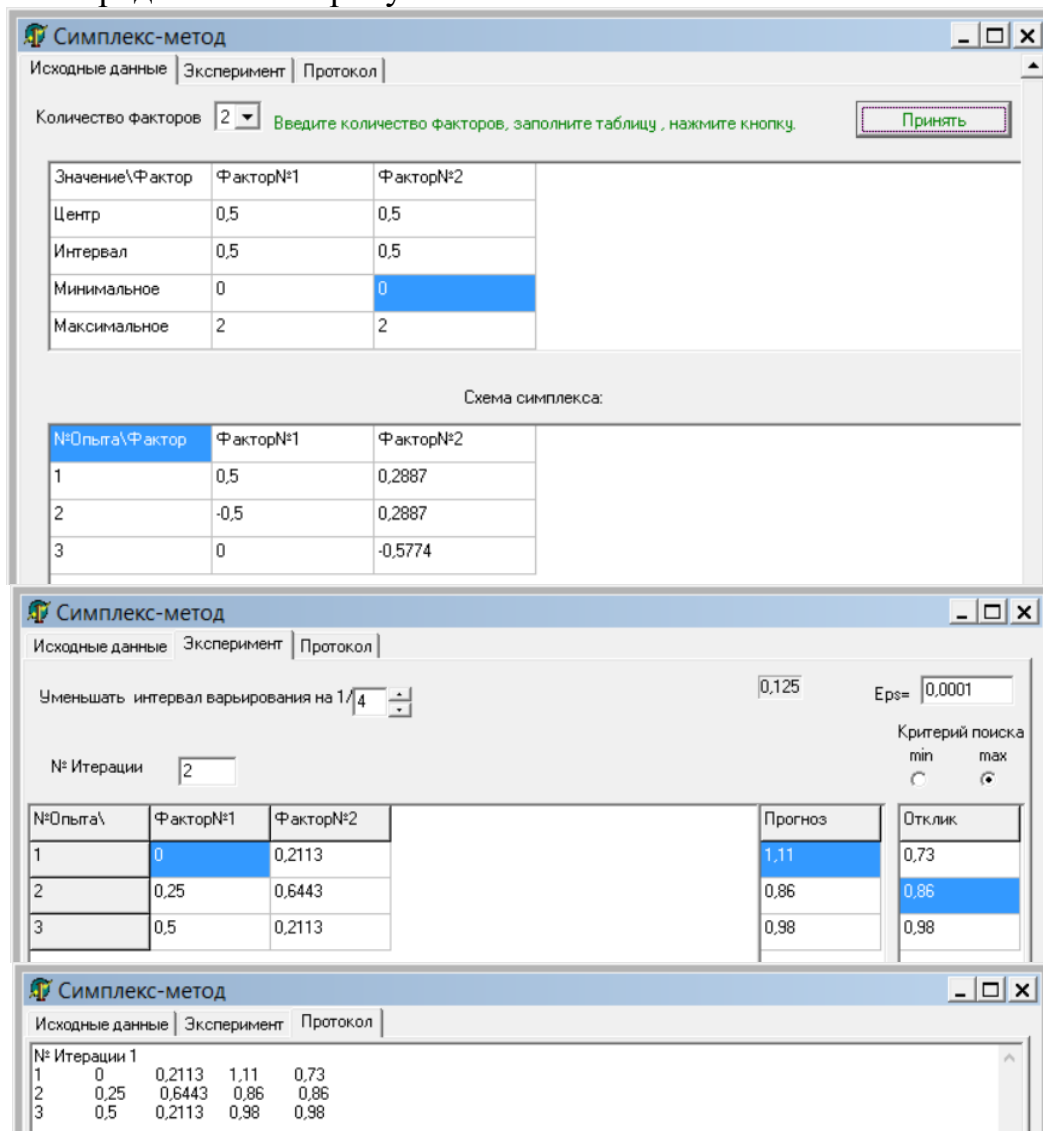
Далее сравнивают между собой результаты опытов в вершинах нового симплекса, отбрасывают самый «неудачный» из них и переносят соответствующую



ющую вершину симплекса в точку 5. Затем рассмотренная процедура повторяется в течение всего процесса оптимизации.

Если экстремум оптимальности достигнут, то дальнейшее движение симплекса прекращается.

Для реализации описанного метода была разработана программа симплекс-планирования программном пакете Turbo Delphi. Интерфейс программы представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2 - Программа симплекс-планирования**

В начале работы задается количество факторов соответствующее эксперименту во вкладке «Исходные данные», после чего формируется таблица исходных данных, где необходимо задать центр плана, интервал варьирования и пределы изменения факторов. Из введенных исходных данных программа составляет схему симплекса. Далее проводится планирование эксперимента во вкладке «Эксперимент», где указываются результаты отклика, при заданном критерии поиска (минимум или максимум функции) и среднеквадратичном отклонении СКО с достижением которого движение по симплексу заканчивается. На каждом шаге программа автоматически выбирает «наихудшую» точку и указывает пользователю какой эксперимент необходимо провести далее. Во вкладке «Протокол» в качестве статистики отражаются все пройденные шаги.

На разработанной программе был проведен ряд экспериментов, доказывающих ее работоспособность и эффективность для решения оптимизационных задач, а так же подтверждающих уменьшение затрат времени на достижение оптимума.

#### Библиографический список

1. Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Широков К.М., Гречихин В.В., Ланкин А.М. Адаптивная подсистема автоматического управления производством интеллектуальных электроприводов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. - URL: <http://www.science-education.ru/125-20095>
2. Алиев Т.М., Хачатуров А.А. Измерительная техника. – М.: Высшая школа, 1991. – 382 с.
3. Гроп Д. Методы идентификации систем. Перевод с англ. В. А. Васильева, В. И. Лопатима. Под ред. Е. И. Кринецкого. М.: Мир, 1979. – 302 с.
4. Lankin A.M., Lankin M.V., Aleksanyan G.K., Narakidze N.D. Development of principles of computer appliance functioning, determination of characteristics of the biological object/ International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6489-6498.
5. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 3. С. 6509-6519.
6. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Ivanovich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.
7. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.
8. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.
9. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. - № 1. - С. 62-66. DOI: 10.12737/13062.
10. Gorbatenko, N., Lankin, M., Shaykhutdinov, D., Gazarov, K., Kolomiets, A. Electromagnetic induction system for testing ferromagnetic shape memory alloys / Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011, Harbin, Heilongjiang, 2011, pp. 194 - 196.
11. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Решение обратной задачи метода гармонического баланса // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 4-й научно-практической internet-конференции. Ульяновск, 2014. С. 117-122.
12. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>
13. Lankin A.M., Lankin M.V Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance// The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.
14. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольнов О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-5. С. 1005-1009.
15. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Метод измерения вебер – амперной характеристики базирующийся на решении обратной задачи мгб // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 167.

© Ланкин А.М., Бакланов А.Н., Казарян А.А., Ковалев И.С., 2015

## УДК 621.317.1

### **Ланкин А.М.**

аспирант, ассистент кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Бакланов А.Н.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Казарян А.А.**

магистрант кафедры информационных и измерительных систем и технологий Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Ковалев И.С.**

магистрант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, РФ

### **Lankin A.M.**

postgraduate student, assistant department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Baklanov A.N.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Kazaryan A.A.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

### **Kovalev I.S.**

graduate student department «Information and measuring systems and technologies» South-Russian state Polytechnic University (NPI) named by M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

## **ПРОГРАММА-ЭМУЛЯТОР ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ**

### **EMULATION SOFTWARE ELECTRICAL DEVICE**

Ключевые слова: Labview, электротехнические устройства, измерения, магнитные характеристики, метод натурно-модельных испытаний.

Keywords: Labview, electrical devices, measuring the magnetic characteristics, the method of natural-model tests.

Целью исследования является разработка программы – эмулятора для реализации процессов, протекающих в электротехническом устройстве. Эмулятор написан в программном пакете Labview. Он позволяет определять гармонический состав тока протекающего в катушке электротехнического устройства, если известны амплитуда и частота напряжения подаваемого на катушку, а также вебер-амперная характеристика, заданная в виде полинома

The aim of the study is to develop a program - emulator for the implementation of the processes occurring in the electrical device. The emulator is written in the software package Labview. It allows you to determine the harmonic structure of the current flowing in the coil of the electrical device, if you know the amplitude and frequency of the voltage applied to the coil, and weber-ampere characteristic defined as a polynomial

Электротехнические устройства (электромагниты, электромагнитные реле, двигатели) имеют подвижную и неподвижную части магнитопровода и как

минимум одну рабочую катушку [1, 2, 3, 4, 5, 17, 18, 19]. В ходе их эксплуатации в рабочей катушке протекает ток, создается рабочий магнитный поток в неподвижной части магнитопровода, приводящий в движение подвижную его часть. Величина магнитного потока определяется магнитными свойствами и конструкцией частей магнитопровода, количеством витков в рабочей катушке и величиной протекающего тока. В случае подключения электротехнического устройства к источнику синусоидального напряжения, ток протекающий по рабочей катушке, в виду нелинейности магнитной характеристики материала магнитопровода будет не синусоидальным.

Запишем уравнение цепи с нелинейной индуктивностью, обладающей активным сопротивлением  $R$ :

$$u(t) = Ri + \frac{d\Phi}{dt}.$$

где  $u(t) = U_a \sin(\omega t)$  – напряжение приложенное к нелинейная индуктивности,  $U_a$  – амплитуда напряжения,  $i(t) = \sum_{m=1}^n I_{(2m-1)} \sin((2m-1)\omega t)$  – ток протекающий в рабочей катушке,  $I_{(2m-1)}$  – амплитуда  $(2m-1)$ -ой гармоники тока,  $n$  – количество гармоник тока,  $\Phi(i) = \sum_{m=1}^n k_{(2m-1)} i^{2m-1}$  – вебер - амперная характеристика нелинейной индуктивности.

Перепишем его с учетом выражений для тока, напряжения и вебер - амперной характеристики нелинейной индуктивности:

$$U_a \sin \omega t = R \sum_{m=1}^n I_{(2m-1)} \sin((2m-1)\omega t) + \frac{d \sum_{m=1}^n k_{(2m-1)} (I_{(2m-1)} \sin(2m-1)t\omega)^{2m-1}}{dt}.$$

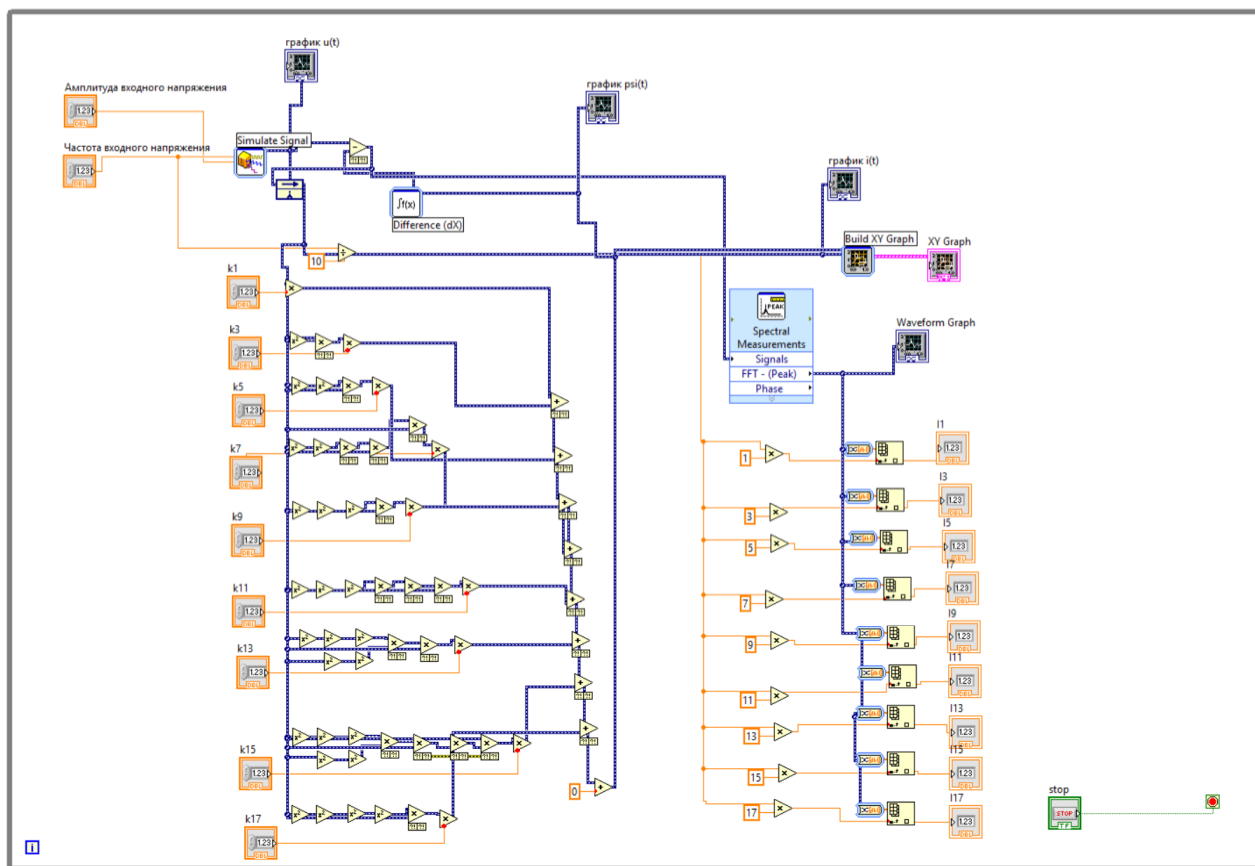
При решении задачи определения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] возникает необходимость иметь его модель. В статье представлена реализация такой модели построенной в программном пакете Labview.

Функциональная схема программы –эмулятора приведена на рисунке 1. Схема состоит из блоков ввода исходных данных, вычислительных блоков, блоков вывода результатов и блоков графического отображения процессов протекающих в модели электротехнического устройства.

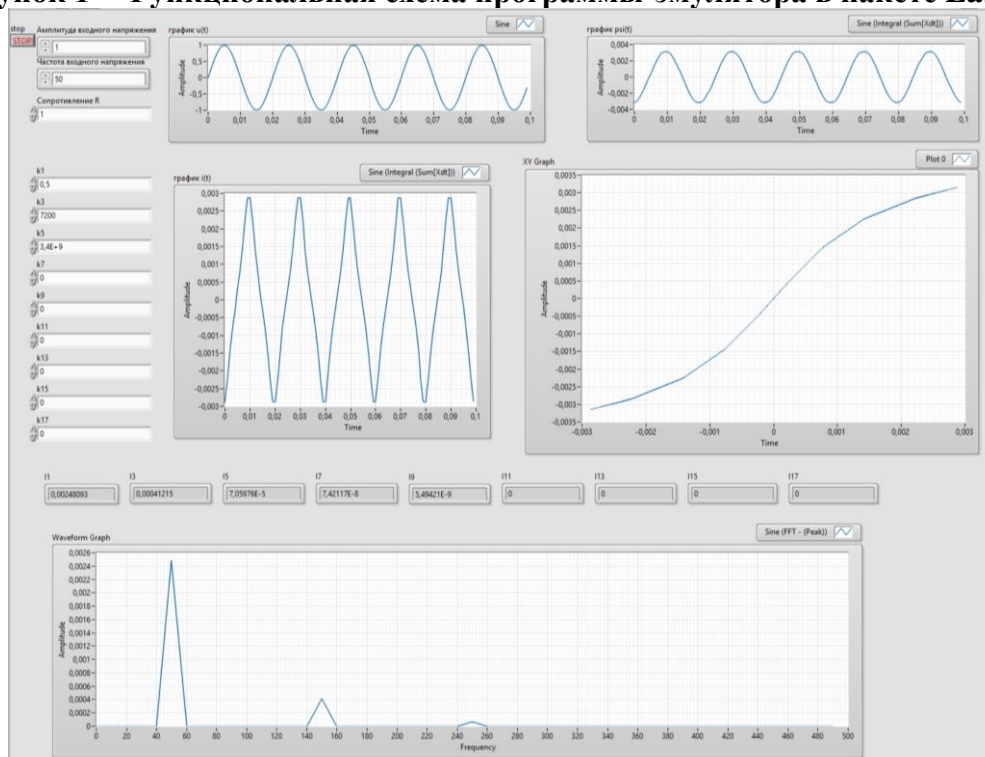
Для работы программы-эмулятора необходимо ввести исходные данные: амплитуду  $U_a$ , и частоту  $\omega$  входного напряжения, а так же коэффициенты аппроксимации вебер-амперной характеристики  $k_{(2m-1)}$ . На выходе программы-эмулятора формируются значения гармоник тока  $I_{(2m-1)}$ , изображения графиков изменения напряжения  $u(t)$ , тока  $i(t)$ , потока  $\psi(t)$ , вебер-амперная характеристика XY Graph и спектрограмма тока Waveform Graph.

На рисунке 2 приведен внешний вид пользовательского интерфейса программы-эмулятора.

При работе пользователя с интерфейсом программы необходимо ввести исходные данные в поля «Амплитуда входного напряжения», «Частота входного напряжения»,  $k_1, k_3, k_5, k_7, k_9, k_{11}, k_{13}, k_{15}, k_{17}$  и наблюдать за графическим отображением процессов, протекающих в электротехническом устройстве.



**Рисунок 1 – Функциональная схема программы-эмулятора в пакете Labview**



**Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс программы-эмулятора**

### Библиографический список

1. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhutdinov D.V. Determination of weber-ampere characteristic for electrical devices based on the solution of harmonic balance inverse problem / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 3. С. 6509-6519.
2. Lankin Anton Mikhailovich, Lankin Mikhail Vladimirovich, Gorbatenko Nikolay Iva-

novich, Shaykhutdinov Danil Vadimovich. Determination of Weber-Ampere Characteristics of Electric Devices Using Solution of Inverse Problem of Harmonic Balance. Modern Applied Science; Vol. 9, No. 8; 2015.

3. Ланкин М.В. Методика метрологической аттестации устройств автоматического контроля // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2003. № 1. С. 69-72.

4. Ланкин М.В. Метрологическое обеспечение процессорных средств испытания постоянных магнитов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 3. С. 69-73.

5. Новиков А.И. Опыт применения альтернативных источников энергии в транспортно-технологическом комплексе // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. - № 1. - С. 62-66. DOI: 10.12737/13062.

6. Gorbatenko, N., Lankin, M., Shaykhutdinov, D., Gazarov, K., Kolomiets, A. Electromagnetic induction system for testing ferromagnetic shape memory alloys // Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011, Harbin, Heilongjiang, 2011, pp. 194 - 196.

7. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Решение обратной задачи метода гармонического баланса // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 4-й научно-практической internet-конференции. Ульяновск, 2014. С. 117-122.

8. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Метод измерения вебер-амперной характеристики электротехнических устройств // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-12186>

9. Lankin A.M., Lankin M.V Getting weber - voltage characteristics using the method of harmonic balance// The Second International Conference on Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. 2014. С. 264-270.

10. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Наугольнов О.А. Управление магнитным состоянием изделий из магнитомягких материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-5. С. 1005-1009.

11. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Метод измерения вебер – амперной характеристики базирующийся на решении обратной задачи мгб // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 167.

12. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М. Топография магнитного поля в окрестностях образца из магнитомягкого материала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 178.

13. Наракидзе Н.Д., Ланкин А.М., Ланкин М.В. Адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при определении основной кривой намагничивания // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 181.

14. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Кучеров В.А., Наугольнов О.А Применение алгоритма натурно-модельных испытаний для диагностики электротехнических систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/125-19975>

15. Ланкин А.М. Решение обратной задачи гармонического баланса в натурно-модельном эксперименте определения вебер-амперных характеристик электро-технических изделий: монография. / А.М. Ланкин, М.В. Ланкин. – Москва: ООО "Книжный перекресток", 2015. –127 с.

16. Ланкин М.В. Устройства измерения ВАХ электротехнических изделий переменного тока: монография. / М.В. Ланкин., А.М. Ланкин – Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2015. – 112 с.

17. Горбатенко Н. И., Ланкин М. В. Информационно-измерительная система для испытания постоянных магнитов// Электротехника. – 2004. – N8. – С.55-58.

18. Горбатенко Н.И.; Ланкин М.В. Information and measuring system for permanent-magnet tests // Russian Electrical Engineering - 2004. - Т. 75. № 8. - С. 63-66.

19. Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Метод решения обратных задач магнитных измерений // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 58-60.

© Ланкин А.М., Бакланов А.Н., Казарян А.А., Ковалев И.С., 2015

**Марусин Александр Вячеславович**  
аспирант кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., РФ

**Данилов Игорь Кеворкович**  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., РФ

**Марусин Алексей Вячеславович** –  
Аспирант кафедры «Транспортных систем» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ), РФ

**Попова Ирина Михайловна**  
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., РФ

**Aleksander V. Marusin** – the post-graduate student of Department «Cars and engines» Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

**Igor K. Danilov** – Dr. Sci.Tech, professor, head of Department «Cars and engines» Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

**Aleksey V. Marusin** – the post-graduate student of Department «Transport systems» Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE), Russian Federation

**Irina M. Popova**  
candidate of economic science, docent of Department «Cars and engines» Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

## **ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ**

### **JUSTIFICATION MATHEMATICAL RELATIONSHIPS FOR THE DESIGN AND CALCULATION OF INDICATORS OF THE FUEL SYSTEM OF DIESEL ENGINES**

Ключевые слова: Плунжерная пара; коэффициент сжимаемости; коэффициент динамической вязкости; топливный насос высокого давления; дизель; моделирование процессов.

Keywords: plunger pair; compressibility factor; the dynamic viscosity; high pressure fuel pump; diesel; process modeling.

Рассматривается вопрос оптимизации расчёта топливной аппаратуры дизеля. Исследуется влияние параметров дизельного топлива, показатели и функции чувствительности изменения параметров математических моделей. На основании экспериментальных данных построены регрессионные модели процессов, происходящих в топливном насосе высокого давления дизеля (ТНВД). Характер зависимостей был получен кубической сплайн-интерполяцией. Получена математическая модель процесса сжимаемости топлива в плунжерной паре ТНВД дизеля с возможностью количественной оценки влияния значений коэффициента сжимаемости, коэффициента кинематической вязкости дизельного топлива, величины зазора в плунжерной паре, изменения скорости движения плунжера, изменения объёма топлива над плунжером на результаты моделирования.

The question of optimization calculation of diesel fuel equipment. The influence of parameters of diesel fuel performance and sensitivity function changes the parameters of mathematical fashion-lei. On the basis of experimental data, the regression model of the processes occurring in high pressure fuel pump diesel (fuel pump). The nature of dependency was obtained cubic spline interpolation. The mathematical model of the compressibility of the fuel in the injection pump diesel pump element with the ability to quantify the effect of the compressibility factor, coefficient of cinematic viscosity of diesel fuel, the gap in the pump element, change the speed of movement of the plunger, changes in the volume of fuel in the plunger on the simulation results.

В математических моделях, характеризующих работу топливных насосов высокого давления дизелей используется большое количество параметров, существенно влияющих на качественную динамику изменения значений давления дизельного топлива [1,4-7]. Однако, в материалах статей не рассматриваются вопросы оценки степени количественного влияния параметров дизельного топлива, показателей и функций чувствительности изменения параметров на результаты моделирования, отсутствуют данные по степени чувствительности и значимости каждого из параметров.

Предварительные исследования математических моделей процессов, происходящих в плунжерной паре ТНВД, показали большое влияние на результаты моделирования давления, коэффициента сжимаемости дизельного топлива, коэффициента кинематической вязкости, величины зазора в плунжерной паре и скорости движения плунжера. В этой связи были сформулированы следующие задачи теоретического исследования: разработать математическую модель процесса сжимаемости топлива в плунжерной паре ТНВД дизеля, количественно оценить влияние значений коэффициента сжимаемости, коэффициента кинематической вязкости дизельного топлива, величины зазора в плунжерной паре, изменения скорости движения плунжера, изменения объёма топлива над плунжером ТНВД.

