

## ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС

<sup>1</sup>И. П. Добролюбов, доктор технических наук, профессор

<sup>2</sup>О. Ф. Савченко, кандидат технических наук

<sup>2</sup>С. Н. Ольшевский, кандидат технических наук

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Сибирский физико-технический институт аграрных  
проблем Россельхозакадемии

E-mail: sof-oleg46@yandex.ru

**Ключевые слова:** автотракторный двигатель, рабочие процессы, диагностика, измерительная экспертная система, динамика, компьютерная модель

**Реферат.** *Исследованы и обобщены принципы разработки компьютерной динамической модели автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Структурирована модель динамики, приведен критерий идентификации модели с объектом. Формальное описание объекта экспертизы (ОЭ) включает функциональную схему ДВС с введением множества характеризующих его параметров и базиса операторов, которые устанавливают соотношение между этими параметрами. Динамическая модель реализует известные из теории уравнения ДВС в моментах. При моделировании использованы различные математические описания ОЭ, в том числе аналогичные тем, которые используются при обработке измерительных процессов, в частности угловых скорости и ускорения коленчатого вала: составление и решение дифференциальных уравнений ДВС и системы автоматического управления скоростным режимом в статическом и динамическом режимах, определение переходных характеристик, амплитудно-частотных и энергетических спектров, авто- и взаимокорреляционных функций, динамических скоростных характеристик, интегральных характеристик и частных показателей. Рассмотрен пример моделирования с помощью пакета программ MATLAB переходных процессов, аналогичных измеряемым угловым ускорениям коленчатого вала ДВС при локализации неисправностей, в том числе амплитудно-частотных спектров импульсной последовательности углового ускорения вала, характеризующих рабочие процессы отдельных цилиндров.*

ДВС является сложной системой, состоящей из ряда подсистем, охваченных прямыми и обратными связями, с множеством физических процессов, характеризующих состояние и режимы его работы. Экспертиза состояния ДВС основана на измерении детерминированных и вероятностных параметров рабочих процессов двигателя, сравнении их по какому-либо критерию с заранее установленными значениями и отнесении состояния ДВС к определенному классу по минимуму меры близости к этому классу. При этом идентификация состояния ДВС требует применения всех разработанных математических методов классификации состояний и распознавания образов, информационных технологий формирования баз данных и знаний. Результаты многолетних исследований, проведенных в СибФТИ совместно с НГАУ [1–4], позволили обосновать применение указанных методов, создать информационное, техническое, метрологическое, алгоритмическое и программное обеспечения измерительной экспертной системы

двигателя (ИЭСД). Однако практическое применение ИЭСД в эксплуатационных условиях при поиске мест неисправностей, в особенности при множестве разномарочных двигателей, является достаточно сложным, трудоемким и недостаточно оперативным.

Цель исследования – повышение эффективности эксплуатации ИЭСД за счет разработки адекватной динамической модели ДВС, которая описывает рабочие процессы и изменение параметров, характеризующих неисправности двигателя и его составных частей.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Так как в ДВС происходит непрерывное изменение во времени разнообразных физических процессов, то ДВС можно рассматривать как динамическую систему, а математическую модель, отображающую эти изменения во времени, – как динамическую модель системы (ДВС).

При математическом моделировании некоторого процесса его конкретная реализация описывается в виде соответствия между элементами множества  $\vec{O}$  возможных значений  $x$  и элементами упорядоченного множества  $\vec{O}$  моментов времени  $t$ , т.е. в виде отображения  $\vec{T} \rightarrow \vec{X} : x(t) \in \vec{X}, t \in \vec{T}$ . Рассматривая выход  $y(t)$  системы (это может быть вектор) как её реакцию на управляемые  $u(t)$  и неуправляемые  $v(t)$  входы  $x(t) = \{u(t), v(t)\}$ , можно модель ДВС представить в виде «чёрного ящика» и выразить ее как совокупность двух процессов:  $\vec{X}^T = \{x(t)\}$  и  $\vec{Y}^T = \{y(t)\}$ ,  $t \in \vec{T}$ . Однако модель ДВС в виде «чёрного ящика» неэффективна, так как не позволяет локализовать неисправности, возникающие в реальном двигателе. Этого недостатка лишена модель «белого ящика», когда соответствие между входом и выходом можно описать тем или иным способом. В наиболее общей модели динамики системы это достигается введением понятия состояния  $z(t)$  системы как некоторой (внутренней) ее характеристики, значение которой в настоящий момент времени определяет текущее значение выходного процесса. Таким образом, с учетом характеристики состояния существует следующее отображение выхода  $\eta: \vec{Z} \times \vec{T} \rightarrow \vec{Y}$ , что можно записать в следующем виде:  $y(t) = \eta\{t, z(t)\}$ ,  $t \in \vec{T}$ . Явная зависимость  $\eta$  от  $t$  учитывает возможность изменения зависимости выхода от состояния с течением времени. Для завершения построения модели нужно описать связь между входом и состоянием, т.е. ввести параметрическое семейство отображений  $\mu_{\tau}: \vec{Z} \times \vec{X}(\cdot) \rightarrow \vec{Z}$ , заданных для всех значений параметров  $t \in \vec{T}$ ,  $\tau \in \vec{T}$  и  $\tau \leq t$ . Это означает принятие условия, что состояние в любой момент  $t > \tau$  однозначно определяется состоянием  $z_{\tau}$  в момент  $\tau$  и отрезком реализации входа  $x(\cdot)$  от  $\tau$  до  $t$ , т.е. переходным отображением:  $z(t) = \mu_{\tau}\{z_{\tau}, x(\cdot)\} = \sigma\{t, \tau, z_{\tau}, x(\cdot)\}$ .

Математическая модель ДВС как системы, соответствующей уровню «белого ящика», – задание множеств входов, состояний и выходов, а также связей между ними:

$$\vec{X} \xrightarrow{\sigma} \vec{Z} \xrightarrow{\eta} \vec{Y}.$$

Конкретизируя множества  $\vec{X}, \vec{Z}, \vec{Y}$  и отображения  $\sigma$  и  $\eta$ , можно получить модели различных типов ДВС.

Структурная математическая модель ДВС (далее – объект экспертизы – ОЭ) определяется как  $M(R) = (G, S, R)$ , где  $G$  – множество элементов, образующих модель;  $S$  – область определения

преобразования подобия;  $R$  – множество правил, устанавливающих отношения связи  $\rho$  на  $\Sigma$ -структуре типов соединения,  $R = (\Sigma, \rho)$ . Чтобы составить формальное описание ОЭ, необходимо, используя функциональную схему ДВС, ввести множество характеризующих его параметров  $\vec{Q} = \{q_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  и базис-операторов  $\vec{A} = \{A_i\}$ ,  $i = \overline{1, m}$ , которые устанавливают соотношение между этими параметрами (рис. 1, а).