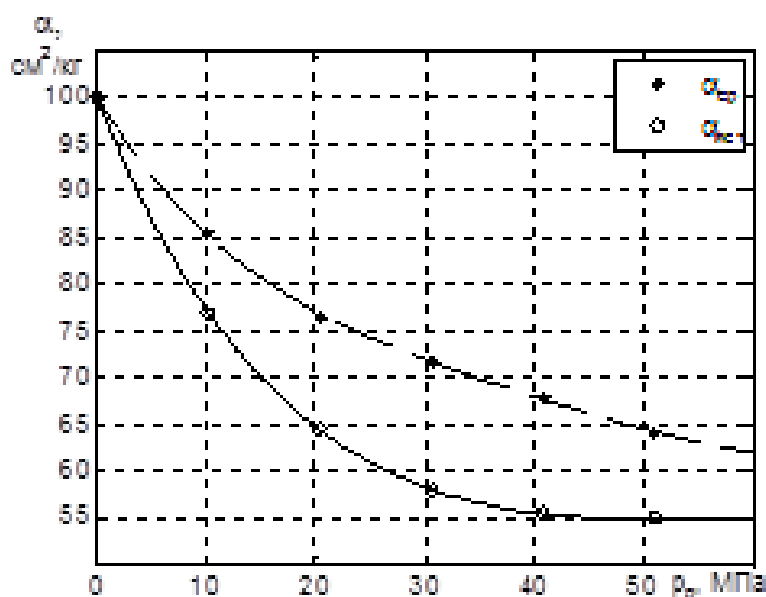
На первом этапе исследования рассматривается только один из элементов математической модели системы топливоподачи дизеля - процесс сжимаемости в плунжерной паре. При закрытом выходе ТНВД развиваемая производительность плунжерной пары – подача дизельного топлива утекает по щели между втулкой и плунжером. При моделировании нами использовались следующие допущения: подача плунжерной пары соответствовала утечкам по зазору между плунжером и втулкой; значения коэффициента динамической вязкости и сжимаемости изменяются с ростом давления топлива над плунжером; не учитывается перепад давлений в нагнетательном клапане насоса, вследствие его малости.

Учитывая коэффициент сжимаемости топлива, дифференциальное уравнение, описывающее процесс изменения давления над плунжером насоса высокого давления, имеет вид [1]:

$$\alpha_m(p) \cdot V_p(\varphi) \cdot dp/dt = f_p \cdot c_p + Q_{pH}, \quad (1)$$

где  $\alpha_m(p)$  – коэффициент сжимаемости топлива;  $V_p(\varphi)$  – объём полости над плунжером;  $f_p$  и  $c_p$  — площадь сечения и мгновенная скорость плунжера насоса;  $p$  — давление топлива над плунжером;  $t$  – время;  $Q_{pH}$  – объёмный расход утечек через щель плунжер–втулка ТНВД;  $\varphi$  – частота вращения распределительного вала дизеля.





**Рисунок 1 - Зависимость коэффициента сжимаемости дизельного топлива от начального давления  $p$ .  $\alpha_{ист}$  - значения истинного коэффициента сжимаемости  $\alpha_{ср}$  - средние значения коэффициента сжимаемости**

ления ( $p_p$ ) в форме многочлена четвертого порядка:

$$\alpha_{ср} = a_1 \cdot p^4 + a_2 \cdot p^3 + a_3 \cdot p^2 + a_4 \cdot p + a_5, \quad (2)$$

где  $a_1 = 5.1569 \cdot 10^{-6}$ ;  $a_2 = -8.3799 \cdot 10^{-4}$ ;  $a_3 = 0.0531$ ;  $a_4 = -1.9148$ ;  $a_5 = 100.06$ .

Значения истинного коэффициента сжимаемости дизельного топлива ( $\alpha_{ист}$ ) от начального давления над плунжером ( $p_p$ ) в виде многочлена пятого порядка:

$$\alpha_{ист} = a_1 \cdot p^5 + a_2 \cdot p^4 + a_3 \cdot p^3 + a_4 \cdot p^2 + a_5 \cdot p + a_6, \quad (3)$$

где  $a_1 = -7.5712 \cdot 10^{-8}$ ;  $a_2 = 1.4734 \cdot 10^{-5}$ ;  $a_3 = -0.0014$ ;  $a_4 = -2.9671$ ;  $a_5 = 0.0825$ ;  $a_6 = 99.997$ .

При расчетах процесса подачи в дифференциальное уравнение математической модели процессов обычно вводится истинный коэффициент сжимаемости дизельного топлива. Исследования по моделированию процессов в плунжерной паре с закрытым выходом ТНВД проводились для конструкции дизельного плунжерного топливного насоса высокого давления с электромагнитным клапаном производства ООО «ППП Дизельавтоматика» (г. Саратов).

При моделировании использовалась экспериментальная табличная зависимость значений перемещения плунжера ( $h_p$ ) ТНВД от угла поворота ( $\varphi$ ) распределительного вала дизеля 16ЧН26/26, которая для относительных значений перемещения плунжера приведена в форме графика на рисунке 2. Интерполяция табличной зависимости перемещения плунжера от угла поворота распределительного вала ( $\varphi$ ) была получена с использованием численного метода вычислительной математики – кубической сплайн-интерполяции.

Значения скорости ( $v_p$ ) и ускорения ( $a_p$ ) плунжера рассчитывались численным дифференцированием интерполяционной табличной зависимости перемещения плунжера ( $h_p$ ) по углу поворота ( $\varphi$ ) распределительного вала ТНВД.

При расчёте относительных значений перемещения ( $h_p$ ), скорости ( $v_p$ ) и

В исследовании использовалась табличная экспериментальная зависимость истинного и среднего значений коэффициентов сжимаемости топлива от начального давления  $p$  [1], которая в форме графиков приведена на рисунке 1.

По табличным данным [1-4] построены регрессионные математические зависимости: значений среднего коэффициента сжимаемости дизельного топлива ( $\alpha_{ср}$ ) от начального да-

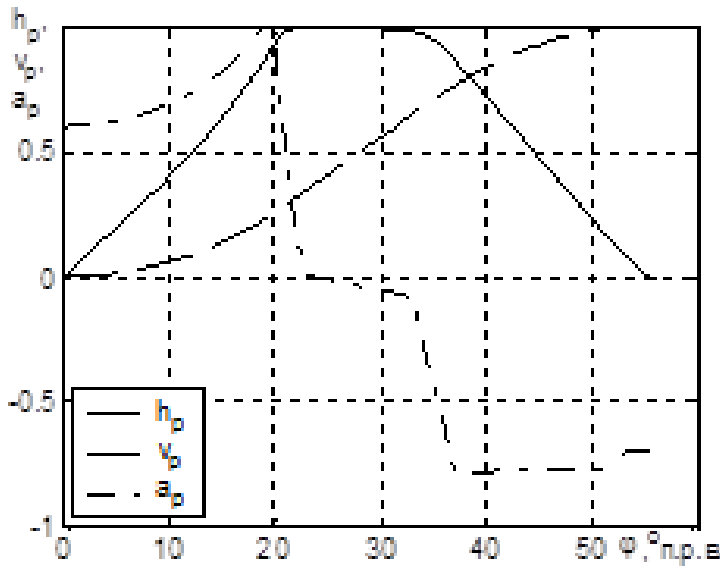


Рисунок 2 - Зависимость относительных экспериментальных значений перемещения ( $h_p$ ) и расчётных значений скорости ( $v_p$ ) и ускорения ( $a_p$ ) плунжера ТНВД от угла поворота кулачкового вала дизеля 16ЧН26/26

плунжера ТНВД;  $d$  и  $l$  – соответственно, диаметр и длина втулки;  $\beta_э$  – поправочный коэффициент на эксцентricность сопряжения (от 1,15 до 1,4);  $\Delta p = p_p - p_0$  – перепад давлений в уплотнении;  $c_\mu = 1,0025$  – коэффициент с постоянным значением;  $\mu_{то}$  – динамическая вязкость топлива при атмосферном давлении  $p_0 = 0,1$  МПа.

В уравнении (4) учитывается изменение коэффициента динамической вязкости  $\mu_{тр}$  от давления  $p_p$  над плунжером ТНВД [2-4]:

$$\mu_{тр} = \mu_{то} \cdot c_\mu^{p/p_0} \quad (5)$$

Известны различные зависимости коэффициента кинематической вязкости топлива от температуры.

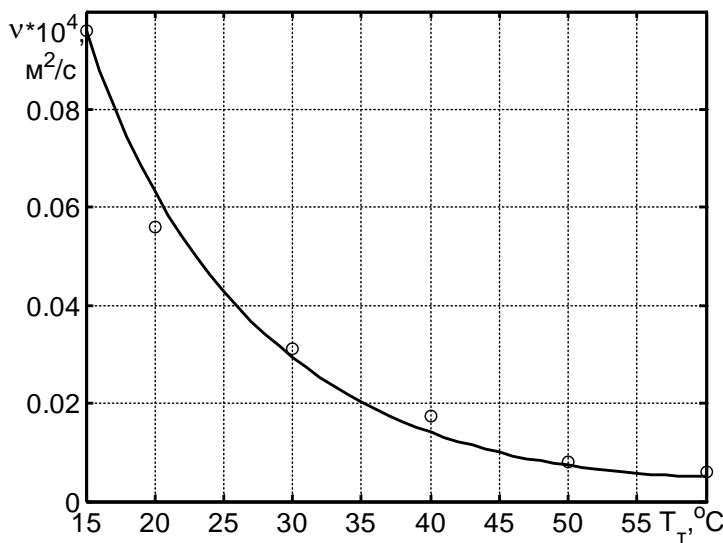


Рисунок 3 - Зависимость кинематической вязкости ( $\nu$ ) дизельного топлива от его температуры ( $T_t$ ):  $\circ$  – данные эксперимента; — – расчёт по регрессионной модели

ускорения ( $a_p$ ) плунжера, были использованы их максимальные значения соответственно  $h_{p,max} = 0,022$  м. при  $\varphi = 56^\circ$  п.р.в.;  $v_{p,max} = 2,017$  м/с при  $\varphi = 23^\circ$  п.р.в.;  $a_{p,max} = 0,383$  м/с<sup>2</sup> при  $\varphi = 19^\circ$  п.р.в.

Уравнение объёмного расхода топлива в зазоре по сопряжению плунжер-втулка ТНВД имеет следующий вид [2,8,10,11]:

$$Q_{PH} = \pi \cdot \beta_э \cdot \Delta p^2 \cdot \delta^3 \cdot d \cdot \ln(c_\mu) / (12 p_0 \cdot \delta \cdot \mu_{то} \cdot l \cdot (c_\mu^{\Delta p/p_0} - 1)) \pm \pm (\pi \cdot u \cdot d \cdot \delta / 2), \quad (4)$$

где  $\delta$  – величина кольцевого зазора;  $u$  – скорость

топлива от температуры. Коэффициенты динамической ( $\mu_{тр}$ ) и кинематической ( $\nu$ ) вязкости дизельного топлива связаны между собой:

$$\nu = \mu_{тр} / \rho_t, \quad (6)$$

где  $\rho_t$  – плотность дизельного топлива.

По табличным данным экспериментальной зависимости кинематической вязкости ( $\nu$ ) дизельного топлива от температуры ( $T_t$ ) [8-11], построена регрессионная зависимость, которая имеет следующий вид:



$$v_p = a + c \cdot \log(T_T) + d \cdot \log(T_T)^2, (7)$$

где  $a = 0.76149543$ ;  $c = -0.36487040$ ;  $d = 0.043988593$ ;  $v_p$  – расчётная кинематическая вязкость дизельного топлива.

Регрессионная зависимости (7) кинематической вязкости ( $v$ ) дизельного топлива от его температуры ( $T_T$ ) приведена на рисунке 3.

По аналитическим зависимостям построена структурная схема обобщенной математической модели в среде визуального графического программирования Simulink, представленная на рисунке 4.

Таким образом, представленная модель и схема являются ориентиром для проектирования и расчета гидравлических показателей дизельного топлива в трубопроводах.

### Библиографический список

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / И. Васильев, Ю. М. Гусев, А. И. Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1989. —240 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Системы двигателей внутреннего сгорания / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4е изд. – М. Машиностроение, 1983. – 372 с.
3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. – М.: Легион-Автодата. 2004. – 344с.
4. Быгаев А.М. Система подачи альтернативного топлива в дизеле / А.М. Быгаев, А.О. Ерохин, Ю.А. Заяц // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. №. 1. С. 25-27.
5. Сафиуллин Р.Н., Тихов А.И. Разработка технических решений по автоматизации стендовых испытаний и диагностирования двигателей внутреннего сгорания автотранспорта. Автотранспортное предприятие.- 2013.- №5.- С.48-50.
6. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г.. Оптимизация объема выбора при обработке быстроменяющихся величин в двигателях внутреннего сгорания. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта. -2013. -№9.- С.52-54.
7. Сычёв А.М., Брагин Т.М., Степанов М.Ф., Степанов А.М. Построение математической модели дизель-генератора по данным эксперимента / Сб. трудов XXI Междунар. науч. конф.: в 10 т. / под общ. ред. В.С. Балакирева. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008.- Т. 6. С.323-326.
8. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. -Л.: Машиностроение. 1990. 352 с.
9. Salimov B.N., Vinogradov A.N., Kushaliev D.K., Hamsin A.M., Adilova N.B., Narikov K.A. Development of new friction bearing for swinging movement in knots of transport equipment and its processing by superfinishing // Life Science Journal.- 2014. 11 (1s). - P. 286-290.
10. Ahlin Kristina. Modelling of pressure waves in the Common Rail Diesel Injection System // Link Aoping. December 11, 2000. – 57 p.
11. Xuan Theien Tran. Modelling and simulation of electronically controlled diesel injectors. – Sydney, 2003. – 155 p.

© Марусин Александр В., Данилов И.К., Марусин Алексей В., Попова И.М., 2015

**Овчарук Б.В.**

ассистент кафедры автомобилей и  
автомобильного хозяйства  
Донбасской национальной академии  
строительства и архитектуры,  
Украина

**Криволап В.В.**

старший преподаватель кафедры  
автомобилей и автомобильного  
хозяйства Донбасской национальной  
академии строительства и  
архитектуры, Украина

**Ovcharuk B.V.**

assistant of automobiles and automobile  
industry department, Donbas National  
Academy of Civil Engineering and  
Architecture, Ukraine

**Krivolap V.V.**

senior lecturer of automobiles and  
automobile industry department, Donbas  
National Academy of Civil Engineering  
and Architecture, Ukraine

**СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПЯТНА КОНТАКТА ШИН В  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ И НАГРУЗКИ**

**METHODS OF DETERMINING THE AREA OF THE CONTACT PATCH OF  
THE TIRE IN DEPENDENCE ON PRESSURE AND LOAD**

Ключевые слова: пневматическая шина, пятно контакта, осевая нагрузка, стенд, неделимый груз

Keywords: a pneumatic tire, the contact patch, the axial load, stand, indivisible cargo

В статье рассмотрены методы и средства определения площади пятна контакта шин колеса с целью снижения удельного давления автомобильных транспортных средств для перевозки тяжелых неделимых грузов на дорогу путем оптимизации площади пятна контакта шин в зависимости от давления и нагрузки.

The article considers the methods and means of determining the area of the contact patch of the tire wheels to reduce the specific pressure of motor vehicles for the transport of heavy indivisible loads on the road by optimizing the area of the contact patch of the tire in dependence on pressure and load.

Изучение влияния весовых параметров автотранспортных средств (АТС) на дорожное покрытие, его описание и определение фактических данных – одна из основных проблем сегодняшнего дорожного строительства. Эти данные необходимы для снижения удельного давления АТС на дорожное покрытие, определения маршрутов движения АТС, уточнения действующих нормативных документов на устройство дорожного покрытия, а также для их разработки на перспективу.

Вес современных одиночных большегрузных АТС превышает 40 т, магистральных автопоездов достигает 50 тонн и более, а вес АТС перевозящих тяжелые неделимые грузы достигает 300 и более тонн[1, с. 29]. При этом возрастают нагрузки на оси АТС и их разрушающее воздействие на дорожное покрытие.

Известно, что связь АТС с дорогой осуществляется посредством колёс. Пневматическая шина является наиболее важным элементом автомобильного колеса.

Основное назначение шины – нести нагрузку, приходящуюся на колесо АТС.

Шина непосредственно соприкасается с поверхностью дороги. Будучи накачана воздухом, шина становится упругой и способна воспринимать большие нагрузки. Под действием внешней нагрузки шина получает сложную деформацию [2, с. 127]. Эту деформацию для удобства изучения обычно разделяют на ряд более простых: радиальную (нормальную), окружную (тангенциальную), поперечную (боковую) и угловую. Однако достаточно четкое разграничение указанных деформаций не всегда удается получить ввиду их взаимной связи.

Большое значение имеет изучение нормальной деформации шины. Под действием приложенной к колесу нормальной нагрузки  $G_k$  шина начинает деформироваться, площадь пятна контакта её с дорогой увеличивается до тех пор, пока не наступает равновесие между подъёмной силой (нормальной реакцией дороги) и нагрузкой. Это происходит почти при неизменном давлении воздуха в шине. Объём воздуха, вытесненный при деформации шины, по сравнению с объёмом воздуха в камере очень мал, поэтому увеличение давления в шине вследствие нагрузки также мало.

Величина нормальной деформации зависит от размеров и конструкции шины, материала из которого она изготовлена, ширины обода, твердости дороги, давления воздуха  $P_w$ , нагрузки  $G_k$ , величины окружного  $P_k$  и бокового усилий, приложенных к колесу. По своей величине радиальная, окружная и поперечная деформации шины ведомого колеса мало чем отличаются от соответствующих деформаций неподвижного колеса в том случае, если скорость движения АТС невелика.

Учитывая, что АТС для перевозки тяжелых неделимых грузов представляют собой многоосные прицепы и полуприцепы с ведомыми колесами, а скорость их передвижения невелика ( $\approx 10$  км/ч) [3, с. 185], то для них применим метод измерения площади пятна контакта шин неподвижного колеса.

Знание площади пятна контакта позволяет определить удельное давление шины на поверхность дороги и соответственно определить разрушающее воздействие АТС на дорожное покрытие.

На практике нормальную деформацию и площадь пятна контакта шины определяют на специальных стендах, прикладывая к колесу соответствующую нагрузку и изменяя давление. Однако такие стенды не выпускаются серийно, а создаются для лабораторных испытаний самостоятельно.

Учитывая разнообразие конструкций одиночных большегрузных АТС, АТС для перевозки тяжелых неделимых грузов и моделей применяемых шин, можно сделать вывод, что работы по определению площади пятна контакта шин являются актуальными.

Для измерения площади пятна контакта шин или наблюдения за его величиной и формой используют стенды в основном следующих типов:

- с отпечатком пятна контакта крашеной беговой дорожки шины на твердой недеформируемой прокладке, расположенной между шиной и твердой опорной поверхностью с последующей его обработкой[2, с. 155];

- с прозрачной опорной поверхностью и фотографированием пятна контакта камерой или проектированием его через оптические приборы на экран [4;5;6, с. 121];

- с опорной поверхностью в виде «коврика» с большим количеством недеформируемых пьезокристаллических датчиков с компьютерной обработкой данных и выводом их на экран [7, с. 9].

Первый тип стенда является простым, но трудоемким в получении отпечатка пятна контакта и обработке данных.

Второй тип стенда более сложный, а процесс обработки данных также является трудоемким.

Третий тип стенда конструктивно наиболее сложный и по стоимости самый дорогой, однако все операции по обработке данных выполняются в автоматическом режиме. Эти типы стендов уже изготавливаются некоторыми зарубежными производителями. Данный стенд используется для измерения удельного давления и его распределения в пятне контакта шин пассажирских, грузовых, внедорожных, сельскохозяйственных и авиационных транспортных средств. Система, оборудованная стендом подобного типа, осуществляет сравнение характеристик различных шин относительно друг друга или сравнение характеристик одной шины при различной нагрузке и внутреннем давлении.

Данная информация необходима для проведения анализа различных резиновых смесей и дизайна протектора, осуществления замеров с целью контроля качества, выполнения сопоставительного конкурентного анализа и оценки воздействия подвески транспортного средства на шину. Также при использовании данного типа стендов имеется возможность не только измерить площадь пятна контакта шины, но и определить нагруженные и не нагруженные участки внутри периметра общей контактной площади пятна, длину и ширину контактного пятна, профиль давления поперечного сечения и многое другое.

Сенсоры могут устанавливаться непосредственно на дорожном полотне, на полу гаража, монтироваться на испытательный стенд, либо прикрепляться к движущейся планке тестовой машины. Сенсоры могут быть установлены даже под землей и будут производить замеры, находясь внутри грунта.

Кроме того, такой метод перспективен при внедрении на автомобильных дорогах интеллектуальных транспортных систем[8, с. 123]. При оборудовании участка пути пьезокристаллическими датчиками, данные с этих датчиков могут в режиме реального времени передаваться на телематический сервер[9, с. 278]. Полученная информация может быть в дальнейшем использована как при проектировании АТС, так и при строительстве автомобильных дорог. Оборудование для стендов подобного типа показано на Рисунке 1.



**Рисунок 1 – Стенд для определения площади пятна контакта шин с пьезокристаллическими датчиками**

Схема определения площади пятна контакта шины колеса с использованием специально разработанного стенда представлена на Рисунке 2. На конструкцию стенда получен патент Украины [10].

На опорном элементе со стеклом установлено устройство для снятия изображений, дополнительно стенд оснащен пассивными гидроцилиндрами, поршни которых соединены с устройством для закрепления колеса, и датчиком и блоком управления и контроля.

На корпусе 5 стенда установлены устройства 6 для закрепления колеса и привод, в состав которого входят электромоторы 1, кинематически связанные с ними муфты 2, редукторы 3, винты 4, гайки 7. К гайкам присоединены каретки 8, а к ним - опорный элемент 9 со стеклом 10. На опорном элементе устанавливается устройство обработки изображений 11, данные с которого передаются на ЭВМ 12. Также на стенде закреплены гидроцилиндры 14 с компенсационным бачком 15, датчик 17 с цилиндром 16, манометр 18, блок управления и контроля 19, блок питания 21 и блок управления электромоторами 22.

Определение площади пятна контакта выполняется в следующем порядке:

- колесо устанавливается в вертикальном положении на стенде. Ось колеса своими концами закреплена в устройствах для закрепления 6, которые подвижно смонтированы на корпусе 5 стенда, имея одну степень свободы. Будучи включенными, электромоторы 1 через муфты 2 и редукторы 3 вращают винты 4, которые перемещают гайки 7 и жестко соединенные с ними каретки 8.

Закрепленный между каретками опорный элемент 9 прижимается к шине именно той своей частью, в которой установлено стекло 10, достаточно прочное, чтобы выдержать приложенную нагрузку;

- вследствие прижатия опорного устройства к шине устройства для закрепления 6 колеса перемещаются в направляющих на корпусе. К концам устройств для закрепления присоединены поршни 13 гидроцилиндров 14,



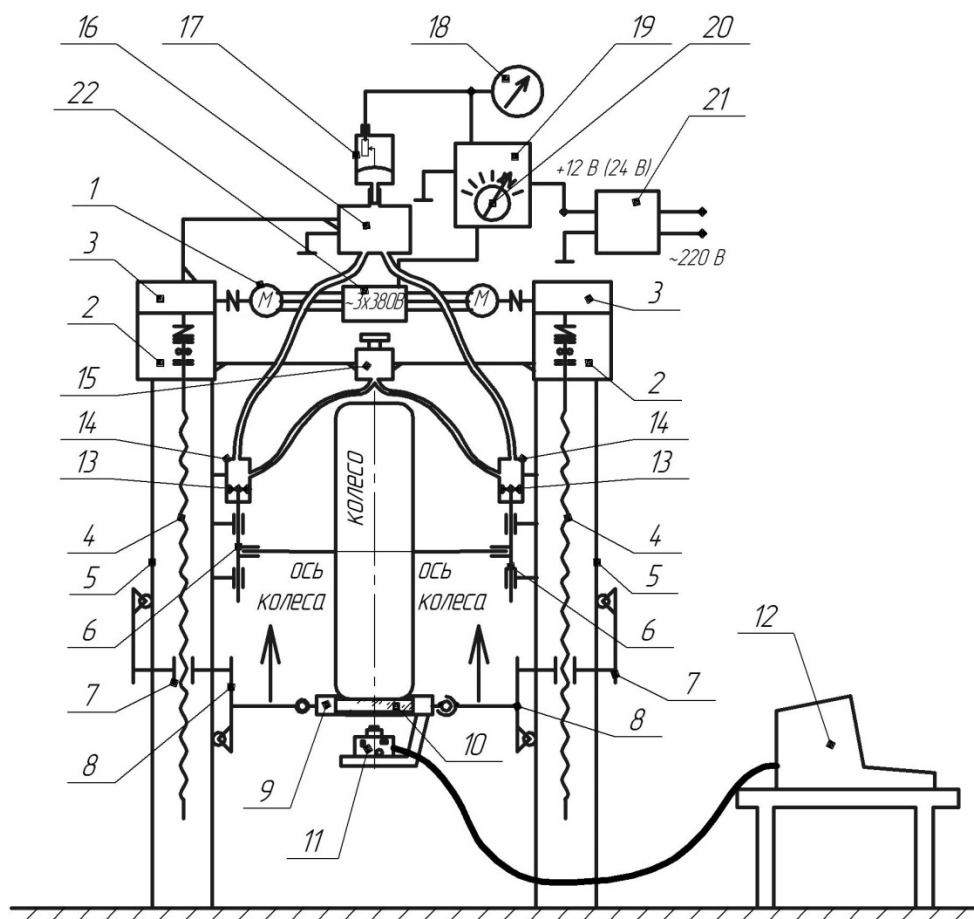


Рисунок 2 - Схема определения площади пятна контакта шины колеса.

жестко смонтированных на корпусе 5. В гидроцилиндрах создается давление, и гидравлическая жидкость, содержащаяся в компенсационном баке 15 и предварительно заполняющая гидроцилиндры 14, вытесняется поршнями в цилиндр 16 датчика 17 (приоритетно - автомобильного типа, работающего от тока 12 В или 24 В). Сигнал с датчика передается на электрический манометр 18 (также автомобильного типа), для визуального контроля нагрузки прижима, и на блок управления и контроля (БУК) 19. БУК, манометр 18 и датчик 17 питаются с помощью блока питания 21, который преобразует напряжение сети ~ 220В в необходимые 12 В или 24 В. БУК 19 имеет регулирующую ручку 20 с помощью которой устанавливается величина сигнала датчика и, соответственно, сила прижима опорного устройства к колесу имитирует нагрузку на колесо, при достижении которой БУК 19 подает соответствующий сигнал на блок управления электромоторами 22, который прекращает подачу энергии на них. В результате сила прижима опорного устройства к колесу стабилизируется, и становится возможным изучать пятно контакта шины с опорной поверхностью (стеклом), которое является практически идентичной пятну, которое возникнет при контакте с твердым асфальтом при той же нагрузке;

- изображение пятна снимает закрепленная под стеклом цифровая камера 11, которая передает полученные данные на ЭВМ 12. На устройстве вывода (мониторе) можно видеть форму, пропорции, а при применении видеокамеры - еще и наблюдать изменение пятна при изменении нагрузки на шину;

- с помощью специального программного обеспечения вычисляется площадь пятна контакта шины с опорной поверхностью.

Применение разработанных метода и стенда для определения площади пятна контакта шин позволяет:

- определять фактическое разрушающее воздействие конкретных моделей АТС на дорожное покрытие;

- снижать удельное давление большегрузных АТС и АТС для перевозки тяжелых неделимых грузов на дорожное покрытие путем оптимизации площади пятна контакта шин от давления воздуха и нагрузки;

- использовать полученные данные для совершенствования нормативных документов дорожного строительства и разработки их на перспективу.

### Библиографический список

1. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда [Текст] / В. А. Петрушов. - М.: Торус-Пресс, 2008.– 352 с.

2. Работа автомобильной шины [Текст] / под ред. В.И. Кнороза.- М. Транспорт, 1976. 238 с. : ил.

3. Бурков М.С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта [Текст] : учеб. для вузов / М. С. Бурков. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1979. - 296 с. : ил.

4. А. с. 985734 СССР, МПК (7) G01L1/24. Стенд для исследования давлений в области контакта колес с опорной поверхностью [Текст] / Л. Л. Лагонский, В. В. Иванов, Е. А. Платковский, А. П. Беланов (СССР). -№ 3253690 ; заявл. 02.03.1981 ; опубл. 30.12.1982.

5. А. с. 1124195 СССР, МПК (7) G01M17/02. Устройство для измерения площади контакта пневматической шины с дорогой [Текст] / Л. Л. Лагонский, В. В. Иванов, Н. Н. Черняев, Г. С. Пискунов, Е. А. Платковский, А. П. (СССР). -№ 3626537 ; заявл. 22.07.1983 ; опубл. 15.11.1984.

6. Голомидов А. М. Исследование характеристик шин легковых автомобилей [Текст] / А. М. Голомидов // Министерство высшего и среднего специального образования УССР. Автомобильный транспорт. Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – 1975, № 12. - С. 121-124.

7. Семенов В. К., Белкин А. Е. Экспериментальное исследование гистерезисных свойств протекторных резин в условиях циклического нагружения, характерного для автомобильных шин [Текст] / В. К. Семенов, А. Е. Белкин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013, № 2. – С. 9-14.

8. Овчарук Б. В. Целесообразность и перспективы внедрения спутникового мониторинга за подвижным составом автомобильного транспорта [Текст] / Б. В. Овчарук // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. -2014, № 1. – С. 122-125.

9. Miroslav Svitec, Vladimir Faltus, Zdenec Lokaj. Pilot testing of certifications method developed for ITS applications using GNSS systems // Communications in Computer and Information Science. 2010. Vol. 104. Transport Systems Telematics : 10th Conference, TST 2010, Katowice – Ustron, Poland, October 20-23, 2010. P.278-285.

10. Патент на корисну модель 62572 України, МПК G01M 17/02. Стенд для визначення плями контакту шин з опорною поверхнею [Текст] / В. В. Криволап, С. В. Крахін, В. Г. Скрипкарь ; заявник і патентовласник В. В. Криволап, С. В. Крахін, В. Г. Скрипкарь. - № 201011528 ; заявл. 28.09.2010 ; опубл. 12.09.2011.

© Овчарук Б.В., Криволап В.В., 2015

**Пархоменко А.А.**

студент 3 курса института транспорта и логистики Луганского университета им. В. Даля, ЛНР

**Васильев И.П.**

канд. техн. наук, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания Луганского университета им. В. Даля, ЛНР

**Parhomenko A. A.**

3 th year student of the Institute of Transport and Logistics of Lugansk University of V. Dahl, LNR

**Vasyliiev I. P.**

Ph. D., assistant professor of Internal Combustion Engine, Lugansk University of V. Dahl, LNR

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ВОЗДУХА**

### **DEVELOPMENT OF THE WAY OF AUTOMATIC CONTROL OF THE MASS CONSUMPTION OF AIR**

Ключевые слова: массовый расход воздуха, температура окружающей среды, барометрическое давление

Keywords: mass consumption of air, ambient temperature, barometric pressure

В статье рассмотрен способ автоматического регулирования массового расхода воздуха. Представлена схема устройства для реализации предложенного способа. Разработана блок-схема алгоритма регулирования заданного массового расхода воздуха, учитывающая изменения окружающей температуры и барометрического давления.

In article the way of automatic control of a mass consumption of air is considered. The device scheme for realisation of the offered way is presented. The block diagramme of algorithm of regulation of the set mass consumption of the air, considering changes of surrounding temperature and barometric pressure is developed.

В настоящее время для улучшения экологических и экономических показателей транспорта проводятся разнообразные исследования в различных областях науки и техники с привлечением современного оборудования и новых методов испытаний.

Применительно к двигателестроению, которое является основной составляющей транспорта, исследования, проводятся в следующих направлениях:

- использование новых топлив, включая альтернативные (биотоплива, биоспирты, биогаз);
- совершенствование рабочих процессов двигателей;
- создание специальных испытательных стендов с использованием современных методов исследований и нового оборудования.

При получении новых топлив по мере совершенствования технологии возникает вопрос о получении топлив с заданными свойствами, отвечающим все более жестким экологическим требованиям. Имитировать свойства таких топлив возможно смешиванием различных компонентов биотоплив [1, с. 640-646].

При этом открываются возможности по необходимому варьированию ха-

рактических новых биотоплив, например, по мутагенному и канцерогенному воздействию. При этом выявлено, что синтетические топлива обладают значительно меньшим мутагенным воздействием, чем дизельное топливо. В частности, такими компонентами этих топлив могут быть спирты [2, с. 588-595].

Проводятся работы по совершенствованию рабочих процессов двигателей для решения актуальных на данное время задач, например, снижение вредных и парниковых газов с отработавшими газами.

Примером использования различных методов исследований является применение спектроскопии для исследования сгорания в дизельном двигателе [3, с. 385-390].

Возможно проводить диагностирование двигателя путем индицирования камеры сгорания и разработка соответствующего алгоритма обработки данных с учетом среднего эффективного давления трения [4, с. 229-230, 233].

В некоторых случаях для более точного исследования процессов, происходящих в камерах сгорания, создаются установки единичных циклов впрыска топлива с кинорегистрацией процесса впрыскивания [5, с. 1-2].

При этих исследованиях использовался опыт оптических исследований процессов в двигателях [6, с. 726-733, 7, с. 762-771].

Сигналы от кинокамеры фиксируются и обрабатываются в компьютерах с получением результатов изменения по времени: дальнобойности, угла раскрытия струи, продольного сечения струй, периметра струй и центра тяжести струи. Данные результаты могут быть получены, как для всех струй, так и для каждой струи отдельно [8, с. 37-41].

К применению исследовательского оборудования возможно отнести использование цифрового видеэндоскопа, который обеспечивает оценку неисправностей при безразборной диагностике двигателя [9, с. 109-111].

Это позволяет, в некоторых случаях, исключить трудоемкий процесс разборки двигателя для проведения диагностики.

Находит использование в диагностике оценка неравномерности вращения коленчатого вала [10, с. 119-121].

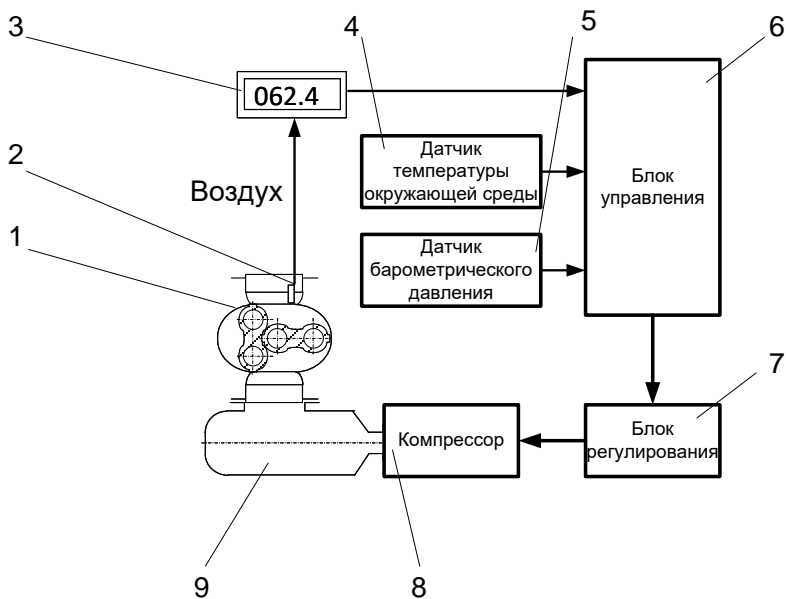
Возможно выявление закономерностей влияния момента инерции маховика на неравномерность крутящего момента и хода двигателя [11, с. 98-101].

Для поддержания постоянных оборотов двигателя разработан алгоритм управления с заданной точностью [12].

Учитывая, что в некоторых исследованиях необходимо иметь постоянный расход воздуха, то представляется следующая разработка. Традиционно производится определение объемного расхода воздуха, но он зависит от температуры окружающей среды и барометрического давления. Поэтому более точно необходимо определять массовый расход воздуха.

Схема установки для реализации постоянного массового расхода воздуха приведена на рисунке 1.

Согласно схеме при работе фиксируется объемный расход воздуха, температура окружающей среды и барометрическое давление. Данные параметры поступают в блок управления, в котором производится приведение объемного расхода воздуха к нормальным условиям, а затем расчет массового расхода

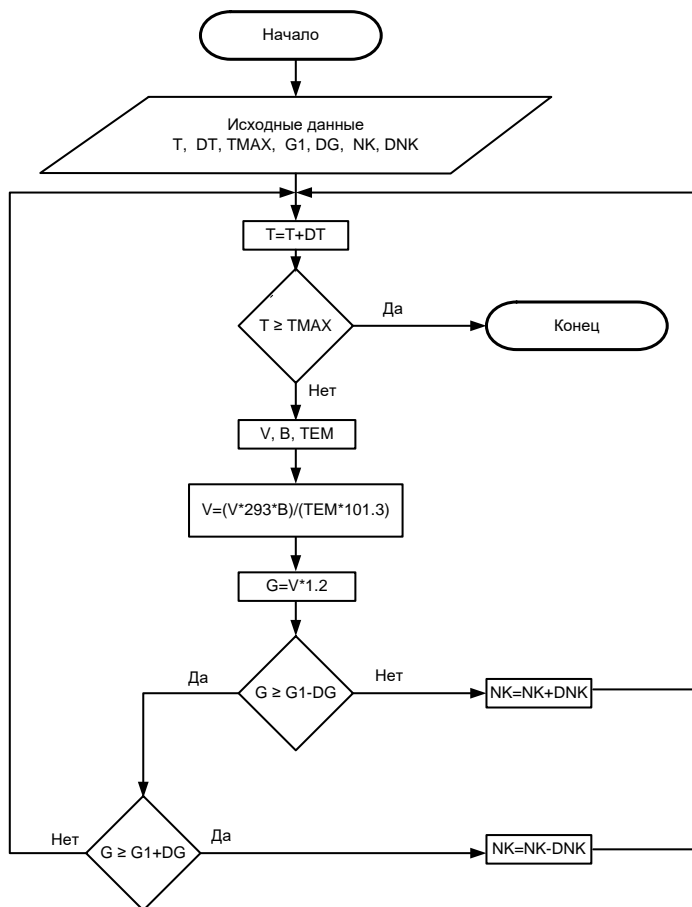


**Рисунок 1 – Общая схема автоматического замера и регулирования массового расхода воздуха:**

1-газовый счетчик; 2-индукционный датчик; 3-показывающий прибор; 4-датчик температуры окружающей среды; 5-датчик барометрического давления; 6-блок управления; 7-блок регулирования; 8-компрессор; 9-ресивер

воздуха. Далее производится сравнение с заданным значением и с необходимой точностью осуществляется регулирование расхода воздуха. Регулировка осуществляется путем уменьшения или увеличения оборотов компрессора. Воздух поступает в ресивер для сглаживания пульсаций.

Указанная последовательность операций представлена в блок-схеме на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма регулирования заданного массового расхода воздуха**

$T$  ( $T$ ) – текущее время замера;  $\Delta T$  ( $DT$ ) – время между замерами;  $T_{\max}$  ( $TMAX$ ) – максимальное время работы двигателя;  $V$  – текущее значение объемного расхода воздуха;  $G_1$  ( $G1$ ) – заданный массовый расход воздуха;  $\Delta G$  ( $DG$ ) – заданная погрешность массового расхода воздуха;  $NK$  – обороты компрессора;  $\Delta NK$  ( $DNK$ ) – изменение оборотов компрессора;  $B$  – барометрическое давление окружающей среды;  $TEM$  – температура окружающей среды;  $G$  ( $G$ ) – массовый расход воздуха

Предложенный способ позволяет обеспечивать постоянный массовый расход воздуха при изменении барометрического давления и температуры окружающей среды.

#### Библиографический список

1. Harndorf, H. Motorprozessverhalten und Abgasemissionen alternativer Kraftstoffe im Vergleich mit Dieselmotor [Текст] / H. Harndorf; U. Schümann, V. Wichmann, C. Fink // Motortechnische Zeitschrift. – 2008.–Nr 07–08. – S. 640–646.
2. Kaack, Y. Alkoholische Biokraftstoffe als Beimischungskomponente für konventionelle und alternative Dieselmotoren [Текст] / Y. Kaack, C. Weiskirch, P. Eilts // Motortechnische Zeitschrift. – 2009. – Nr 07–08. – S. 588–595.
3. Heinrich, G. Spektrometrisches Meßverfahren zur Untersuchung der Verbrennung im Dieselmotor [Текст] / Heinrich, G., Prescher K., Finsterwalder G. R. // Motortechnische Zeitschrift. – 1978 (39). – Nr. 9. – S. 385-390.
4. Vogt, R. Thermodynamische Bestimmung des Druckes und der Winkelzuordnung beim Indizieren von Verbrennungsmotoren [Текст] / R. Vogt // Motortechnische Zeitschrift. – 1979 (40). – Nr. 5. – S. 229-230, 233.
5. Heilig, A. Spray Analysis and Comparison of Diesel and Biodiesel-methanol Blends [Текст] / Heilig, A., Keiser, M., Dinkelacker, F. // Proceedings of the 24th European Institute for Liquid Atomization and Spray Systems (ILASS), Estoril, Portugal, 5-7 September, 2011. – S. 1-2.
6. Merker, G. P. Dieselmotorische Einspritzverlaufsformung mit Hilfe optischer Messsysteme [Текст] / G. P. Merker, T. Delebinski // Motortechnische Zeitschrift. – 2007.– №9. – S. 726–733.
7. Rakowski, S. Benzin-Verdampfung als CFD Modell für Ottomotoren [Текст] / S. Rakowski, G. P. Merker, U. Spicher // Motortechnische Zeitschrift. – 2008.– №9. – S. 762–771.
8. Васильев, И. П. Влияние свойств биотоплив на характеристики впрыскивания в камеру с постоянным давлением / И. П. Васильев, А. Хайлиг, М. Кайзер, Ф. Динкелякер // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: ХПИ, 2011.- № 2. – С. 37-41.
9. Кондрико, А. Ю. Распознавание видов повреждений с помощью видеоэндоскопа [Текст] / А.Ю. Кондрико, Е.В.Лемешева, П.В.Тихомиров // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. – № 1.– С. 109-111.
10. Новиков, В.А., Гусаков С.В. Параметрический анализ математической модели диагностики ДВС по неравномерности вращения коленчатого вала [Текст] / В.А. Новиков, С.В. Гусаков С.В. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – № 1.– С. 119-121.
11. Дубинин, П.С. Исследование неравномерности крутящего момента и хода двигателя внутреннего сгорания методом вычислительного эксперимента [Текст] / П.С. Дубинин, Р.Н. Хмелев // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – № 1.– С. 98-101.
12. Пархоменко, А.А. Автоматическое управление оборотами двигателя [Текст] / Пархоменко А. А., Васильев И. П. // Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных технологий» – "Воронежский государственный лесотехнический университет" им. Г.Ф. Морозова. – 12-13 ноября 2015 года. – Воронеж, 2015.

© Пархоменко А.А., Васильев И.П., 2015

**Провидонов Е.В.**

студент 4 курса автомеханического факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Российская Федерация

**Попова И.М.**

кандидат экономических наук, доцент кафедры организации перевозок и управление на транспорте Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Российская Федерация

**Providonov E.V.**

4th year student of the Faculty of Automotive Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

**Popova I.M.**

Candidate of Economic Sciences, docent Department of Organization and Management of Transportation Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

**ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ  
АВТОСЕРВИСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АУТСОРСИНГА**

**ENHANCED COMPETITIVENESS THROUGH THE USE OF CAR-CARE  
CENTER OUTSOURCING**

Ключевые слова: автосервис, аутсорсинг, транспорт, автомобилизация  
Keywords: car service, outsourcing, transportation, motorization

В статье изложены причины роста количества автосервисных организаций, а также указываются основные рыночные тенденции, которые оказывают существенное влияние на развитие услуг автосервиса в России. Рассматривается метод аутсорсинга в управлении эффективностью работы автосервисных предприятий.

The article describes the reasons for the growth of the number of auto service companies, and identifies the major market trends that have a significant impact on the development of the auto services in Russia. The method of outsourcing the management efficiency of auto service companies.

В современных условиях общественного развития проблема сервиса заслуживает особого внимания, как легковых автомобилей индивидуального пользования, так и грузовых автомобилей. С каждым годом машин на дорогах Саратова становится все больше и больше. На данный момент количество автомобилей на саратовских дорогах стало представлять серьезную проблему. Согласно статистике, в Саратове зарегистрировано около 330 тыс. автомобилей, не считая иногородних машин.

Таким образом, число потенциальных клиентов предприятий автосервиса весьма велико и имеет тенденцию дальнейшего увеличения в связи с высокой популярностью и относительной доступностью приобретения недорогих автомобилей, и вместе с тем, активное пополнение парка бывшими в употреблении автомобилями еще более актуализирует проблемы рациональной организации деятельности предприятий автосервиса [1 с. 334].

Высокие темпы развития автомобилизации в нашей стране, также, как и в других странах с развитой экономикой, способствуют существенному росту не только численности автомобильного парка, но и увеличение количества предприятий транспортной инфраструктуры. Прежде всего, это организации, которые относятся к строительству гаражей, платных парковок, стоянок, торговые организации, занимающиеся продажей автомобилей и запасных частей, а также организации, оказывающие услуги по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей [2, с.48].

Значительный рост таких организаций можно объяснить не только увеличением количества автомобилей, но и усложнением их конструкции, увеличением некомпетентного персонала по обслуживанию транспортных средств, интенсификацией дорожного движения, повышению требований к не только транспортной безопасности в процессе эксплуатации подвижного состава, но и экологической.

Обособление функции технического обслуживания и ремонта автомобилей в форме появления многочисленных предприятий автосервиса определяется тем, что работоспособное состояние подвижного состава должно обеспечиваться высококвалифицированными специалистами, использующими современное оборудование, соответствующее модели автомобиля.

В настоящее время в России автосервис – это активно развивающийся инфраструктурный элемент транспортной отрасли. Вместе с тем зарубежные компании, которые являются производителями автомобилей, со своими стандартами продаж и сервисного обслуживания диктуют иные требования к предприятиям автосервиса. Для успешного развития и эффективного функционирования предприятий автосервиса необходимо разработать и структурировать эффективные методы управления, которые позволят обеспечить потребность автовладельцев в соответствующих услугах и смягчить негативные последствия автомобилизации [9, с.11].

Тенденция роста сферы услуг при появлении большого количества автотранспорта не могла не оказать влияние на сервисную экономику в целом.

В условиях современной экономики существенно изменились отношения между автомобильными производителями, продавцами и автовладельцами. Значительную роль здесь играет уровень конкуренции на автомобильном рынке, которая требует производителя учитывать приоритеты потребителя и перестраивать свой бизнес-процесс.

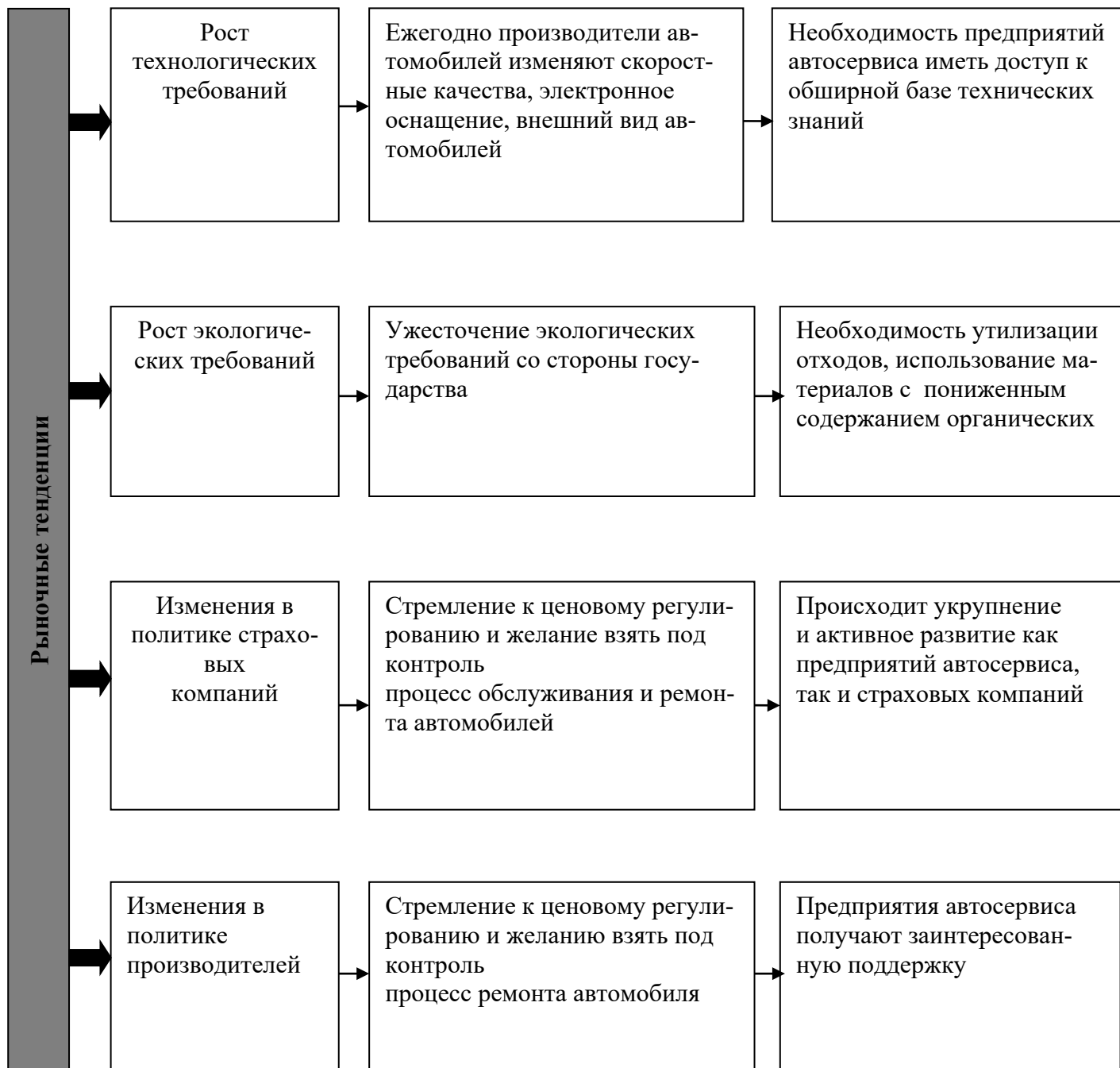
Проведенный анализ особенностей услуг автосервиса в России позволил выделить основные рыночные тенденции, влияющие на развитие услуг автосервиса (рис. 1).

Основными факторами, которые затрудняют развитие аутсорсинговых отношений в России между предприятиями автосервиса, являются:

- 1) низкий уровень качества менеджмента и организации управления;
- 2) риск потерять репутацию на рынке автосервиса;
- 3) ответственность за качество технического обслуживания и ремонта с учетом возможных дорожно-транспортных происшествий.



Аутсорсинг (англ. outsourcing: out – внешний, находящийся за пределами, source – источник) – это комплекс мероприятий, которые направлены на передачу предприятием, на основании договора, определённых бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области.



**Рисунок 1 - Рыночные тенденции, влияющие на развитие услуг автосервиса**

Анализ аутсорсинговых отношений в России и за рубежом позволяет выделить преимущества аутсорсинга для предприятий автосервиса. В мировой практике аутсорсинг давно признан средством повышения эффективности работы компании и является необходимым условием успешного развития конкурентного бизнеса и его адаптации к стремительно меняющимся рыночным

условиям. Передача бизнес-процессов на аутсорсинг способствует более рациональному распределению основных фондов организации, освобождению внутренних ресурсов, сокращению и контролю издержек производства [7, с. 23]. Это позволяет предприятиям автосервиса повышать качество оказываемых услуг.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что предприятие автосервиса за счет применения аутсорсинга в работе значительно укрепляет свои позиции на рынке автосервиса и повышает конкурентоспособность.

В то же время можно отметить недостаточное число научно обоснованных рекомендаций по управлению такими предприятиями с учетом специфики автосервисных услуг и в связи с современными тенденциями развития экономики страны. Поэтому представляется актуальным обобщение отечественного и зарубежного опыта деятельности предприятий автосервиса и разработка на этой основе научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию методов управления ими.

#### **Библиографический список**

1. Авто-маркет: ежемесячный журнал, 2000-2005 гг.
2. Анисимов А.П. Экономика. Планирование и анализ деятельности автотранспортных предприятий. М: Транспорт, 2008.
3. Бобкова В.М. Стратегия реинжиниринга автотранспортных предприятий: Учебное пособие // В.М.Бобкова, В.С.Лукинский, В.В.Лукинский, А.Э.Троянов.- СПб.: СПбГИЭУ, 2005.
4. Волгин В.В. Автомобильный дилер: практическое пособие по маркетингу и менеджменту сервиса и запасных частей. М.: «Ось-89», 1997
5. Дункан У. Джек. основополагающие идеи в менеджменте / Пер. с англ. М: Дело, 1996
6. Дюмин И.Е. Ремонт автомобилей. М: Транспорт, 1999
7. Клементе С. Аутсорсинг бизнес-процессов CFO insights: Советы финансового директора/ С.Клементс, М.Доннеллан. Под ред.В.В.Голда; Пер. с англ. Н.И.Кобзаревой.- М.: Вершина, 2006.
8. Львов Ю.А. Основы экономики и организации бизнеса. СПб: ГМП «Формика», 1992
9. Ляско В.И. Методы прогнозирования экономического и социального развития предприятий транспортно-дорожного комплекса, 1999
10. Ляско В.И. Стратегическое планирование развития автотранспортного предприятия, 2003.
11. Цветкова В.И. Деятельность предприятий автосервиса по повышению конкурентоспособности // Вестник ИНЖЭКОНа. 2006. Вып. 3 (12). С. 334-337.
12. Кокарев О.П., Кириллов А.Г. Расширение перечня автосервисных услуг // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 102-104. DOI: 10.12737/13133.
13. Drożdżiel Paweł, Komsta Henryk, Krzywonos Leszek. An analysis of unit repair costs as a function of mileage of vehicles in a selected transport company // Transport Problems. 2014. Vol.9. No.4. P. 73-81.

© Провидонов Е. В., Попова И.М., 2015

**Прядкин М.В.**

инженер кафедры автомобиля и сервиса, Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, РФ

**Прядкин В.И.**

доктор технических наук, профессор кафедры автомобиля и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, РФ

**Pryadkin M.V.**

Engineer of cars and service Department, Voronezh state forestry engineering University named after G.F. Morozov, Russian Federation

**Pryadkin V.I.**

Doctor of technical Sciences, Professor, of cars and service Department, Voronezh state forestry engineering University named after G.F. Morozov, Russian Federation

**СГЛАЖИВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ШИН СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

**SMOOTHING CAPACITY OF TRUNKS OF THE EXTRA-LOW PRESSURE AT ACCIDENTAL INFLUENCES**

Ключевые слова: динамическая система, высокоэластичная шина, почва, движитель  
Keywords: dynamic system, the highly elastic trunk, ground, mover

В статье приведены результаты теоретических исследований по оценке сглаживающей способности шин сверхнизкого давления. Получена зависимость длины пятна контакта от её конструктивных параметров, нагрузки и давления воздуха. Установлено, что шины сверхнизкого давления обладают большей сглаживающей способностью в сравнении с другими типами шин, благодаря этому снижается виброн нагруженность динамической системы.

In article results of theoretical researches according to smoothing capacity of trunks of the extra-low pressure are resulted. Dependence of length of a spot of contact on its design data, loads and pressure of air is received. It is established, that trunks of the extra-low pressure possess greater smoothing capacity in comparison with other types of trunks, owing to it decreases vibration loading dynamic system.

Целесообразность учета сглаживающего эффекта шин при оценке уровня колебаний динамических систем машин отмечена многими авторами [1,2,3,4,11]. Исследователи отмечают, что при качении эластичного колеса по произвольному профилю, когда параметры шины сопоставимы с параметрами встречающихся неровностей, шина одновременно контактирует во многих точках по всей площади контакта. Однако даже высокоэластичные шины сверхнизкого давления при движении по неровностям не могут заполнить все впадины, в том числе узкие и относительно глубокие [5,6,7]. Поэтому учет эффекта осреднения упругой силы между осью колеса и опорной поверхностью эквивалентно осреднению микропрофиля сглаживающим воздействием шины с малой радиальной жесткостью.

Сглаживающий эффект шин при взаимодействии с микропрофилем случайного характера, с учетом рекомендаций [8,9] имеет вид:

$$q_c(s) = \frac{1}{l} \int_{s-0,5l}^{s+0,5l} q(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где:  $q_c(s)$  - функция сглаженного микропрофиля;  $q(\xi)$ - функция исходного микропрофиля;  $l$ - длина отпечатка шины;  $s$  - текущая длина участка.

Исходя из выражения (1), спектральная плотность характеристики микропрофиля опорной поверхности с учетом эффекта сглаживания выражается в виде [9]:

$$S_{qc}(\lambda, l) = \frac{2}{\lambda^2 l^2} (1 - \cos \lambda l) S_q(\lambda), \quad (2)$$

где  $S_{qc}(\lambda, a)$  – спектральная плотность сглаженного микропрофиля;  $S_q(\lambda)$  – спектральная плотность исходного сглаженного микропрофиля;  $l$  - длина отпечатка шины;  $(\lambda)$ - волновая частота.

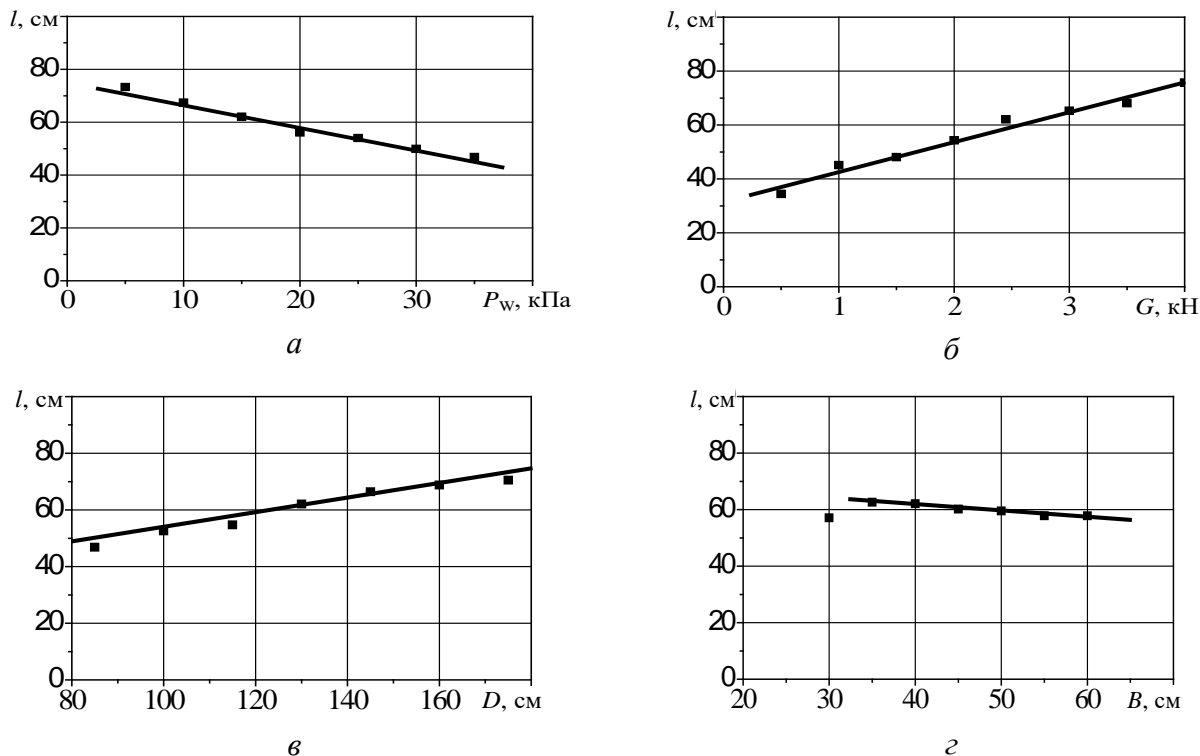
Спектральная плотность исходного микропрофиля определяется по выражению, для фона, соответствующего движению по вспаханному полю поперек вспашки, согласно [10] имеет вид:

$$S(\omega) = A_1 \frac{2\alpha_1}{\alpha_1^2 + \omega^2} + A_2 \frac{2\alpha_2 \cdot h_2^2 + 2\alpha_2 \omega}{h_2^4 + 2(\alpha_2^2 - \beta_2^2)\omega^2 + \omega^4}, \quad (3)$$

где  $h_2^2 = \alpha_2^2 + \beta_2^2$ .

Согласно (2) спектральная плотность сглаженного микропрофиля зависит от длины пятна контакта шины. Длина пятна контакта шины с поверхностью качения зависит от типа, конструктивных параметров, внутришинного давления и нагрузки приходящейся на неё. Функциональная зависимость длины пятна контакта определяет качество моделирования сглаживающей способности шины, однако исследований данной закономерности для шин сверхнизкого давления ранее не проводилось, поэтому был реализован численный эксперимент.

В результате численного эксперимента получены графические зависимости изменения длины пятна контакта от выше перечисленных факторов (рис. 1).



**Рисунок 1 – Влияние на длину пятна контакта шины:**

а – давления воздуха в шине; б - нагрузки на шину; в - диаметра шины; г - ширины шины

Регрессионные зависимости для определения влияния выше перечисленных факторов на длину пятна контакта имеют вид:

$$l(P_w) = -0,867 \cdot P_w + 75,5; \quad l(G) = 11,1 \cdot G + 31,8;$$

$$l(D) = 0,247 \cdot D + 29,5; \quad l(B) = -0,215 \cdot B + 71,4,$$

где  $P_w$  – давление воздуха в шине;  $G$  – нормальная нагрузка на шину;  $D, B$  – соответственно, диаметр и ширина шины.

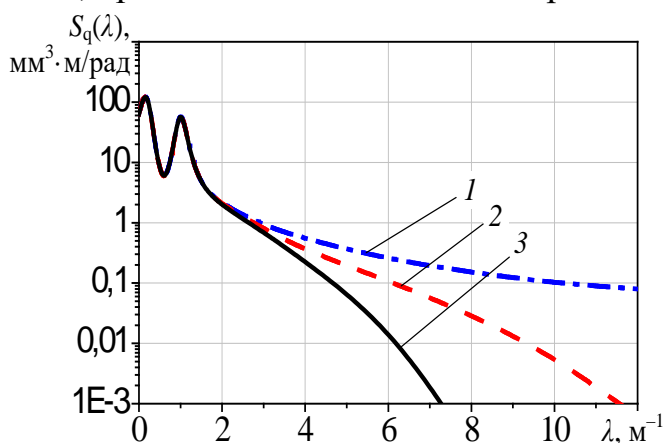
Функциональная связь между длиной пятна контакта и выше указанными факторами имеет вид:

$$l(P_w, G, D, B) = -0,867 \cdot P_w + 11,1 \cdot G + 0,247 \cdot D - 0,215 \cdot B + 27,3. \quad (4)$$

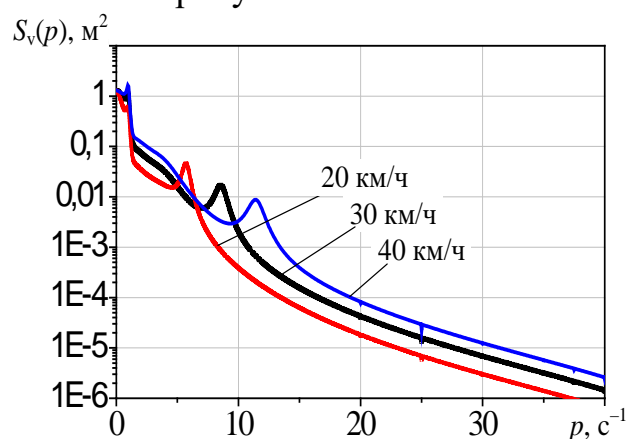
С учетом полученной зависимости длины пятна контакта (4), построена спектральная плотность сглаженного микропрофиля, приведенная на рис. 2. Анализ рис. 2 показывает, что если шина контактирует одновременно в нескольких точках с короткими неровностями, то в области высоких частот спектральная плотность убывает сильнее у шин с большими габаритными размерами.

Возмущающее воздействие микропрофиля на шину зависят от скорости движения, при этом интервалы корреляции микропрофиля преобразуются в интервалы корреляции воздействия  $\Delta l = v_a \tau$ , а волновая частота в круговую. После подстановки этих соотношений в выражение спектральной плотности, получена ее зависимость относительно круговой частоты (рис. 2).

Анализ графика рис. 3 показывает, что возмущающее воздействие микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки с ростом скорости движения изменяется, о чем свидетельствует изменение спектральной плотности. Так, для микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки с увеличением скорости движения, происходит изменение спектра воздействия в сторону высоких частот.



**Рисунок 2 – Спектральная плотность микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки для скорости движения 30 км/ч: 1 – без учета сглаживающей способности; 2,3 – с учетом сглаживающей способности соответственно шины 920x500-406 и шины 1300x600-533**



**Рисунок 3 – Спектральные плотности  $S_v(p)$  воздействия микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки для различных скоростей движения**

Для расчета спектральной плотности колебаний поддресоренных масс переднего моста воспользуемся основным соотношением статистической динамики в виде [8,9]:

$$S_x(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_v(\omega),$$

где,  $S_x(\omega)$  - спектральная плотность относительного перемещения подрессоренной массы;  $S_v(\omega)$  - спектральная плотность воздействия микропрофиля дороги при заданной скорости;  $|W(j\omega)|$  - модуль передаточной функции системы подвески для выхода в виде изменения координаты.

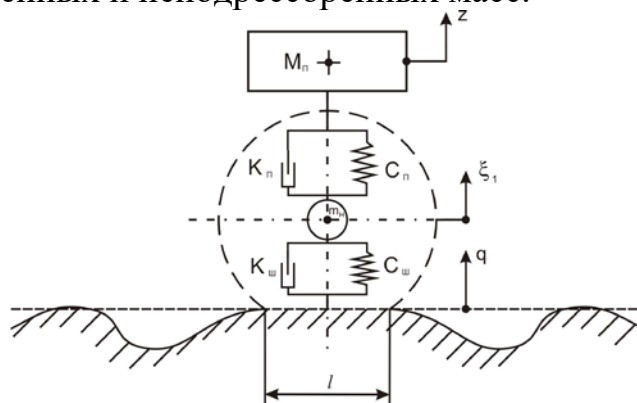
Для исследования влияния сглаживающего эффекта шин на динамическую систему рассмотрена модель (рис. 4), эквивалентная передней подвеске мобильного энергетического средства [10].

Математическая модель рассматриваемой двухмассовой колебательной системы описывается дифференциальными уравнениями второго порядка имеет вид:

$$M_{II} \cdot \ddot{Z} = C_{II}(Z - \xi_1) + K_{II} \left( \dot{Z} - \dot{\xi}_1 \right);$$

$$m_H \cdot \ddot{\xi}_1 = C_{III}(\xi_1 - q) + K_{III} \left( \dot{\xi}_1 - \dot{q} \right) - C_{II}(Z - \xi_1) - K_{II} \left( \dot{Z} - \dot{\xi}_1 \right),$$

где  $M_{II}, m_H$  - соответственно, подрессоренные и неподрессоренные массы;  $C_{II}; C_{III}$  - соответственно коэффициент жесткости подвески и шины;  $K_{II}, K_{III}$  - соответственно коэффициенты демпфирования подвески и шины;  $Z, \xi$  - перемещения подрессоренных и неподрессоренных масс.

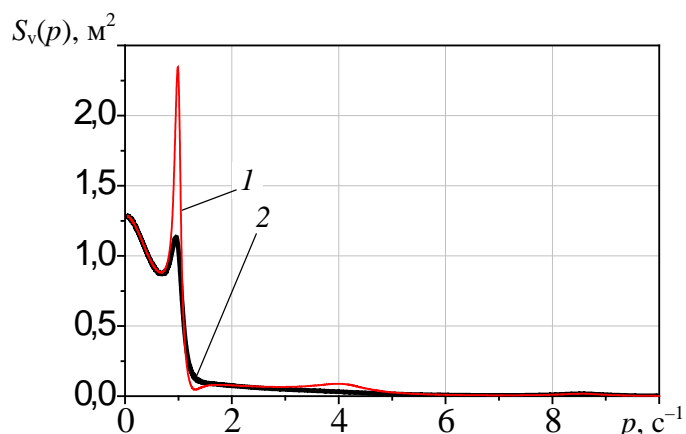


**Рисунок 4 – Эквивалентная колебательная система подвески с сглаживающим воздействием микропрофиля в контакте с шиной**

В качестве внешнего воздействия на систему принимался фон микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки. Значения коэффициентов данного фона, получены в ВИМе Антышевым Н.М, равны:  $A_1 - 0,9; A_2 - 0,1; \alpha_1 - 0,50; \alpha_2 - 0,40; \beta_1 - 6,48$  [9].

Решение уравнений выполнялось численным методом Рунгу-Кутта. Результаты моделирования движения по случайному микропрофилю в виде спектральной плотности вертикальных ускорений подрессоренных масс переднего моста приведен на графике рис. 5.

Модуль передаточной функции определяет как амплитудно-частотную характеристику подвески с учетом поглощающей способности шин. Анализ рис. 5 показывает, что спектральная плотность имеет ярко выраженную область повышенных колебаний на частоте 1 Гц, при частотах свыше 1 Гц, учетом сглаживающего эффекта шины обусловлено снижение ее амплитуды.



**Рисунок 5 – Спектральные плотности ускорений подрессоренных масс при воздействии микропрофиля вспаханного поля поперек вспашки для скорости движения 30 км/ч: 1 – без учета сглаживающего эффекта шин; 2 – с учетом сглаживающего эффекта шин**

Проведенными исследованиями установлено, что виброустойчивость динамической системы достигается благодаря снижению воздействия от пятна контакта шины с агрофоном на подрессоренные части за счет высокой сглаживающей способности. Видоизменение спектра колебаний подрессоренных масс так же возможно подбором соотношения жесткостей шин и подвески.

#### **Библиографический список**

1. Годжаев З.А., Прядкин В.И. Моделирование взаимодействия высокоэластичной шины с неровностью дороги // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 1. – С. 16-18.
2. Прядкин В.И. Энергосредство нового поколения // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. № 3. - С. 23-25.
3. Прядкин В.И., Гурылев Г.С., Русанов А.В., Клысак Г.А. Эффективность применения широкопрофильных шин на мобильных транспортно-технологических средствах // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции; под общей редакцией А.И. Новикова. 2014. С. 298-303.
4. Кадыров С.В., Прядкин В.И., Русанов А.В., Бриндюк В.Н. Техника для ресурсосберегающих технологий // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. № 2. – С. 44-47.
5. Прядкин В.И. Агротехническая проходимость энергосредств по почвам с низкой несущей способностью // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 4. С. 34-37.
6. Goncharenko S.V., Pryadkin V.I. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 2. Assessment of tangential stiffness // International Polymer Science and Technology. 2012. Vol. 39. № 1. P. T/3-T/5.
7. Bolling J.H. How to predict soil compaction from agricultural tires // Journal of Terramechanics. 1986. Vol. 22. Iss. 4. P. 205-223. DOI: 10.1016/0022-4898(85)90017-5.
8. Безверхий С.Ф., Яценко Н.Н. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 600 с.
9. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
10. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
11. Гончаренко С.В. К вопросу определения грузоподъемности шин сверхнизкого давления // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1. С. 90-92. DOI: 10.12737/13856.

© Прядкин М.В., Прядкин В.И., 2015

**Сазонов Д.Ю.**

Студент кафедры «Сервис и ремонт машин» Приокского государственного университета

г.Орел, Российская Федерация

**Савин М.М.**

Студент кафедры «Сервис и ремонт машин» Приокского государственного университета

г.Орел, Российская Федерация

**Бодров А.С.**

канд. техн. наук, доцент

Приокского государственного университета

г.Орел, Российская Федерация

**Лаптев И.А.**

Соискатель кафедры «Сервис и ремонт машин» Приокского государственного университета

г.Орел, Российская Федерация

**Sazonov D.Y.**

Student of service and repair of machinery

of Prioksky State University

Orel, Russian Federation

**Savin M.M.**

Student of service and repair of machinery

of Prioksky State University

Orel, Russian Federation

**Bodrov A.S.**

Ph.D.. assistant professor of service and repair of machinery

of Prioksky State University

Orel, Russian Federation

**Laptev IA**

Applicant of service and repair of machinery

of Prioksky State University

Orel, Russian Federation

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ  
СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**ANALYSIS OF FACTORS AFFECT THE FUNCTIONING OF A SERVICE STATION**

Ключевые слова: автосервисные предприятия, внешние и внутренние факторы, функция.

Keywords: car service companies, external and internal factors, the function.

В статье приведен анализ внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на функционирование станций технического обслуживания автомобилей, предложена математическая модель, описывающая влияние факторов на деятельность автосервисных предприятий.

The article analyzes the external and internal factors affecting the operation of the stations, vehicle maintenance, a mathematical model describing the influence of factors on the activities of auto service companies

На функционирование любого автосервисного предприятия оказывают влияние самые разнообразные факторы, которые классифицируются по различным признакам. В зависимости от места возникновения все факторы можно классифицировать на внутренние и внешние. К внутренним факторам относятся факторы, возникающие на предприятии, и они настолько многочисленны и



разнообразны по своему содержанию и назначению, что их можно условно объединить в следующие группы [1, с.37]:

1. Факторы ресурсного обеспечения предприятия. К ним относятся производственные факторы (здания, сооружения, оборудование, инструменты, рабочая сила и т.д.), то есть все то, без чего невозможно оказание услуг в количестве и качестве, требуемом рынком.

2. Факторы, связанные с руководством и способностью управленческого персонала управлять предприятием в условиях рынка.

3. Факторы, связанные с обеспечением качества и конкурентоспособностью предоставляемых услуг. К ним относятся управление издержками, ценовой политикой, создание благоприятного социально-психологического климата в коллективе, обучение и повышение квалификации персонала.

4. Факторы, связанные со спецификой организации. К ним относятся факторы эффективности планирования технологического процесса.

Эффективность работы предприятия в условиях рынка в значительной степени зависит и от внешних факторов, которые можно классифицировать на факторы прямого и косвенного воздействия [2. с.152].

К факторам косвенного воздействия относят факторы, которые не оказывают непосредственного влияния на деятельность автосервисного предприятия, но их следует учитывать. Можно выделить следующие группы факторов косвенного воздействия [3. с.200]:

1. Политические факторы. К ним относятся основные направления государственной политики, возможные изменения в законодательной и нормативно-технической базе, международные соглашения, заключаемые правительством в области тарифов и торговли и т.д.;

2. Экономические факторы. К ним относятся темпы инфляции, уровень занятости трудовых ресурсов, процентные и налоговые ставки, величина и динамика ВВП и т.д.

3. Социальные факторы внешней среды. К ним относятся отношение населения к работе и качеству жизни, обычаи и традиции, существующие в обществе, менталитет общества, уровень образования и т.д.

4. Технологические факторы. К ним относятся возможности связанные с развитием науки и техники, которые позволяют оперативно перестроиться на современные технологии в области обслуживания и ремонта авто, спрогнозировать момент отказа от используемых технологий и т.д.

К внешним факторам прямого воздействия, влияющим на функционирование СТО следует отнести [4, с.150]:

1. Факторы влияющие на изменение структуры парка автомобилей, находящихся в личном пользовании граждан и в собственности организаций. К ним относятся объемы производства автомобилей, экспорт и импорт автомобилей, цены на автомобили, доступность автомобилей, доходы населения и т.д. Рост численности парка автомобилей способствует росту спроса на услуги по техническому сервису. Мощности автозаводов, экспорт и импорт автомобилей существенно определяют прирост парка транспортных средств. Действие этих

факторов подчинено законам спроса и предложения рынка продаж автомобилей и зависит от сложившегося уровня цен и доходов населения. Важным индикатором, характеризующим соотношение спроса и предложения и отражающим рыночную конъюнктуру, является показатель доступности автомобиля для потребителя. Данный показатель рассчитывается как отношение доходов населения (за год) к цене автомобилей и дифференцируется по группам потребителей и видам автомобилей.

2. Факторы эксплуатации автомобилей. К ним относятся интенсивность эксплуатации автомобилей, средний возраст парка автомобилей, среднегодовой пробег автомобилей, своевременность технического обслуживания автомобилей, режимы работы автомобилей и агрегатов, качество дорожной сети и т.д. Пробег автомобилей с начала его эксплуатации оказывает существенное влияние на объем текущего ремонта, его периодичность, номенклатуру ремонтных работ и их стоимость. У автомобилей, своевременно прошедших ремонт, число отказов на 1000 км пробега может быть ниже, чем у автомобилей не прошедших ремонт, в 3 - 5 раз.

3. Географические факторы. К ним относятся плотность размещения сервисных предприятий, рациональность размещения предприятия, территориальная близость к другим крупным предприятиям, климатические условия эксплуатации автомобилей и т.д. Рациональное размещение предприятий автосервиса позволяет снизить непроизводительные потери времени и средств клиентов (транспортировка автомобиля и ожидание в очереди). Для полного удовлетворения потребностей и увеличения спроса населения на проведение ТО и ремонта автомобилей существенное значение имеет рациональное размещение предприятий, которые по возможности должны быть территориально максимально приближенными к клиенту.

4. Экономические факторы. К ним относят уровень доходов потребителей, уровень цен на услуги автосервиса, уровень цен у поставщиков запасных частей и необходимых ресурсов для функционирования СТО [5, с.94]. По зависимости спроса от доходов потребителей сервисные услуги относятся к группе услуг, предполагающих некоторый пороговый уровень доходов, после которого начинается спрос. В ряде случаев влияние этого фактора проявляется в возникновении потребности в услугах, повышающих уровень комфорта в автомобиле: установка кондиционера, автоматической коробки передач, подогрева сидений и т. д.

5. Технические факторы. К ним относятся надежность конструкции и эксплуатационных качеств автомобилей, качество горюче-смазочных материалов и запасных частей имеющимся на данном рынке и т.д. [6, с.44]. Надежность – это свойство автомобиля выполнять транспортную работу, сохраняя функции установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах. Качество – это совокупность свойств автомобиля, обуславливающих его пригодность удовлетворять потребности в перевозках в соответствии с назначением. Повышение надежности приводит к снижению уровня спроса. Повышение качества автомобилей обеспечивается автомобильной промышленностью за счет разработки и выпуска ав-

томобилей новых конструкций, обладающих большей эксплуатационной надежностью и ремонтпригодностью. Качество топлива и запасных частей непосредственно влияет на износ автомобиля. Высокий уровень данных показателей увеличивает долговечность автомобиля и уменьшает число отказов автомобильных узлов и агрегатов. Таким образом, низкий уровень качества ГСМ и запасных частей ведет к росту спроса на услуги автосервиса, а высокий — наоборот, к его уменьшению.

6. Социальные факторы. К ним относятся демографическая характеристика населения, структура занятости населения, транспортная подвижность населения в совокупности с развитостью сети общественного транспорта и т.д. [7, 8].

Влияние вышеперечисленных факторов на деятельность автосервисного предприятия можно представить в виде функции  $f(t)$  заданную на промежутке  $[0, t]$ . Будем считать, что эта функция является реализацией некоторого случайного процесса, характеристики которого не известны. Предполагаем, что реализация  $f$  может быть разложена в сумму функций  $f_T$ , каждая из которых соответствует некоторой существенной стороне исследуемого явления. Тем самым наша цель – получить и исследовать разложение:

$$f(t) = \sum_n f_T \quad (1)$$

где: слагаемые  $f_T$  были бы «интерпретируемы» и «независимы».

Стандартным способом для этого является введение подходящей регрессионной модели, параметры которой оцениваются по реализации  $f$  [9, с.202]. Существует, однако, большой произвол в выборе таких моделей, что зачастую приводит к чисто механической подгонке «под результат». Такая подгонка не имеет реального смысла и всегда возможна при большом числе параметров. Поэтому будем считать, что у нас параметрическая модель процесса отсутствует [10, с.16], [11, с.103].

Для описания процессов в автосервисной отрасли можно использовать функцию:

$$f(t) = f_T(t) + f_n(t) + f_r(t) + \varepsilon(t), \quad t \in [0, T] \quad (2)$$

где  $f_T(t)$  - медленная нерегулярная составляющая (тренд), описываемая алгебраическими полиномами невысоких порядков;

$f_n(t)$  - периодическая составляющая (сезонные, суточные вариации);

$f_r(t)$  - быстрые нерегулярные малые вариации (случайные шумы);

$\varepsilon(t)$  - чисто случайная составляющая, описываемая случайным процессом определенного типа.

Распределение факторов, оказывающих влияние на спрос на автосервисные услуги можно представить следующим образом.

– Медленная нерегулярная составляющая: общая численность, распределение по маркам и моделям парка автомобилей, находящихся в личном пользовании граждан и в собственности организаций; плотность размещения

сервисных предприятий; доходы потребителей и уровень цен на услуги автосервиса; надежность конструкции и эксплуатационные качества автомобилей; комплекс социальных условий.

– Периодическая составляющая: интенсивность эксплуатации автомобилей; условия эксплуатации автомобилей.

– Быстрые нерегулярные малые вариации (случайные шумы) – качество горюче - смазочных материалов и запасных частей.

– Чисто случайная составляющая, описываемая случайным процессом определенного типа – факторы внешней среды косвенного действия.

### **Библиографический список**

1. Новиков, А.Н. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации, №8, 2009. С. 36-40.

2. Гордон, В.А. Комплексный подход к оценке уровня качества услуг автосервисного предприятия [Текст] / В.А. Гордон, Д.О. Ломакин // Материалы международной научно-практической конференции, под общей редакцией А.Н. Новикова. Орел, 2015. С. 150-158.

3. Sevryugina N.S. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» / Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. // Modern applied science. 2015. V. 9. № 3. С. 200-207.

4. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] / В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов и др. ; под ред. В. М. Власова. – М. : Академия, 2003. – 480 с.

5. Калиева, О.М. Факторы, влияющие на экономическую эффективность деятельности предприятия [Текст] / О.М. Калиева // Материалы междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). – Казань: Бук, 2014 – С. 93-96.

6. Ломакин, Д.О. Техническая и технологическая оснащенность автосервисного предприятия как фактор, определяющий качество предоставляемых услуг [Текст]/ Д.О. Ломакин, А.А. Кузин, А.А. Азаров//: Современные тенденции в науке и образовании Сборник научных трудов по Международной научно-практической конференции: в 5 частях. ООО «АР-Консалт». Москва, 2015. С. 42-45.

7. Факторы, влияющие на эффективное функционирование предприятия в условиях рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.macro-econom.ru/econom-2548-1.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 18.11.2015).

8. Факторы, влияющие на эффективное управление предприятием [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://azbook.net/book/111-yekonomika-predpriyatiya-uchebnoe-posobie/6-12-factory-vliyayushhie-na-yeffektivnoe-funkcionirovanie-predpriyatiya.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 18.11.2015).

9. Ломакин, Д.О. Методика комплексной оценки эффективности функционирования предприятий автосервиса // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, №4, 2011. С. 196-203.

10. Бодров, А.С. Методика комплексной оценки уровня качества автосервисных услуг [Текст]/ А.С. Бодров, Д.О. Ломакин//: Мир транспорта и технологических машин №4 (27), 2009. С. 14-17.

11. Кокарев, О.П., Кириллов А.Г. Расширение перечня автосервисных услуг // Материалы научно-практической конференции // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 102-104. DOI: 10.12737/13133.

© Сазонов Д.Ю., Савин М.М., Бодров А.С., Лаптев И.А., 2015

**Секачѳв А.Ф.**

аспирант

Омский государственный  
технический университет, РФ

**Тетерин В.С.**

аспирант,

Омский государственный  
технический университет, РФ

**Деева В.С.**

кандидат техн. наук, доцент,  
Томский политехнический  
университет, РФ

**Иванов Р.Н.**

кандидат техн. наук, доцент,  
Омский государственный  
технический университет, РФ

**Слободян С.М.**

доктор техн. наук, профессор  
Омский государственный  
технический университет, РФ

**Sekachev A.F.**

aspirant,

Omsk State Technical University,  
Russian Federation

**Teterin V.S.**

aspirant,

Omsk State Technical University,  
Russian Federation

**Deeva V.S.**

assistant professor,

Tomsk Polytechnic University,  
Russian Federation

**Ivanov R.N.**

assistant professor,

Omsk State Technical University,  
Russian Federation

**Slobodyan S.M.**

Doctor of Technical Science, professor,  
Omsk State Technical University,  
Russian Federation

## **СОЗДАНИЕ ВОЛНОВОЙ ДИНАМИКИ ВЯЗКОЙ НЕФТИ В ТРУБОПРОВОДЕ**

### **WAVE DYNAMICS GENERATION OF VISCOUS OIL IN PIPELINE**

Ключевые слова: волна, динамика, переменная плотность, воздействие, вязкая нефть.  
Keywords: wave, dynamics, variable density, action, viscous oil.

В работе рассматривается возможность использования электромагнитного поля для создания волн переменной плотности в движущемся по трубопроводу потоке вязкой, высоковязкой и парафинистой нефти и нефтепродуктов. Создание перепада плотности в потоке нефти – одна из мер потенциального повышения рентабельности и эффективности их транспортировки. Изложенный подход может быть использован в новых технологиях.

It is well known that petroleum companies assume measures to rise in profitability and efficiency of oil transportation. Although various experimental and analytical studies have contributed to achieve this objective it is still not bring to fruition. One of the technological innovations is to generate density wave differential.

Современный этап освоения углеводородов приводит к резкому сокращению объема легкого углеводородного сырья в общем объеме количества нефти, которая извлекается и транспортируется при помощи применения стандартных технологий. Это требует поиска новых инновационных методов как для разработки месторождения с трудноизвлекаемыми запасами, так и решения проблем их последующей транспортировки из районом с неразвитой инфраструктурой.

Одним из самых распространённых и мощных проблематичных факторов, препятствующих успешной разработке пластов и эффективной транспортировке нефтяного сырья, является высокая вязкость нефти, существенно снижающая подвижность углеводорода и приводящая к нерентабельности разработки и транспортировке углеводородного сырья стандартными технологиями. Подобные проблемы существуют и при транспортировке сырья, содержащего газовые гидраты, занимающие особое место среди нетрадиционных видов углеводородного сырья. При этом актуальность снижения влияния газовых гидратов, усложняющих добычу и транспортировку нефти и газа, остается.

Особую остроту эти вопросы приобретают при добыче и транспортировке традиционных углеводородов в северной зоне вечной мерзлоты и в акваториях Мирового океана. Перечисленные проблемы обуславливают актуальность решения задач повышения эффективности транспортировки вязкой нефти с развитием методов управления свойствами потока вязких нефтепродуктов при совершенствовании мониторинга процессов агрегатирования их вязких компонентов в реальном времени, в том числе, их разложения и образования [1–2].

Учеными многих стран ведется поиск путей создания современных технологий для повышения рентабельности разработки месторождений и транспорта нетрадиционных видов, часто высокой вязкости, углеводородного сырья.

Одним из перспективных направлений в разработке месторождений и транспорте тяжелой и высокой вязкости нефти, битумов и газовых гидратов могут составить, на наш взгляд, технологии, основанные на широком спектре эффектов фундаментального взаимодействия электромагнитных полей с нефтепродуктами или создание техники на основе известных принципов электромагнитного взаимодействия. Логическим следствием начального этапа ведения в этом направлении работ является создание на уровне патентной проработки устройств и способов разработки залежей и транспорта нефти и битумов на основе фундаментальных принципов электромагнитного взаимодействия.

Анализ и выбор технологических параметров взаимодействия и воздействия электромагнитных полей на вязкие среды, главным образом, должен основываться на изучении электрофизических свойств газовых, водных и других типов нефтяных смесей и, в первую очередь, диэлектрических свойств. Исследование диэлектрических свойств вязкой нефти и компонентов природного газа в термодинамических условиях, которые близки к естественным, представляет особый интерес с целью последующего использования результатов экспериментально получаемых данных в разработке залежей воздействием высокой частоты электромагнитного поля.

Как показывает анализ научно-технической литературы, несмотря на то, что исследованы подробно диэлектрические свойства значительного числа веществ нефтяных смесей, все же, многие вопросы, касающиеся их поведения во внешних полях высокой и сверхвысокой частоты электромагнитного воздействия еще не изучены. В связи с этим исследования для определения эффективности и рентабельности использования методов электромагнитного воздействия представляется весьма перспективным.

Для оценки эффективности совершенствования существующих элементов оборудования транспортировки нефти можем использовать принцип управления работой простого узла обратного клапана запорного органа для создания управляемого в реальном времени волнового движения нефти в трубопроводе.

Разработка устройств облегчения перемещения вязких продуктов воздействием на динамику их движения с помощью электрических средств и механических колебаний актуальна. Они предназначены, преимущественно, для пуска участка трубопровода с высоковязкой, застывающей при высокой температуре нефтью после вынужденной остановки трубопроводной системы перекачки.

Это приводит к необходимости изучения возможностей создания волнового движения в технологическом процессе течения потока вязкой нефти как одного из механических путей предотвращения процесса коагуляции мелких агломератов в потоке и последующих их отложений в реальном времени.

В работе рассмотрен вариант создания «модулятора потока» – переменной диафрагмы с электромагнитным управлением режимом течения потока вязкой нефти. Приложение переменного магнитного поля к ферромагнитному шару–клапану позволяет управлять степенью открытия им входного отверстия рабочего проходного канала запорного органа. Это приводит к появлению в потоке нефти волн переменной плотности с разными режимами течения, вплоть до кавитации нефти в потоке в зависимости от конструкции проходного канала. Выявлено, что на движение нефти в процессе её течения в запорном органе существенное влияние будут оказывать параметры режима работы «модулятора» (амплитуда и частота колебаний индукции магнитного поля, геометрия рабочего зазора шар–вход в проходной канал, скорость его изменения, скорость нефтяного потока), свойства проходного канала (упругость, шероховатость, крупность) и свойства самой нефти.

Рассмотрен вариант одиночного электромагнита, который притягивает плавающий в потоке нефти ферромагнитный шар–клапан – тип подвешенного ротора. Степень намагничивания ферромагнитного шара как сердечника, определяется величиной проходящего через него магнитного потока. Величина магнитного потока выбирается из расчёта максимальной массы управляемого шара с учетом силы сопротивления – противодействия потока нефти перемещениям шара–клапана (сила электромагнита). Она зависит от величины тока, протекающего через катушку, числа витков катушки, химического состава и скорости течения нефти, формы, размеров и магнитных свойств управляемого магнитным полем шара–клапана.

Тяговое усилие  $F$ , действующее на шар – клапан, определяется традиционной аналитической зависимостью  $F = \psi^2/2L_0\delta$ , (где  $\psi$  – потокосцепление;  $L_0$  – индуктивность катушки и  $\delta$  – зазор), которая используется при выборе параметров электромагнита [3].

Предварительный анализ процессов управления модуляцией волновой динамики движения потока вязкой показывает, что вполне возможно возникновение сложных периодических режимов движения шара–клапана [6–8]. Это значит, что будут существовать периодические режимы движения шара как с частичным (при соответствующих условиях) так и с полным скольжением. Ди-

агностика эффективности управления динамикой волн вязкой нефти может быть проведена оптическими, акустическими и другими методами [4–14].

#### Библиографический список

1. Березовский, Ю.С. Решение транспортно-технологических проблем добычи высоковязкой нефти современными технологиями [Текст] / Ю.С. Березовский, П.Ю. Гусев // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – № 1. – С. 16–20.
2. Березовский, Ю.С. Инновационные технологии разработки тонких пластов высоковязкой нефти с подошвенной водой [Текст] / Ю.С. Березовский, С.М. Слободян // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы VI Международная Интернет-конференция. – Пермь, 2014. – С. 72–79.
3. Деева, В.С. Живучесть контакта прерываемого скольжения [Текст] / В.С. Деева, М.С. Слободян, С.М. Слободян // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 6. – С. 59–65.
4. Deeva, V.S. Identification of space contact for a dynamics medium [Текст] / V.S. Deeva, M.S. Slobodyan, G.A. Elgina, S.M. Slobodyan, V.B. Lapshin // Informatics, Networking and Intelligent Computing: Proceedings of the 2014 International Conference on Informatics, Networking and Intelligent Computing (INIC 2014), 16-17 November 2014, Shenzhen, China; Chapter 52. Edited by Jiaying Zhang; CRC Press 2015. pp. 257–261. (WOS)
5. Slobodyan, S.M. Investigation of the correlation between direct and specular-reflected waves [Текст] / S.M. Slobodyan // Proc. SPIE 1697, Acquisition, Tracking, and Pointing VI, 213–218 (November 25, 1992); doi:10.1117/12.138171; http://dx.doi.org/10.1117/12.138171 (WOS)
6. Slobodyan, S.M. Optimizing phase-space scanning for a dynamic system monitoring chaotic media [Текст] / S.M. Slobodyan // Measurement Techniques. – 2006. – Vol. 49. – No. 1. – P. 1–6. doi: 10.1007/s11018-006-0053-4 (Scopus)
7. Slobodyan, M.S. Method of acoustic sensor diagnosis [Текст] / M.S. Slobodyan, S.A. Shishigin, S.M. Slobodyan // Measurement Techniques. – 2008. – Vol. 51, Issue 7. – P. 798–801. (Scopus, WOS)
8. Слободян, С.М. Оптимизация сканирования фазового пространства динамической системой контроля хаотических сред [Текст] / С.М. Слободян // Измерительная техника. – 2006. – № 1. – С. 3–8.
9. Слободян, М.С. Метод диагностики акустического датчика [Текст] / М.С. Слободян, С.А. Шишигин, С.М. Слободян // Измерительная техника. – 2008. – №7. – С. 65–67.
10. Пономарев, А.А. Установка для исследования мощного лазерного воздействия на полимерные структуры [Текст] / А.А. Пономарев, Ю.В. Скрыль, М.С. Слободян, С.М. Слободян // Датчики и системы. – 2009. – № 12. – С. 49–51.
11. Скрыль, Ю.В. Экспериментальная установка для исследования плазменных процессов высокочастотного емкостного разряда CO<sub>2</sub>-лазера [Текст] / Ю.В. Скрыль, С.М. Слободян // Известия Алтайского государственного университета. – 2010. – № 1-2(56). – С. 188–191.
12. Пономарев, А.А. Система автоматического контроля лазерной плазмы при воздействии на материалы [Текст] / А.А. Пономарев, С.М. Слободян // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 3. – С. 62–63.
13. Слободян, С.М. Установка для создания и автоматической регистрации очагов оптического пробоя воздуха [Текст] / С.А. Шишигин, С.М. Слободян // Приборы и техника эксперимента. – 2010. – № 3. – С. 162–163.
14. Деева, В.С. Устойчивость энтропийной оценки живучести систем [Текст] / В.С. Деева, С.А. Романишина, С.М. Слободян // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 2. – С. 67–72.



**Смирнов П.И.**

Старший преподаватель кафедры  
автомобилей и автомобильного  
хозяйства Вологодского  
государственного университета, РФ

**Пикалев О.Н.**

канд. техн. наук, доцент кафедры  
автомобилей и автомобильного  
хозяйства Вологодского  
государственного университета, РФ

**Smirnov P.I.**

Senior Lecturer of cars  
department, Vologda  
State University,  
Russian Federation

**Pikalev O.N.**

Ph.D., Associate Professor of cars  
department,  
Vologda State University,  
Russian Federation

## **ОЦЕНКА АВТОМОБИЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ**

### **EVALUATION OF CAR THROUGH AN INTEGRATED TECHNIQUE FOR DETERMINING THE LEVEL OF COMPETITIVENESS**

Ключевые слова: автомобиль, оценка, конкурентоспособность, сервисные показатели, потребительская привлекательность.

Keywords: car, comparative, competitiveness, service indicators, consumer appeal.

В данной статье представлен пример практического применения комплексной методики оценки уровня конкурентоспособности легковых автомобилей, предложенной авторами. Приведены основные методологические принципы и подходы к оценке уровня конкурентоспособности легковых автомобилей на основе практических данных.

This article is an example of the practical application of a comprehensive methodology for assessing the competitiveness of cars, proposed by the authors. The main methodological principles and approaches to assessing the level of competitor-tiveness of passenger cars on the basis of practical data.

Предлагаемая нами методика оценки легковых автомобилей по основным показателям системы их сервисного обслуживания, а также связанным с ней их технико-экономическим показателям является базовым элементом общей универсальной методики оценки конкурентоспособности легковых автомобилей на стадии выбора модели, оптимальной для заданных условий.

Причем для определения уровня конкурентоспособности по показателям системы сервисного обслуживания используются статистические и экспертные данные о показателях, влияющих на величину затрат при эксплуатации автомобилей. Потребитель, приобретая автомобиль, учитывает не только его качественные характеристики, но и то, как организовано его фирменное сервисное обслуживание. Согласно анализу потребительских предпочтений большим спросом пользуются автомобили тех изготовителей, которые имеют развитую и лучше организованную сеть фирменных сервисных предприятий. Кроме того, в современных условиях, когда технический уровень автомобилей находится примерно на одном и том же уровне, на передний план выходят как раз сервис-

ные показатели. Применительно к автомобилям это периодичность технического обслуживания, его объем и стоимость работ, величина и полнота гарантийных обязательств, доступность и стоимость запасных частей, наличие их аналогов у сторонних производителей, возможность послегарантийного обслуживания и т.д.

Следует отметить, что в отечественной науке данные вопросы стали подниматься сравнительно недавно, причем в основном в публикациях экономистов и специалистов по маркетингу. Если же говорить о зарубежных исследованиях, то понимание, что конкурентоспособность товара неотделима от уровня сервиса и во многом определяется именно им. Сдвиги в российском понимании данного вопроса можно охарактеризовать как “поворот производителя лицом к потребителю” и в первую очередь связать как с относительным насыщением автомобильного рынка и соответственно с удовлетворением более высокоранговой потребности к передвижению, так и с достаточно ощутимым падением спроса на автомобили в 2014-2015 гг. и возрастанием конкурентной борьбы производителей, заставившей искать новые подходы для стимуляции спроса. Система сервисного обслуживания и раньше была одним из критериев выбора автомобиля, однако это проявлялась в полной мере практически только на рынке грузовой и спец. техники. Неслучайно, что наиболее полные исследования этого вопроса появились именно в многочисленных работах Х.А. Фасхиева, посвященных в первую очередь оценке конкурентоспособности грузовой техники.

На данный момент основными проблемами реализации данного подхода является как пробелы в терминологии и нормативной базе, связанные с отсутствием общепризнанных и полных формулировок, и определений для таких понятий, как “сервис”, “система фирменного сервиса” и т.д. касательно автомобильной техники. До сих пор нет четкого перечня показателей, характеризующих автомобили именно с этой стороны. Предложенная авторами формулировка “показатели системы сервисного обслуживания”, как раз и должна стать ключевой при интегральном анализе уровня конкурентоспособности автомобильной техники с точки зрения характеристик, определяющих ее приспособленность к экономичной и эффективной эксплуатации потребителем.

На наш взгляд оценка легковых и легких коммерческих автомобилей с точки зрения системы сервисного обслуживания должна базироваться на оценке и комплексном анализе следующих характеристик:

- технико-экономические показатели автомобиля, определяющие его сервисные характеристики (конструкция и особенности компоновки, сложность систем, наличие систем самодиагностики, технологичность конструкции, приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту);
- сервисные показатели (число и периодичность ТО в рамках срока службы, гарантийные обязательства и срок гарантии, объем операций по ТО);
- характеристики фирменной сервисной сети (широта охвата, количество и доступность сервисных станций, наличие запасных частей, стоимость работ по ТО, стоимость ремонтных работ);
- возможности послегарантийного обслуживания (наличие возможностей обслуживания и ремонта после окончания гарантии, наличие и доступность не-

оригинальных запасных частей, стоимость восстановления после ДТП, информационная поддержка и т.д.).

Разработка модели анализа автомобилей с учетом оценки системы их сервисного обслуживания на основе данных параметров даст возможность специалистам иметь подробную информацию при выборе оптимальной модели для формирования парка конкурентоспособного на существующем рынке предприятия. Со стороны физического лица в этом вопросе большую долю занимает субъективная оценка и подход к выбору ТС именно со стороны оценки его потребительской привлекательности. Представители же юридических лиц, напротив, выбор делают в основном опираясь на калькулятор, нежели на сердце. С другой стороны последние исследования в этой области [1, с 346-347], достаточно однозначно указывают на некоторую смену парадигмы мышления рядового потребителя и большее распространение ‘европейской’ прагматичной модели выбора ТС, которая опирается на оценку стоимости владения и преимущественное внимание к показателям экономичности, надежности, безопасности эксплуатации.

С точки зрения качеств автомобиля напрямую влияющих на эти траты, стоит отметить в первую очередь, т.н. “сервисные” показатели, т.е. характеристики преимущественно влияющие на стоимость эксплуатации, технического обслуживания и ремонта АТС [2, с. 98]. Следует отметить сложность оценки этих характеристик и в первую очередь из-за растянутости жизненного цикла автомобиля по времени и возможного существенного изменения ряда макро- и микроэкономических показателей в нашей стране, делающих оценку в большей мере вероятностной (цены на топливо, ставки и механизмы начисления налоговых платежей, тарифы ОСАГО и КАСКО).

Другой важный аспект методики прогнозной оценки конкурентоспособности легковых автомобилей — это формирование показательной выборки для сравнения. При этом, по нашему мнению, наиболее показательна она именно при сравнении близких по технико-экономическим показателям автомобилей, например сравнение легких коммерческих фургонов на базе легковых автомобилей с розничной ценой до 1 млн. руб. или оценка легковых автомобилей с кузовом типа “седан” отечественного и импортного производства класса “В”. При нарушении этого правила методика так же будет работать, однако существенная разница в ТЭП сравниваемых моделей с большой вероятностью даст в результате закономерный итог при сравнении автомобилей. Преимуществом предлагаемой нами методики является как раз то, что она работоспособна и показательна именно в выборке автомобилей с очень близкими технико-экономическими показателями, т.е. в том случае, где традиционные методы сравнения дают результаты близкие до степени смешения. Ключевым фактором, позволяющим давать показательные оценки по степени конкурентоспособности, является применение синтеза единичных оценочных параметров и интегральных показателей, всесторонняя оценка моделей, а также блок прогнозной оценки стоимости владения автомобилями на всех этапах жизненного цикла.

В качестве примера оценки ТЭП автомобилей приведем результаты расчета показателей стоимости владения и соответствующую рейтинговую оценку при применении разного количества оценочных характеристик.

В качестве оценочной выборки были использованы легковые автомобили с кузовом типа “седан” отечественного и импортного производства класса “В” с розничной ценой не более 800 000 руб. Данный тип транспортных средств может быть использован при осуществлении таксомоторных перевозок или приобретаться юридическими лицами для использования организациями в качестве автомобиля для перевозки сотрудников и осуществления деловых поездок.

Предварительный анализ показывает примерное равенство гарантийных сроков на выбранные модели (3 года или 100000 км), что необходимо дополнительно учитывать при сравнении стоимости эксплуатации и оценке возможных непредвиденных трат. С точки зрения сервисного интервала обслуживания производители демонстрируют нам общий подход в современных условиях общей тенденции увеличения интервалов обслуживания. В данном классе это 15 т.км. Единственное исключение — это Peugeot 301 с 20 т.км. Кроме того, в анализируемом примере мы используем данные о величине транспортного налога для г. Вологда, стоимости ОСАГО и КАСКО по данным онлайн-калькуляторов страховых брокеров. Нами предусмотрены и траты на 1 комплект зимней резины штатной размерности (производитель и ценовой диапазон шин выбирался по возможности максимально близким и итоговая разность комплектов вызвана в основном разностью размерностей штатных колес автомобилей).

В итоге были подсчитаны суммарные расходы на эксплуатацию сравниваемых автомобилей, без учета стоимости топлива и прочих накладных расходов (с точки зрения предлагаемой нами прогнозной модели оценки затрат на эксплуатацию эти величины условно признаются равными и невлиющими на итоговый результат).

Автомобиль	Цена автомоби. итого ТО за 2 года	Транспортный	Итого ОСАГО за 2 года	Итого КАСКО за 2 г	Комплект зимней рези	
Peugeot 301	737400	24700	3600	17320	34640	9472
Skoda Rapid	604100	57365	4500	17320	34640	11224
Hyundai Solaris	570900	29385	7490	18896	37792	9472
Volkswagen Polo Sedan	573490	45030	4250	17320	34640	10356
Kia Rio	569900	36296	7490	18896	37792	9472
Renault Logan	524000	30396	4100	17320	34640	9472
Lada Granta	469000	29075	4900	17320	34640	8056
Daewoo Gentra	419000	29824	7490	18896	37792	11224
Datsun on-DO	426000	25052	4100	17320	34640	9140

**Рисунок 1 - Пример таблицы с промежуточными данными сравнения автомобилей**

На результирующих диаграммах представлены предварительные итоги расчета величин затрат на эксплуатацию в абсолютном выражении и на единицу пробега – руб./км без учета стоимости приобретения автомобиля и с учетом ее соответственно. Обращаем внимание, что на данном этапе не приводится учет дисконтирования величин в виду того, что эта величина постоянна для сравниваемой выборки и мала на протяжении 2 лет. В модуле итоговой оценки затрат на эксплуатацию эта функция предусмотрена.

В основе анализа легковых автомобилей по предлагаемой нами методике лежат следующие принципы:

- для определения текущего уровня конкурентоспособности по нормативным показателям используются нормативные документы, действующие на рынке сбыта на момент оценки, при необходимости определения превосходства существующего уровня для определенных перспективных моделей и оценки желаемого качества изделий, производится оценка по наиболее прогрессивным документам, принятым в странах ЕС и США;
- для определения уровня конкурентоспособности по технико-экономическим показателям используются технические данные завода - изготовителя, опытные данные эксплуатации и результаты ресурсных и иных испытаний исследуемых моделей.

### Библиографический список

1. Chong V.K., Rundus M.J. Total quality management, market competition and organizational performance // *British Accounting Review*. 2004. Vol. 36. Iss. 2. P. 155-172. doi:10.1016/j.bar.2003.10.006.
2. Дудукалов Ю.В., Попов Д.И. Методы формирования комплексно-оптимальных транспортно-технологических систем // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. 2015. Т. 2. №. 1. С. 98-100. DOI: 10.12737/13860.
3. Ахмадниа М., Гусаков С.В. Сравнение по эксплуатационной топливной экономичности бензинового двигателя и дизеля при различных типах трансмиссии автомобиля // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. 2015. Т. 1. №. 1. С. 13-15. DOI: 10.12737/12236.
4. Пикалев О.Н. Применение кластерного анализа для определения мотивов поведения и потребительских предпочтений при выборе автомобиля / О.Н. Пикалев, П.И. Смирнов // *21 век: фундаментальная наука и технологии: материалы V международной научно-практической конференции 10-11 ноября 2014 г.* - North Charleston, USA.-Том 2.-С 117-120.
5. Пикалев О.Н. Интегральный показатель оценки конкурентоспособности автомобилей на основе анализа системы сервисного обслуживания/ О.Н. Пикалев, П.И. Смирнов // *Академическая наука – проблемы и достижения: материалы VII международной научно-практической конференции ,2015 г.* - North Charleston, SC, USA.- С 218-220 с.
6. Смирнов П.И. Методика оценки конкурентоспособности легковых автомобилей // *Наука в современном информационном обществе: материалы VII международной научно-практической конференции 9-10 ноября 2015 г.* - North Charleston, USA.-Том 1.-С 130-133с.
7. Пикалев. О.Н., Смирнов П.И. Метод оценки конкурентоспособности легковых автомобилей на основе определения их потребительской привлекательности // *Современные материалы, техника и технологии - научно-практический журнал ЮЗГУ.* - Курск: ЗАО “Университетская книга” , 2015.- №2.
8. Шишканов Р.А. Сервисное обслуживание автомобилей как фактор повышения конкурентоспособности // *Вестник СГСЭУ*. 2009. № 3 (27).
9. Корнилов Д.А., Конилова Г.А., Незнахин М.Е. Методика оценки потребительских характеристик автомобилей. Формирование дерева потребительских свойств (часть 2) // *Экономика и предпринимательство*. -2013. -№ 12, ч. 3. -С. 619-623.
10. Корнилов Д.А. Конкурентоспособность продукции как функция соответствия потребительских характеристик товара его стоимости // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*. 2011. №4(89) С. 267-278

© Смирнов П.И., Пикалев О.Н., 2015

**Сократов Н.С.**

аспирант 1 курса института автомобильного транспорта и технологических систем Уральского государственного лесотехнического университета, РФ

**Илюшин В.В.**

канд. техн. наук, зав. каф. технологии металлов Уральского государственного лесотехнического университета, РФ

**Sokratov N.S.**

1 post-graduate degree of road transport and technological systems of the Ural State Forestry University, Russian Federation

**Ilushin V.V.**

Ph.D., Head of Metals Technology of the Ural State Forestry University, Russian Federation

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ANYLOGIC  
SIMULATION SERVICE STATIONS FOREST MACHINES IN SYSTEM  
ANYLOGIC**

Ключевые слова: моделирование, станции технического обслуживания  
Keywords: modeling, service station

В статье показаны основы применения программного моделирования в системе AnyLogic при организации и проектировании станций технического обслуживания автомобильного парка и оборудования для лесозаготовки, а так же описание перспективных возможностей внедрения этой технологии в реальное производство.

The article shows the basics of using a software modeling system AnyLogic in the organization and design of service stations and car park equipment for logging, as well as a description of the promising opportunities the introduction of this technology into actual production.

Современные леспромхозы - это крупные предприятия, в которых серьезное внимание должно уделяться не только основным лесосечным работам, но и обслуживанию техники. Недостаточная надежность оборудования, низкое качество обслуживания и ремонтных работ приводит к огромным затратам на последующий ремонт относительно простых деталей, механизмов.

Организация службы технического обслуживания и ремонта при проектировании предприятия является важным фактором обеспечения стабильности, экономичности и высокого уровня лесозаготовки. В широком смысле этого слова это и расчет количества постов для той или иной операции, и внедрение новых технологий в ремонтный процесс и многие другие факторы, направленные на повышение качества обслуживания, ремонта и снижения их себестоимости [1].

Особенность эксплуатации лесозаготовительных машин заключается в использовании их в течение всего года с двумя сезонными перерывами в жестких климатических условиях [2]. При этом максимальная нагрузка 60-70% работы лесозаготовительных машин приходится на зимний период с отрицательными температурами до  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже. В зимнее время, от трех до четырех месяцев, машины работают в снегу, глубина которого достигает 1000 мм. В весенне-летний период машины работают в условиях большой захламленности и увлажненности, глубина жидкой грязи может достигать 0,5 м. В предзимний период движение лесозаготовительных машин происходит по замерзшему твердому грунту, что увеличивает коэффициент динамичности в 1,5- 2 раза.

Циклическая работа сопряжена с большим количеством переходных процессов. Контакт с деревом при валке, пакетировании, обрезке сучьев, движении с пачкой и без нее вызывают большие динамические нагрузки на все системы лесозаготовительных машин. При этом на динамическую нагруженность лесозаготовительной машины существенно влияют условия эксплуатации: пересеченный рельеф местности, пни, выступающая над поверхностью корневая система, физико-механические свойства грунта, предмет труда, ветровая нагрузка [3].

В представленной работе показана возможность применения системы AnyLogic [4] для имитационного моделирования станции технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин (ЛЗМ). Модель позволяет гибко изменять входные параметры процесса, с оперативным отображением реакции системы [5].

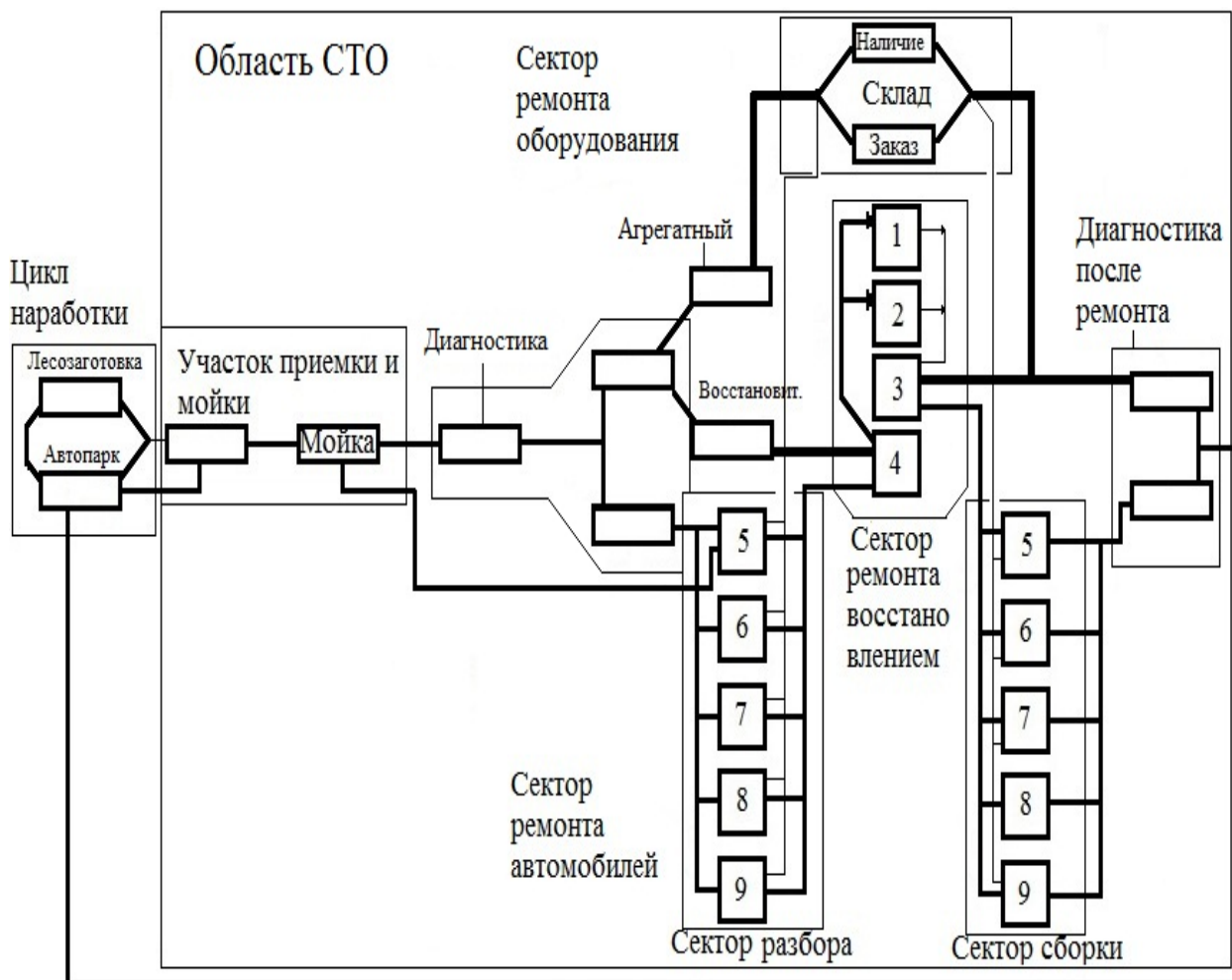
Создание подобных систем предполагает применение современных математических методов построения моделей, оптимизации и принятия решений на базе современной вычислительной техники. При этом разработка систем должна проводиться с учетом особенностей каждой конкретной задачи [6].

В разработанной модели предлагается организовывать участки для реализации процесса восстановления и изготовления собственными силами изношенных деталей. Модель работает в реальном времени с начальным параметром - «объем автопарка»; позволяет наблюдать и анализировать отказы техники, загрузки СТО, простои. Модель образует замкнутый контур, что дает возможность следить за общей производительностью СТО, а именно выхода машин на линию в каждую смену.

Модель СТО (см. рис.) разработана для лесозаготовительного предприятия, имеющего парк машин в количестве 100 штук. Машины работают круглосуточно в 3 смены по 8 часов с выходом по 50 машин на линию. Станция технического обслуживания состоит из сектора ремонта автомобилей, с классическими постами обслуживания, и сектора ремонта оборудования ЛЗМ [7]. Ремонт ЛЗМ возможен по схемам агрегатного либо восстановительного ремонта. Вопрос выбора схемы ремонта является наиболее актуальным при принятии решения по результатам диагностики ЛЗМ.

Одной из основных сложностей в повышении эффективности лесозагото-

вительного производства является проблема высоких затрат, связанных с отказами ЛЗМ. Для повышения эффективности технической эксплуатации ЛЗМ необходима разработка комплексной системы организации их технического сервиса с целью минимизации затрат и возможных убытков от отказов. Уровень технического сервиса ЛЗМ в первую очередь определяется уровнем организации снабжения запасными частями и рациональной организацией работ по ремонту и замене вышедших из строя деталей.



**Рисунок – Модель станции технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин в системе AnyLogic:**

Участки: 1 - фрезерный; 2 - токарный; 3 – термическая обработка; 4 - газотермический; 5 – технического обслуживания; 6 – ремонта ДВС; 7 - ремонта КПП; 8 - кузовной; 9 - ходовой

Службы ремонта, в условиях повышения стоимости запасных частей импортного производства, будут отдавать приоритет восстановительному ремонту. Повышение качества, надежности, экономичности и производительности машин, снижение их удельной материалоемкости при ремонте, должно обеспечиваться применением современных материалов и технологий, позволяющих повысить прочность, износостойкость, коррозионную стойкость деталей и эксплуатационных характеристик механизмов.



Данный вариант имеет привязку к складу запасных частей и эксплуатационных материалов. Так же система в зависимости от наработки отправляет автомобиль для прохождения планового технического обслуживания [8]. Схема имеет объединенный участок восстановительного ремонта как для оборудования ЛЗМ, так и для автомобилей. При моделировании работы мы можем установить желаемое количество автомобилей в целом на предприятии и в частности на линии. Имеется возможность изменения количества постов на каждом участке и номинального времени пребывания на них. Все это позволяет более точно анализировать производительность станции, искать верные решения модернизации процесса технического обслуживания и ремонта.

Большинство нечетких систем используют продукционные правила для описания зависимостей между лингвистическими переменными. Типичное продукционное правило состоит из антецедента (часть ЕСЛИ ...) и консеквента (часть ТО ...)[9]. Антецедент может содержать более одной посылки. В этом случае они объединяются посредством логических связок И или ИЛИ.

Поэтому, основываясь на экспериментальных данных, необходимо создать правила, которые будут показывать реакцию определенных характеристик ЛЗМ на изменение факторов, оказывающих влияние на данные характеристики [10].

#### Библиографический список

1. Первозванский, А.А. Математические модели в управлении производством/А.А. Первозванский. -М.: Наука, 1975. -616 с
2. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей/Говорущенко Н.Я. -Х.: Вища школа, 1984. -312 с.
3. Александров В.А. Динамические нагрузки в лесосечных машинах. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1984 – 152 с.
4. Боев В. Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7 / В.Д. Боев.- СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.
5. Аринин И. Н., Коновалов С. И. Моделирование процессов ТО и ремонта автомобилей.-Владимир: Владимирский политехнический институт. 1991.-86 с
6. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем. Монография/Под редакцией Волкова В.П./В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов, П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.А. Комов//Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013.-398с.
7. Разговоров К.И. Внедрение информационных технологий в процесс диагностирования, ТО и ремонт автомобилей // Актуальные проблемы повышения уровня эксплуатации автотранспортных средств.
8. Власов А.О., Коледов Н.Е., Заяц Т.М., Заяц Ю.А. Информационный подход к мониторингу технического состояния транспортных средств // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 86-88. DOI: 10.12737/13083.
9. Rybina G.V., Rarondzhanov S.S. Modeling of intelligent agent interactions for multiagent systems//Scientific and technical information processing. December 2010. Volume 37. Issue 5. P. 318-327. DOI: 10.3103/S0147688210050072.
10. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: Учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1982. 231 с

**Стручков В.Н.**

студент 3 курса кафедры сварки, диагностики и мониторинга конструкций Технологического института Северо-Восточного федерального университета, Якутск, РФ

**Михайлов В.Е.**

канд. техн. наук, ст. научн. сотр., заведующий кафедрой сварки, диагностики и мониторинга конструкций Технологического института Северо-Восточного федерального университета, Якутск, РФ

**Struchkov V.N.**

3th year student of the Department of welding, diagnostics and monitoring structures of the Technological Institute of the North- Eastern Federal University , Yakutsk, Russian Federation

**Mikhailov V.Ye.**

Ph.D., Senior Researcher, Head of the Department of welding, diagnostics and monitoring structures of the Technological Institute of the North- Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

**РЕСУРС ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

**THE RESOURCE OF AUTOMOBILE TRANSPORT IN OPEN PIT MINING**

Ключевые слова: большегрузные автосамосвалы, ресурс, открытый карьер  
Keywords: heavy dump trucks, resource, open pit mining

В статье показаны неблагоприятные факторы, влияющие на условия работы транспортной техники на открытых карьерах Крайнего Севера. Приведена статистика их отказов из-за разрушения несущих узлов. Образование трещин в рамах автосамосвалов большой грузоподъемности происходит, в основном, по усталостному механизму в местах концентрации напряжений. Имеется различие в пробеге до появления трещин для самосвалов БелАЗ-75306 и БелАЗ-75131. Их надежность ниже, чем другие зарубежные аналоги. Трудоемкость ремонтных работ вдвое превышает трудоемкость ремонта самосвалов аналогичной грузоподъемности. Приведены основные требования к сварным соединениям при их ремонте.

The article shows the adverse factors affecting the working conditions of transport equipment in open quarries of the far North, the statistics of their failures because of the destruction of load-bearing nodes. The formation of cracks in the frames of heavy-duty dump trucks occurs mainly by the mechanism of fatigue in areas of stress concentration. There is a difference in the run up to the appearance of cracks for dump trucks BelAZ-75306 and BelAZ-75131. Their reliability is lower than other foreign counterparts. The complexity of the repair work is twice the complexity of the repair of dump trucks of similar capacity. In article given the basic requirements to the repair welded joints.

На Нерюнгринском и Эльгинском угольных разрезах ОАО ХК «Якутуголь» в настоящее время работает большое количество техники, в том числе автосамосвалы.

Анализ простоев горнотранспортного оборудования, проведенный Квагинидзе В.С. с сотрудниками [1, с. 11-21] показал, что время его работы составляет порядка 40% календарного фонда, на долю неплановых простоев прихо-

дится почти 25%. Из внеплановых простоев основная часть отказов приходится на механическое (примерно 48%) и электрическое (49%) оборудование. Основные составляющие простоев механического оборудования — простои металлоконструкций (порядка 45%), редукторов (почти 33%), и около 18% приходится на отказы зубчатых передач. Отказы металлоконструкций горнотранспортного оборудования в основном обусловлены разрушением сварных соединений.

Известно [2, с. 9-13], что условия работы горнотранспортного оборудования в районах Крайнего Севера ужесточаются из-за низких температур окружающей среды в зимний период, большой суточной амплитудой изменения температур в весенне-осенний период, наличием многолетней мерзлоты, высокой абразивностью породы, высокими темпами разработки месторождений.

Существенную проблему представляет намерзание горной массы и ее налипание на рабочие поверхности, узлы, элементы горных машин и механизмов. В результате производительность экскаваторов снижается на 12-25 %, автосамосвалов – на 16-22 % [2, с. 12]. Низкие температуры влияют на изменение свойств конструкционных, эксплуатационных, демпфирующих материалов, в итоге увеличиваются динамические нагрузки. Техника работает под нагрузками, имеющими знакопеременный и ударный характер, при наличии вибрации, а также под воздействием резких перепадов температур.

Важным фактором поддержания надежности и повышения эффективности использования машин является качественный и своевременный их ремонт. Одним из основных видов ремонтных работ является восстановительная сварка металлоконструкций, от качества выполнения которой зависит работоспособность базовых узлов техники [3, с. 33-61]. Отсутствие надежной технологии ремонтной сварки разрушенных узлов металлоконструкций увеличивает материальные и трудовые убытки. Вследствие этого чрезмерно повышаются эксплуатационные расходы.

Для изготовления техники с высокой грузоподъемностью применяются стали с повышенной и высокой прочностью, что достигается комплексным легированием [3, с. 28-33]. Сварка таких сталей требует высокой культуры выполнения работ, специальных сварочных материалов и четкого соблюдения технологии [4, с. 109-146, 5, с. 318-337].

Малоэффективность технического обслуживания и ремонта горнотранспортного оборудования приводит к увеличению простоя техники [6 с. 126-131].

На предприятии ОАО ХК «Якутуголь» собрана обширная статистика отказов техники в зависимости от пробега и наработки.

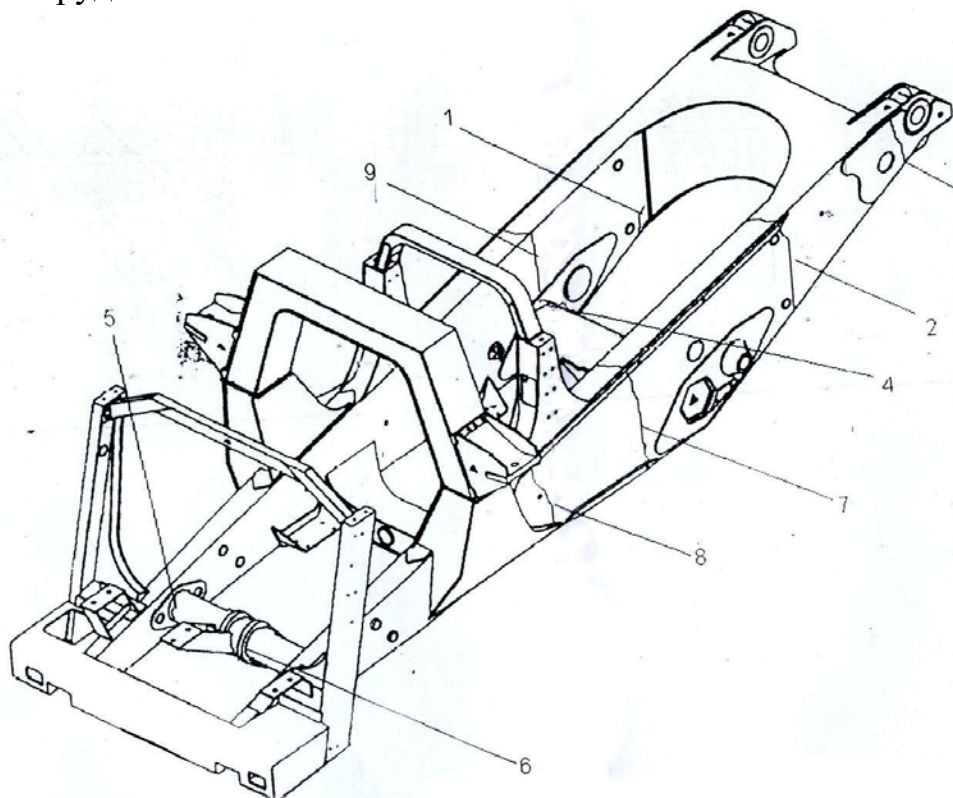
На раме БелАЗ-75306 (Рис.1.) появляются трещины в следующих местах:

– при пробеге 17 300-30 000км и наработке 1 500-2 000 мото/часов возникают первые трещины на внутренней поверхности рамы 1 (рис.1);

– через 140 000-150 000км пробега и наработке 10 000-12 500 мото/часов появляется трещина 3 (рис. 1) справа и слева рамы. При устранении которых, необходимы работы выправлению геометрии металлоконструкции рамы и усилению кронштейна задней подвески;

– через 250 000-280 000км пробега и наработке 20 000-22 500 мото/часов образуются трещины 7,9 (рис. 1). Выполнение сварочных работ по ремонту

данных трещин крайне трудоемок, так как нужен демонтаж топливного бака или гидробака. В этот же период возникают трещины 5,6 (рис. 1), заварка которых также затруднительна.



**Рисунок 1 – Трещины рамы БелАЗ-75306:**

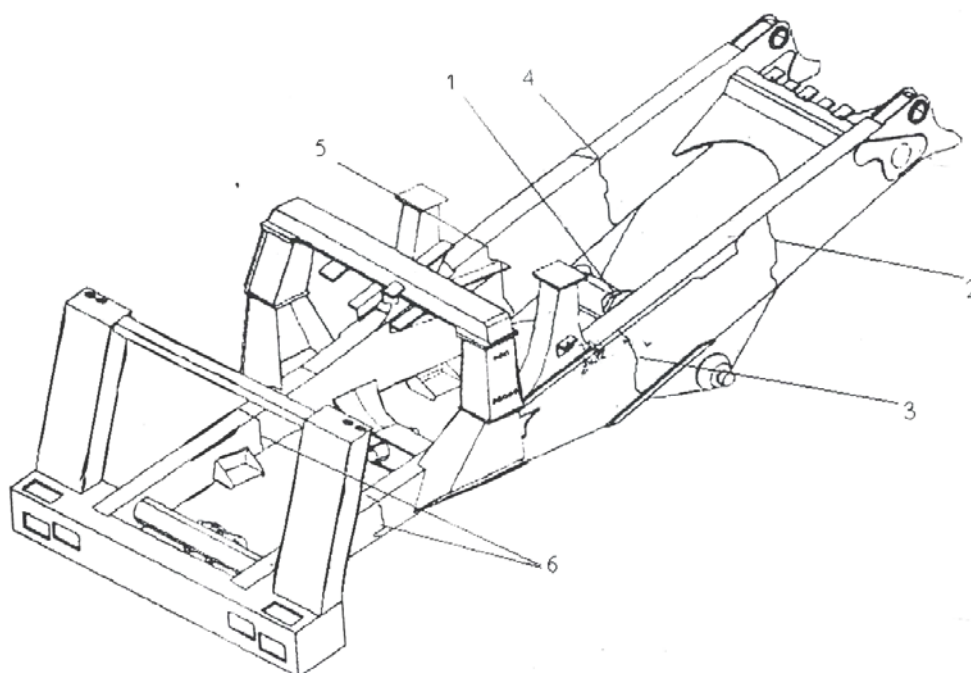
1,2 – трещины в районе картера заднего моста; 3 – кронштейн задней подвески; 4 – распорная труба крепления проушины шарнира задней подвески; 5,6 – распорная труба крепления проушины шарнира передней подвески; 7,9 – трещины в районе гидробака и топливного бака; 8 – трещины в районе II образки

На схеме рамы БелАЗ-75131 (рис. 2) отмечены 6 основных трещин, которые постоянно возникают в процессе эксплуатации автосамосвала:

- при пробеге 140 000-275 000км и наработке 10 000-19 000 мото/часов образуются трещины 1 (рис. 2) на задней распорной трубе по сварному шву;
- через 250 000-280 000км пробега и наработке 200 000-22 500 мото/часов появляются трещины 2,3,4,5 (рис. 2);
- трещины 6 образуются через 275 000-330 000км пробега и наработке 19 000-23 500 мото/часов.

В справке по выполнению сварочных работ, представленной сотрудниками фирмы, показана трудоемкость выполнения сварочных работ по маркам и возрасту автосамосвалов в расчете на один средний автосамосвал.

При сравнении трудоемкостей выполненных сварочных работ на БелАЗах и техники из дальнего зарубежья, очевидно, что при одинаковом возрасте автосамосвалов, БелАЗ уступает зарубежным аналогам в надежности металлоконструкций. Так, например, трудоемкость сварочных работ на БелАЗ-75306 более чем вдвое превышает трудоемкость работ на Холпак D-830Е за одинаковые возрастные периоды («до 3 лет» и «от 4 до 7 лет»). БелАЗ-75131 несколько отличается от БелАЗ-75306 по образованию трещин, но также существенно уступает зарубежному аналогу HD-785 по надежности металлоконструкции.



**Рисунок 2 – Трещины рамы БелАЗ-75131:**

1 – трещины задней распорной трубы; 2,3,4,5 - трещины в районе картера заднего моста; 6 – трещины в районе ДВС

Объемы ковшей экскаваторов, применяемых на добычных работах с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75131: ЭКГ-8И, объем ковша 8 куб. м.; ЭКГ-10И, объем ковша 10 куб. м.; ЭШ-13/50, объем ковша 13 куб. м.; ЭКГ-8И, объем ковша 8 куб. м.; РС3000, объем ковша 8,5 куб. м.; РС1250, объем ковша 6,7 куб. м.

Объемы ковшей экскаваторов, применяемых на вскрышных работах с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75306: 301М, объем ковша 40 куб. м.; РС 5500, объем ковша 23 куб. м.; РС 8000, объем ковша 36 куб. м.; ЭКГ-20, объем ковша 20 куб. м. Вес перевозимых грузов: БелАЗ-75306 согласно паспорту загрузки – 201 т; БелАЗ-75131 согласно паспорту загрузки – 115 т.

Исследование химсостава образцов металла рам автосамосвалов «Холпак», «БелАЗ», показали (таблица 1,2) [7, с. 443-450]:

**Таблица 1 – Рама «БелАЗ». Химический состав в %:**

C – 0.12	Si – 0.89	Mn – 0.73	Cr – 0.97	Ni – 0.66
P – 0.012	S – 0.005	Cu – 0.36	Al – 0.026	Fe – ост.

Проба соответствует стали марки 10ХСНД (ГОСТ 5758-82).

**Таблица 2 – Рама «Холпак». Химический состав в %:**

C – 0.12	Si – 0.25	Mn – 1.37	Cr – 0.02	Ni – 0.02
P – 0.005	S < 0.003	Cu – 0.02	Al – 0.024	Fe – ост.

Проба соответствует стали марки 09Г2 (ГОСТ 19281-89).

Сварка низколегированных сталей повышенной прочности, к которым относятся эти стали, при наличии жесткого контура, что обычно происходит при заварке трещин, требует применения предварительного, сопутствующего или послесварочного нагревов, для снижения закаленности структуры, снижения остаточных напряжений и удаления диффузионного водорода [8, с. 318-337].

При заварке корня шва, когда нет возможности его подварить с обратной стороны, есть вероятность образования подрезов, несплавлений, которые становятся концентраторами напряжений, что приводит к образованию технологических и усталостных трещин [9, с. 218-224].

Технологические трещины могут образоваться не только в ходе остывания сварного соединения, но и спустя часы и сутки после полного охлаждения [10, с. 579-590, 11, с. 680-682]. Поэтому, технику после ремонта рекомендуется выводить на карьер на следующие сутки.

Для использования полного ресурса несущей конструкции (рамы) автосамосвалов можно использовать различные методы повышения прочности сварных соединений, такие как [12, с. 519-521] – механическая и аргонодуговая обработка переходной зоны, наплавка более мягкой стали на свариваемые кромки, ультразвуковой ударный наклеп, взрывная обработка и др.

#### Библиографический список

1. Квагинидзе В.С. Эксплуатация карьерного и горнотранспортного оборудования в условиях Севера. - М.: Изд-во Московского гос. горного университета, 2002. – 243 с.
2. Квагинидзе В.С., Петров В.Ф., Чупейкина Н.Н. Восстановление металлоконструкций горнотранспортного оборудования: учебное пособие для вузов. – М.: Горная книга, 2007. – 497 с.
3. Слепцов О.И., Шульгинов Б.С., Михайлов В.Е., Сивцев М.Н., Слепцов Г.Н. Повышение прочности сварных металлоконструкций горнодобывающей и транспортной техники в условиях Севера. – Новосибирск: изд-во СО «Наука», 2012. - 201с.
4. Слепцов О.И., Шульгинов Б.С., Михайлов В.Е. Сопrotивляемость усталости сварных соединений несущих конструкций горнодобывающей техники в условиях низких температур // Материалы Всероссийской науч.-практ. конференции «Сварка и безопасность». ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера СО РАН. 2012. С. 206-212.
5. Слепцов О.И., Михайлов В.Е., Петушков В.Г. [и др]. Повышение прочности сварных конструкций для Севера. Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1989. – 223 с.
6. Предко А.В., Грицук Ю.В., Грицук И.В., Волков В.П. Мониторинг, диагностирование и прогнозирование параметров технического состояния транспортных средств в условиях ITS //Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1. С. 126-131.
7. Михайлов В.Е., Слепцов Г.Н., Адамов Р.Г., Эверстов М.М. Исследование сварных соединений на сопротивляемость холодным трещинам материалов рам горнодобывающей техники // Труды Евразийского симпозиума по проблемам надежности материалов и машин для регионов холодного климата пленарные доклады 1-3 декабря 2014 г. – СПб.: изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 443-450.
8. Ларионов В.П., Слепцов О.И., Михайлов В.Е. Основные аспекты обеспечения технологической прочности сварных соединений // Сварка и проблемы вязко-хрупкого перехода / Ларионов В.П. и др. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1998 - С.318-337.
9. Михайлов В.Е. Технологическая прочность низколегированных высокопрочных сталей // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Сварка и безопасность». - Якутск, 2012. – Т. 1. - С. 218-224.
10. Михайлов В.Е. Развитие холодных трещин при испытании технологических проб и малогабаритных образцов // Сб. Докл. II-я Международная научная конференция «Инновационная деятельность предприятий по исследованию, обработке и получению современных материалов и сплавов», 24-25 ноября 2011г., В 2 т., Т.2. М.: Машиностроение, 2012. – С.579-590.
11. Mikhailov V.Ye. Development of plastic strain in delayed fracture of welded joints from a low-alloy high-strength steel // Metal Science and Heat Treatment. 2014. Т. 55. № 11-12. P. 680-682.
12. Михайлов В.Е., Слепцов О.И. Эффективность методов повышения работоспособности несущих узлов горнотранспортной техники в условиях низких температур. // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 4 (2). Тематический выпуск.– С.519-521.

© Стручков В.Н., Михайлов В.Е., 2015

**Тесля В.О.**

канд. тех. наук, ассистент Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, Украина

**Абрамов Д. В.**

канд. тех. наук, доцент, докторант кафедры технологии машиностроения и ремонта машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, Украина

**Teslya V.O.**

Cand. Sc. (Eng.), assistant, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

**Abramov D. V.**

Ph. D., Associate Professor, doctoral student of Engineering Techniques and Machine Repairs Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

### **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПОКАЗАНИЙ АКСЕЛЕРОМЕТРА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ УСКОРЕНИЙ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГЕ С ПРОДОЛЬНЫМ УКЛОНОМ**

#### **ERROR ESTIMATE OF ACCELEROMETER MEASURING ACCELERATION OF THE CAR ON THE ROAD WITH LONGITUDINAL SLOPE**

Ключевые слова: акселерометр, автомобиль, ускорение, продольный уклон, погрешность, поправка.

Keywords: accelerometer, car, acceleration, longitudinal slope, the error, an amendment.

Осуществлена оценка величины погрешности показаний акселерометра по оси чувствительности, параллельной продольной оси автомобиля, при его ускоренном движении по дороге с продольным уклоном. Введена поправка на показания акселерометра, позволяющая снизить погрешность измерения до приемлемых величин.

The estimation of the magnitude of the error of accelerometer along sensitive axis, parallel to the longitudinal axis of the vehicle, with its accelerated movement on the road with longitudinal slope is done. An amendment to the testimony of the accelerometer, which allows reducing measurement error to acceptable values introduced.

**Введение.** Динамические свойства автомобилей оказывают существенное влияние на безопасность их эксплуатации, например при выполнении такого маневра, как обгон. Динамические свойства автомобиля характеризуются в том числе его продольными ускорениями при движении, для измерения которых широко применяются акселерометры. Адекватная оценка текущего уровня динамических свойств автомобиля позволяет повысить точность работы бортовых систем автомобиля, оказывающих помощь водителю в управлении, либо обеспечивающих автономность управления транспортным средством [1, с. 14; 2, с. 226].

В статье оценены величины погрешности показаний акселерометра по оси чувствительности, параллельной продольной оси автомобиля, при его ускоренном движении по дороге с продольным уклоном. Для снижения величины

погрешности измерений до приемлемых величин введена поправка, учитывающая угол продольного уклона дорожного полотна.

**Анализ последних исследований и достижений.** Акселерометры предназначены для измерения составляющих кажущегося линейного ускорения подвижных объектов вдоль оси чувствительности прибора [3, с. 5]

$$\bar{a} = \bar{w} - \bar{g}, \quad (1)$$

где  $\bar{a}$  – кажущееся ускорение (вызвано действием сил негравитационной природы);

$\bar{w}$  – вектор абсолютного ускорения;

$\bar{g}$  – вектор интенсивности гравитационного поля в месте нахождения акселерометра.

Чувствительным элементом акселерометра является инерционная масса, на которую воздействуют инерционные и гравитационные силы при ускоренном движении его корпуса.

На базе трехкоординатных акселерометров Freescale Semiconductor модели MMA7260QT ДЛШ на кафедре технологии машиностроения и ремонта машин ХНАДУ разработан и используется мобильный регистрационно-измерительный комплекс ВДВММ 4-001 [4, с. 20; 5, с. 2]. Комплекс используется в процессе дорожных экспериментальных исследований автомобилей. При монтаже акселерометра на автомобиле, его располагают таким образом, чтобы его ось чувствительности  $X$  была параллельна продольной оси автомобиля. При этом исследования проводятся на горизонтальных участках дороги, когда влияние вектора гравитационного поля на показания акселерометра сводится к нулю. Однако в реальных условиях эксплуатации автомобиль в основном движется по дорогам, имеющим продольный уклон, а значит, показания акселерометра по оси чувствительности  $X$  будут отличаться от фактического ускорения автомобиля из-за действия гравитационного поля Земли. Актуальным является оценка погрешности измерения продольного линейного ускорения автомобиля акселерометрами и ее уменьшение при движении по дорогам, имеющим продольный уклон.

Недостатками известных способов определения продольного уклона дороги [6, с.3; 7, с. 2; 8, с. 2; 9, с. 3] является большое количество датчиков измерения параметров, сложность измерительно-вычислительного комплекса и программного обеспечения, значительные массогабаритные характеристики вспомогательного оборудования, специальных измерительных тележек, наличие негативного влияния на работу датчиков вибрации и толчков, обусловленных неровностями дорожного покрытия.

Актуальным является способ определения величины продольного уклона дороги с использованием GPS/GLONASS приемника [10, с. 166]. Согласно проведенным ранее экспериментальным исследованиям данного способа средняя и максимальная абсолютная погрешности определения угла продольного уклона дорожного полотна составили соответственно [10, с. 168]  $\Delta_{\text{ср}} = 0,25$  град,  $\Delta_{\text{max}}$



= 0,42 град, а средняя и максимальная относительные погрешности –  $\delta_{\text{аср}}$   
= 9,04 %,  $\delta_{\text{аmax}} = 15,8$  %.

**Цель и постановка задач исследования.** Целью данного исследования является оценка и уменьшение погрешности показаний акселерометра при измерении ускорений автомобиля на дороге с продольным уклоном. Для достижения поставленной цели необходимо ввести поправку на показания акселерометра, учитывающую величину продольного уклона дорожного полотна и позволяющую снизить погрешность измерения до приемлемых величин.

**Особенности измерения продольных линейных ускорений автомобиля на дороге с продольным уклоном.** При разгоне автомобиля сила инерции, действующая на чувствительный элемент акселерометра, направлена в противоположную движению сторону. При этом положительные значения ускорений вдоль оси X фиксируются при разгоне, отрицательные – при торможении.

Рассмотрим показания акселерометра вдоль оси чувствительности X при полной остановке автомобиля ( $V_a = 0$ ) на горизонтальном участке дороги и на участке дороги имеющей уклон. На горизонтальном участке дороги при  $V_a = 0$  акселерометр будет показывать ускорение, равное нулю, так как инерционная сила отсутствует, а вектор гравитационного поля направлен под углом  $90^\circ$  к оси чувствительности X, что нивелирует его воздействие. На участке дороги, имеющем уклон под углом  $\alpha$ , при  $V_a = 0$  инерционная сила также отсутствует и чувствительный элемент акселерометра вдоль оси X будет фиксировать лишь воздействие гравитационного поля. Тогда показания составят

$$a_x = g \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

при этом в свете принципа действия акселерометра, значение  $a_x$  будет положительным при уклоне дороги вверх ( $\alpha > 0$ ), и отрицательным при уклоне дороги вниз ( $\alpha < 0$ ).

При ускоренном движении автомобиля на участке дороги с продольным уклоном  $\alpha$  (рис. 1), чувствительный элемент акселерометра будет подвергаться воздействию как силы гравитационного поля, так и инерционной силы, направленной вдоль плоскости дороги, а значит, вдоль оси чувствительности X. В этом случае акселерометр будет регистрировать величину ускорения, равную

$$a_x = \dot{V}_a + g \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

где  $\dot{V}_a$  – продольное в плоскости дороги линейное ускорение автомобиля. При этом в выражении (3) слагаемое  $\dot{V}_a$  будет принимать положительное значение при разгоне автомобиля и отрицательные при торможении, а слагаемое  $g \cdot \sin \alpha$  принимает положительное значение при движении автомобиля вверх по уклону ( $\alpha > 0$ ) и отрицательные при движении вниз по уклону ( $\alpha < 0$ ).

Таким образом, при ускоренном движении автомобиля на участке дороги с продольным уклоном, показания акселерометра  $a_x$  будут отличаться от фактического продольного линейного ускорения автомобиля  $\dot{V}_a$  на величину

$$\Delta = a_x - \dot{V}_a = \pm g \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

которая и является абсолютной погрешностью измерения.

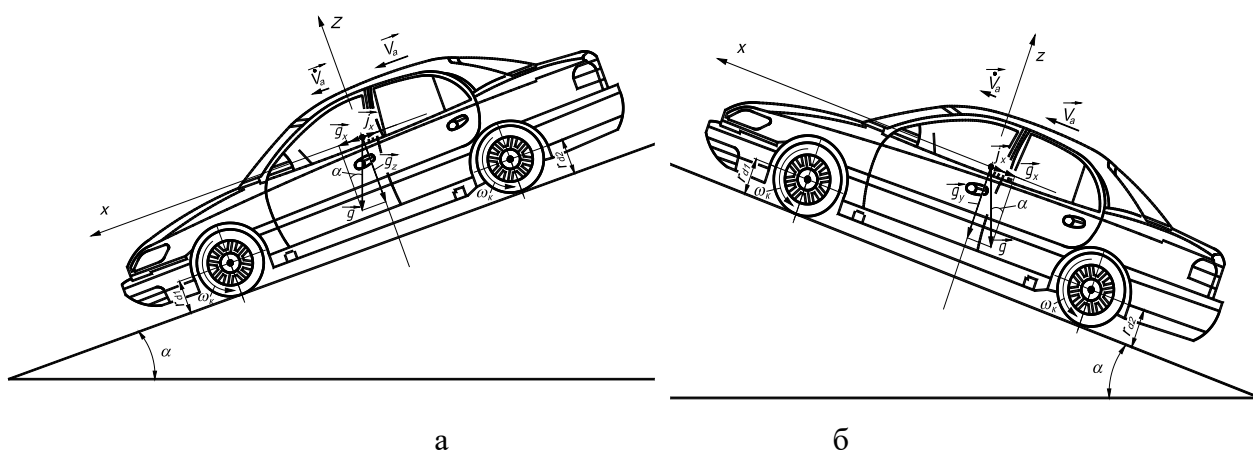


Рисунок 1 – Схемы ускорений, регистрируемых чувствительным элементом акселерометра вдоль оси X при ускоренном движении автомобиля на уклоне: а – уклон вниз ( $\alpha < 0$ ); б – уклон вверх ( $\alpha > 0$ )

Относительная погрешность измерения продольного линейного ускорения автомобиля при ускоренном движении на участке дороги с продольным уклоном будет определяться по формуле

$$\delta = \left| \frac{\Delta}{\dot{V}_a} \right| \cdot 100\%, \quad (5)$$

или с учетом выражения (4)

$$\delta = \left| \frac{g \cdot \sin \alpha}{\dot{V}_a} \right| \cdot 100\%. \quad (6)$$

С использованием выражений (4) и (6) построены графики изменения погрешностей определения акселерометрами продольного линейного ускорения автомобиля при ускоренном движении на уклоне (рис. 2).

Анализируя зависимости (4), (6) и графики на рис. 2 следует отметить, что при уменьшении фактического продольного линейного ускорения автомобиля  $\dot{V}_a$  во время движения на участке дороги с продольным уклоном, относительная погрешность измерения пропорционально увеличивается. При изменении угла продольного уклона дороги во время движения автомобиля в диапа-

зоне  $-10 \text{ град} \leq \alpha \leq 10 \text{ град}$ , абсолютная погрешность измерения продольного линейного ускорения будет лежать в пределах  $-1,7 \text{ м/с}^2 \leq \Delta \leq 1,7 \text{ м/с}^2$ . Если при этом фактическое продольное линейное ускорения автомобиля будет равно  $\dot{V}_a = \pm 3 \text{ м/с}^2$ , то максимальная относительная погрешность составит  $\delta_{\max} = 56,7\%$ , что категорически недопустимо.

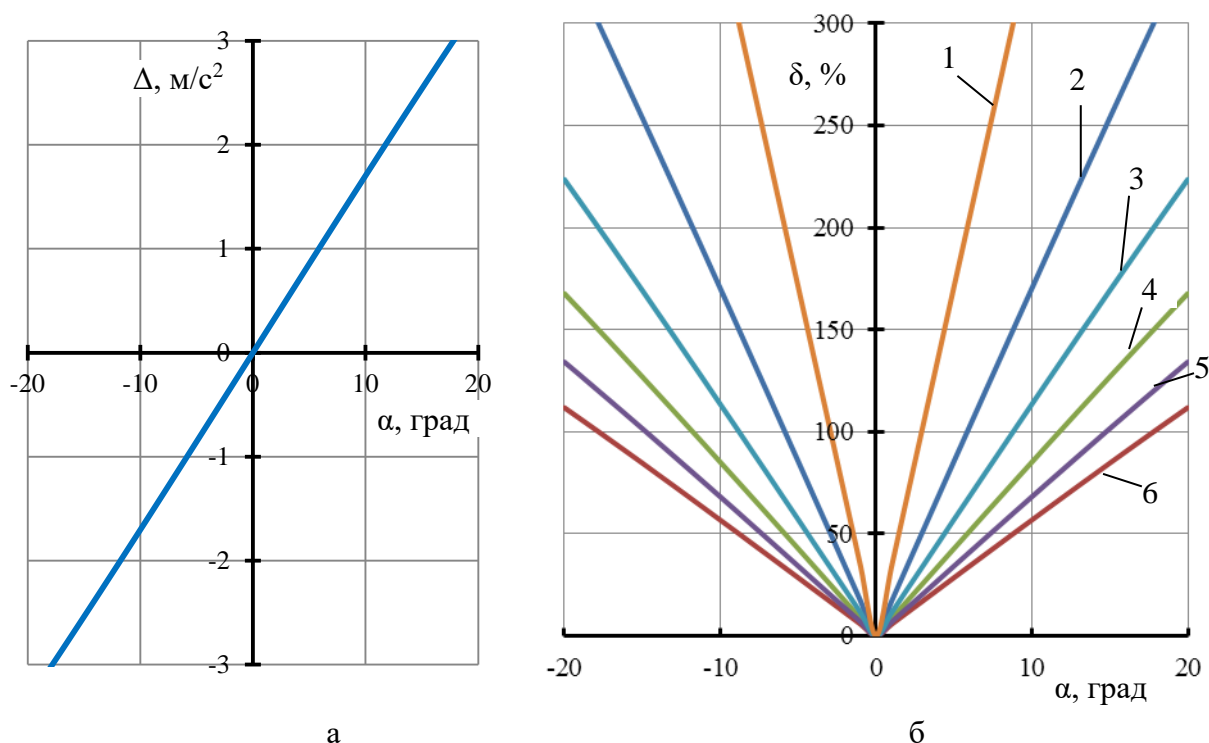


Рисунок 2 – Графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей определения акселерометрами продольного линейного ускорения автомобиля при ускоренном движении участке дороги с продольным уклоном от угла уклона  $\alpha$  и величины фактического ускорения  $\dot{V}_a$ : а – график изменения абсолютной погрешности; б – график изменения относительной погрешности; 1-6 – при  $\dot{V}_a$  соответственно равном  $\pm 0,5 \text{ м/с}^2$ ;  $\pm 1 \text{ м/с}^2$ ;  $\pm 1,5 \text{ м/с}^2$ ;  $\pm 2 \text{ м/с}^2$ ;  $\pm 2,5 \text{ м/с}^2$ ;  $\pm 3 \text{ м/с}^2$

Даже при малом угле продольного уклона дороги  $\alpha = 3 \text{ град}$  и том же, достаточно высоком, значении фактического продольного линейного ускорения автомобиля  $\dot{V}_a = \pm 3 \text{ м/с}^2$ , абсолютная погрешность измерения составит  $\Delta = \pm 0,5 \text{ м/с}^2$ , а относительная погрешность –  $\delta_{\max} = 17\%$ .

Таким образом, для уменьшения погрешностей измерения акселерометром продольного линейного ускорения автомобиля при движении по дороге с продольным уклоном, необходимо вводить поправку, учитывающую величину угла уклона дороги. Тогда показания акселерометра по оси чувствительности X с учетом поправки будут определяться по формуле

$$a_{x\varepsilon} = a_x - \varepsilon = \dot{V}_a, \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – величина поправки на показания акселерометра по оси чувствительности X при ускоренном движении автомобиля по дороге с продольным уклоном,

$$\varepsilon = g \cdot \sin \alpha . \quad (8)$$

В формуле (8)  $\varepsilon$  принимает положительное значение при движении автомобиля вверх по уклону ( $\alpha > 0$ ) и отрицательные при движении вниз по уклону ( $\alpha < 0$ ).

Для определения величины поправки на показания акселерометра по оси чувствительности X необходимо знать угол продольного уклона дороги в каждый момент движения автомобиля. Для этого может быть использован метод определения уклона дороги в процессе движения автомобиля с использованием совмещенного GPS/GLONASS приемника.

Абсолютная погрешность определения продольного линейного ускорения автомобиля с учетом поправки  $\varepsilon$  будет определяться по формуле

$$\Delta_x = a_{x\varepsilon} - \dot{V}_a = \pm g \cdot \sin \Delta_\alpha . \quad (9)$$

На основании данных о погрешности определения угла продольного уклона дорожного полотна с использованием GPS/GLONASS приемника по формуле (9) определим  $\Delta_{xcp} = \pm 0,0428 \text{ м/с}^2$ ,  $\Delta_{xmax} = \pm 0,0719 \text{ м/с}^2$ . Максимальная относительная погрешность  $\delta_{xmax}$  будет определяться по формуле (5). Графики изменения относительных погрешностей определения продольного линейного ускорения автомобиля с учетом поправки  $\varepsilon$  представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – График изменения средней и максимальной относительных погрешностей определения продольного линейного ускорения автомобиля на уклоне с учетом поправки  $\varepsilon$

Выводы. Введение поправки  $\varepsilon$  на показания акселерометра по оси чувствительности  $X$  при ускоренном движении автомобиля по дороге с продольным уклоном позволяет снизить погрешность до приемлемых величин.

При угле уклона дороги  $\alpha = 3$  град и значении фактического продольного линейного ускорения автомобиля  $\dot{V}_a = \pm 3$  м/с<sup>2</sup>, абсолютная и относительная погрешности измерения снизятся в 7 раз с  $\Delta = \pm 0,5$  м/с<sup>2</sup> до  $\Delta_{\text{max}} = \pm 0,0719$  м/с<sup>2</sup> и с  $\delta_{\text{max}} = 17\%$  до  $\delta_{x\text{max}} = 2,4\%$ .

### Библиографический список

1. Xinyu Wang. Lateral control of autonomous vehicles based on fuzzy logic / Xinyu Wang, Mengyin Fu, Hongbin Ma, Yi Yang // Control Engineering Practice. 2015. № 34. P. 1-17. DOI:10.1016/j.conengprac.2014.09.015.

2. Rachid Attia. Nonlinear cascade strategy for longitudinal control in automated vehicle guidance / Rachid Attia, Rodolfo Orjuela, Michel Basset // Control Engineering Practice. 2014. № 29. P. 225-234. DOI:10.1016/j.conengprac.2014.02.003.

Снигур А.К. Методические указания к лабораторным работам по курсам "Основы теории измерительных приборов", "Проектирование измерительных приборов". Ч. 1. Акселерометры / А.К. Снигур. – Николаев: НУК, 2009. – 60 с.

3. Артемов Н.П. Мобильный регистрационно-измерительный комплекс для проведения динамических испытаний колесных машин / Н.П. Артемов, М.А. Подригало, Д.М. Клец, Д.В. Абрамов [и др.] // Совершенствование эксплуатационных свойств транспортно-технологических машин и комплексов: материалы первой международной научно-практической конференции в г. Сургут, 18-20 апреля 2012 г. – Омск: СибАДИ, 2012. – С.19-23.

5. Пат. 51031 Україна, МПК G 01 P 3/00. G 01 P 15/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.І., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2010 01136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

6. Пат. 2274831 Российская Федерация, МПК G01C7/04. Способ исследования рельефа поверхности посредством гироскопической инерциальной системы измерения пространственного положения / В. А. Иващенко; заявитель и патентообладатель В. А. Иващенко; заявл. 20.09.2004; опубл. 20.04.2006.

7. Patent EP №0274632, IPS G01C7/04 Method and apparatus for measurement of road profile / V. Elson; inventor and applicant Spangler, Elson B.; application 24.11.1987; publication 16.01.1991.

8. Patent US №3797124, IPS G01C7/04 Ground profile reader / G. Easterling, R. Page, R. Scholl, W. Tillman; inventor and applicant Caterpillar Tractor Co.; application 21.04.1972; publication 19.03.1974.

9. Пат. 2162202 Российская Федерация, МПК G01C7/00. E01C23/00. Способ определения уклонов, кривизны, неровности и коэффициента сцепления дорожного покрытия и устройство для его осуществления / В. М. Ачильдиев, В. Н. Дрофа, В. М. Рублев, Е. Сорокин, Д. А. Цуцаев; заявитель и патентообладатель В. М. Ачильдиев, В. Н. Дрофа, В.М. Рублев; заявл. 21.03.2000; опубл. 20.01.2001.

10. Шеин В.С. Коробко А.И., Абрамов Д.В., Подригало М.А. Определение продольного уклона дороги в процессе движения автомобиля // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 163-168. DOI: 10.12737/13164.

© Тесля В.О., Абрамов Д.В., 2015

**УДК: 621.89.099.4:621.43**

**Толмачев Д.И.**

студент 4 курса транспортно-технологического института  
Белгородского государственного  
технологического университета  
им. В.Г. Шухова, РФ

**Голубенко Н.В.**

ассистент кафедры эксплуатации и  
организации движения автотранспорта  
Белгородского государственного  
технологического университета  
им. В.Г. Шухова, РФ

**Tolmachev D.I.**

4th year student of the Transport and  
Technological Faculty,  
Belgorod State Technological University  
named after V.G. Shukhov,  
Russian Federation

**Golubenko N.V.**

assistant of traffic operation and  
organization department,  
Belgorod State Technological University  
named after V.G. Shukhov,  
Russian Federation

## **К ВОПРОСУ О ХИММОТОЛОГИИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ И ОСОБЕННОСТЯХ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОВЫХ ДВС**

### **ABOUT THE QUESTION OF CHEMMOTOLOGY OF MOTOR OILS AND THEIR APPLICATION FOR GAS ENGINE**

Ключевые слова: химмотология, моторное масло, газовое топливо, двигатель внутреннего сгорания, показатели качества, работоспособность

Keywords: chemmotology, engine oil, gas fuel, internal combustion engine, the quality indicators, operability

В статье описаны некоторые химмотологические процессы, протекающие в системах: моторное масло – элементы ДВС. Моторное масло рассматривается как важный элемент конструкции двигателя внутреннего сгорания, для прогнозирования работоспособности которого необходимо количественное описание его состояния и изменения во времени. В связи с ростом количества автотранспортных средств с газовыми двигателями, затронуты вопросы необходимости применения специальных моторных масел для газовых ДВС и мониторинга их показателей качества.

The article describes some of chemmotology processes in systems: engine oil – elements of internal combustion engines. Motor oil is regarded as an important element in the construction of an internal combustion engine, and it is necessary to make quantitative description of its condition which changing over time for its operability forecasting. In connection with the increasing number of vehicles with gas engines, the topics of necessity of special engine oils use for the gas internal combustion engine and of monitoring of their quality indicators are mentioned.

В моторных маслах при работе в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) протекают сложные процессы, которые отрицательно сказываются на надежности работы двигателя. В маслах накапливается большое количество нежелательных продуктов, как образующихся в результате этих процессов в самом масле, так и попадающих в него извне. Эти продукты можно разделить на три основные группы: К – органические и неорганические кислоты; ПТ – продукты

термоокислительных превращений масла (продукты термолиза масла); ДФ (дисперсная фаза) – твердые продукты. Протекающие в масле при работе в двигателе процессы можно представить как совокупность результирующих реакций, представляющих собой сочетание последовательных или параллельных превращений ингредиентов масла (М):  $K + M \rightarrow$  окисление;  $ПТ + K \rightarrow$  укрупнение продуктов превращений;  $ДФ + K \rightarrow$  седиментация. Наиболее негативные процессы: образование высокотемпературных (ВТО) и низкотемпературных (НТО) отложений. Образование ВТО – процесс достаточно сложный, протекающий в химмотологических системах: моторное масло – цилиндропоршневая группа (ЦПГ) ДВС. Этот процесс негативно сказывается на надежности двигателя в целом, а также на ее отдельных составляющих, в частности на безотказности и долговечности. Интенсивность этого процесса связана с химическим составом масла. Специфика образования ВТО и НТО связана также с особенностями поведения дисперсной фазы, что реализуется в различной степени заполнения ее поверхности присадками масла и выражается в различии температурной устойчивости поверхностных (защитных) слоев [1, 2, 7].

Любой механический элемент конструкции машин и механизмов, включая двигатель, подвергается расчету на надежность, заключающуюся в безотказности работы, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности. Это относится и к моторному маслу – важному элементу конструкции двигателя внутреннего сгорания, на которое можно распространить понятия теории надежности, установленные ГОСТ 27.002-83, включая и понятие работоспособности. Ведущие фирмы, занимающиеся разработкой масел или пакетов присадок, для оптимизации состава широко используют оперативные методы анализа, призванные в большей или меньшей степени моделировать поведение масел в условиях применения. Указанные методы, как правило, отличаются от используемых при формировании нормативной или технической документации на масла и должны дополнять последние на этапе разработки масляной композиции или ее корректировки. Большинство методов, входящих в документацию, спроецировано на контроль технологии производства. В отличие от них оперативные методы химмотологической направленности построены по принципу определения реакции масла на внешние воздействия, типичные для условий эксплуатации, т.е. предназначенные для оценки поведения масел не в статике, а в динамике (рисунок 1).

На первом участке отказы связаны с недостатками изготовления технического объекта и минимизируются с наработкой (по мере обкатки). Для повышения надежности выпускаемой техники необходимо, чтобы период ее обкатки (приработки) являлся составной частью технологического процесса производства машин и механизмов и переходил на период гарантийной эксплуатации. Второй период соответствует нормальной работе, третий – продленному сроку службы вследствие хорошего технического обслуживания, четвертый – завершению срока службы объекта. Таким образом, прогнозирование работоспособности масел возможно осуществлять с использованием элементов теории

надежности. В свою очередь для отождествления масла с элементом конструкции двигателя необходимо количественное описание состояния масла и его изменения во времени [3, с. 12].

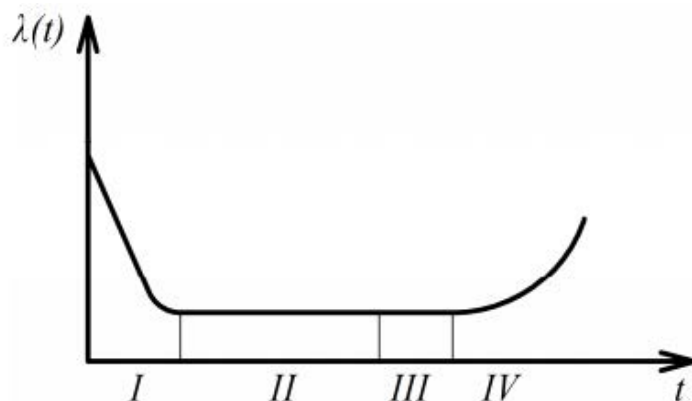


Рисунок 1 – Зависимость числа отказов объекта  $\lambda$  от времени работы  $t$

Причинами интенсивного загрязнения масла и его быстрого старения являются длительная работа двигателя в режимах, отличающихся от номинальных (температура охлаждающей жидкости менее  $60^{\circ}\text{C}$  или более  $100^{\circ}\text{C}$ ), значительный износ деталей ЦПГ, применение несоответствующего масла. Самым «вредным» явлением, возникающим в работающем двигателе, можно назвать накопление металлических частиц в моторном масле. Наиболее интенсивно это накопление происходит, если двигатель работает практически без смазки в режиме сухого трения. При пуске двигателя либо при его остановке возникает так называемое граничное трение. Граничное трение возникает даже при резком изменении режима движения. Наиболее благоприятный режим, так называемого жидкостного трения возникает, когда двигатель полностью прогрет, а масляный насос создает необходимое давление в системе. Смазочная пленка должна сохраняться для обеспечения оптимальных условий эксплуатации и достижения максимальных сроков службы компонентов двигателя [8].

Разнопеременные колебания нагрузки (от максимальной до холостого хода) и частоты вращения коленчатого вала (быстрое чередование положительных и отрицательных ускорений коленчатого вала) приводит к следующим последствиям: тепловое состояние деталей не соответствует частоте вращения и нагрузке на установившемся режиме работы ДВС. Данное явление называется тепловой инерцией. Указанное несоответствие влияет на процессы смесеобразования и сгорания, а также на эффективность работы системы смазывания. Вследствие изменения гидродинамического режима смазки трущихся поверхностей, снижения производительности масляного насоса и тепловой инерции растут потери на трение, и повышается интенсивность износа деталей. ДВС значительное время работают по внешней скоростной характеристике при повышенных механических и тепловых нагрузках на детали в сложных условиях



смазки и охлаждения. Все это обуславливает их несколько меньшие долговечность и надежность по сравнению с остальными агрегатами и механизмами.

Известно, что интенсивность изменения показателей качества моторного масла находится в прямой зависимости от срока службы двигателя: резко возрастает в первый период приработки масла, стабилизируется во второй и постепенно повышается в третий. Вопрос о сроках смены моторного масла решается просто, если установлены допустимые скорости расхода масла и значения параметров качества масла, особенно ограничивающие возможность дальнейшего его использования [4].

В связи с общей тенденцией к сохранению окружающей среды, в России наметился рост количества автотранспортных средств с газовыми двигателями [9].

К моторным маслам для газовых двигателей выдвинут ряд требований, связанный с особенностями их работы:

- отработавшие газы содержат большее количество водяных паров, чем в двигателях на жидком топливе, поэтому моторные масла должны обладать достаточной стойкостью к обводнению;

- при сгорании обедненных газозоудушных смесей в отработавших газах возрастает содержание оксидов азота, поэтому масла должны обладать достаточной стойкостью к их воздействию;

- особенности смесеобразования повышают чувствительность к образованию в камере сгорания отложений сгоревшего масла (зольных отложений), поэтому содержание металлоорганических присадок (сульфатная зольность), дающих эти отложения у масел для газовых двигателей, должно быть ниже;

- в связи с более высокими рабочими температурами от масла требуется большее содержание антиокислительных присадок для повышения его устойчивости к старению;

- из-за недостаточных смазывающих свойств газа функция защиты двигателя полностью переносится на масло;

- из-за повышенного угара масла в связи с более высокими рабочими температурами в газовых двигателях, ускорения процесса крекинга и испарения масла, от масла требуется специальный состав с пониженной скоростью испарения.

Каждый газовый двигатель должен содержать перечень масел, рекомендуемых для использования самим производителем. При необходимости перехода на моторное масло, не входящее в данный перечень, настоятельно рекомендуется запросить подтверждение возможности его применения у изготовителя, выпустившего данную модель двигателя.

Опыт эксплуатации пассажирского транспорта МУП «ГПТ» г. Белгорода, работающего на газовом топливе, выявил некоторые недостатки автобусов НЕФАЗ, в комплектацию которых входит газовый двигатель КАМАЗ мод. 820.61-260: увеличенный расход масла в системе смазки двигателя по сравнению с нормативным, а также повышенный износ цилиндропоршневой группы

двигателя (ЦПГ) из-за недостаточного теплоотведения [5, 6]. Предполагаемые причины – использование моторного масла несоответствующего качества, а также работа ДВС в неблагоприятных режимах.

Для газового двигателя КАМАЗ рекомендовано использовать моторные масла следующих производителей (таблица 1) [10]:

При сравнении физико-химических характеристик моторных масел, рекомендованных заводом-изготовителем газового и дизельного двигателей КАМАЗ (таблица 2), видно, что моторное масло для газового двигателя содержит меньший показатель сульфатной зольности (0,6 %) и более высокий индекс вязкости [11].

**Таблица 1 – Моторные масла для газовых двигателей КАМАЗ**

Марка масла	Производитель
ADDINOL Gasmotorenol MG 1540	ADDINOL Lube Oil GmbH, Германия
Mobil SHC Pegasus 30	EXXON MOBIL
Mobil Pegasus 1	EXXON MOBIL
Fuchs TITAN CNG SAE 15W-40	FUCHS
Fuchs TITAN CNG MC SAE 10W-40	FUCHS
Shell Rimula R6 LM SAE 10W-40 API CI-4	SHELL
G-Profi CNG LA 10W-40	ООО «Газпромнефть-СМ»

**Таблица 2 – Физико-химические характеристики моторных масел**

Наименование показателя	G-Profi CNG LA 10W-40 (для газового двигателя КАМАЗ)	G-Profi MSI 10W-40 (для дизельного двигателя КАМАЗ)
Вязкость кинематическая при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	14,5	15
Индекс вязкости	155	149
Температура вспышки в открытом тигле, °C	220	228
Температура застывания, °C	-38	-39
Плотность при 20°C кг/м <sup>3</sup>	854	875
Щелочное число, мг КОН/г	4,2	11
Зольность сульфатная, %	0,6	1,33

В заключение можно сказать, что двигатели, сконструированные и построенные для работы на газе и имеющие повышенную степень сжатия, необходимо смазывать специальными маслами для газовых двигателей, имеющими малую сульфатную зольность (предпочтительно не более 0,8 %), имеющими высокую термоокислительную стабильность и устойчивость к обводнению и нитрованию. Отклонение параметров моторного масла от требований, предъявляемых к нему в процессе его эксплуатации в газовых двигателях, может привести к разрушению деталей ЦПГ. Это является следствием нарушения температурного режима работы ДВС и усугубляется наличием повышенного содер-

жания сульфатной золы. Но даже самое высококачественное моторное масло в технически неисправном или с отклонениями от установленных характеристик двигателе внутреннего сгорания будет использоваться с ограниченным ресурсом применения, поэтому необходим мониторинг его показателей качества. Своевременная замена масла и поддержание его соответствующего уровня являются ключом к нормальной и продолжительной работе двигателя.

#### Библиографический список

1. Nemsadze G.G., Lashkhi V.L., Tonkonogov B.P. Tendency of motor oils to form deposits at high temperatures // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. Volume 46. Issue 1. May 2010. pp 43–47.
2. Chudinovskikh A.L. Chemmotological Principle of Evaluating Deposit Forming Tendency of Automotive Motor Oil // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. Volume 51. Issue 3. July 2015. pp 231–235.
3. Нигматуллин, Р. Г. Диагностика ДВС по анализу моторного масла [Текст] / Р. Г. Нигматуллин, В. Р. Нигматуллин, И. Р. Нигматуллин. – Уфа, 2011. – 297 с.
4. Севрюгина, Н.С. Совершенствование методов управления надежностью строительных и дорожных машин путем мониторинга моторных масел [Текст] : автореф. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Н. С. Севрюгина. – Орел, 2004. – 18 с.
5. Паничкин, А. В. Оценка ресурса двигателя автобусов, работающих на газовом топливе, эксплуатируемых в режиме городских перевозок пассажиров [Текст] / А. В. Паничкин, Н. В. Голубенко // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2015. – № 3 (50). – С. 123-129.
6. Латышев С.В., Голубенко Н.В. Об эффективности эксплуатации пассажирского транспорта, работающего на газовом топливе, на примере муниципального унитарного предприятия города Белгорода «Городской пассажирский транспорт» [Текст] // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. – 2014. – № 1. – С. 46-49. DOI: 10.12737/13057.
7. Севрюгина Н. С. Метод оценки дисперсной системы «поверхность трения - моторное масло» в двигателях СДМ [Текст] / Н. С. Севрюгина, Н. В. Голубенко // *Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений : материалы Международной научно-практической конференции, посвященная 20-летию открытия специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» в БГТУ им. В.Г.Шухова*. – Белгород, 2013. – С. 226-230.
8. Толмачев Д.И. Влияние химмотологических процессов смазки на работоспособность ДВС [Электронный ресурс] / Д. И. Толмачев, Н. В. Голубенко // *Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, 28-29 апреля 2015 г.* – Белгород, 2015. – CD-ROM.
9. Голубенко Н.В. Об использовании природного газа в качестве моторного топлива в целях экологизации автотранспорта [Текст] / Н.В. Голубенко // *Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сборник статей VII Международной научно-технической конференции*. Е.В. Агеев (отв. редактор). – Курск, 2015. – С. 32-34.
10. Перечень горюче-смазочных материалов и специальных жидкостей, рекомендованных к применению в узлах и агрегатах автомобилей КАМАЗ // ПАО «КАМАЗ» URL: <http://www.kamaz.ru/purchase-and-services/services/perechen-goryuche-smazochnykh-materialov/> (дата обращения: 14.12.2015).
11. ООО «Газпромнефть – Смазочные материалы» URL: <http://www.gazpromneft-oil.ru/clients/gpn.nsf/all/m03-02-02?opendocument> (дата обращения: 14.12.2015).

© Толмачев Д.И., Голубенко Н.В., 2015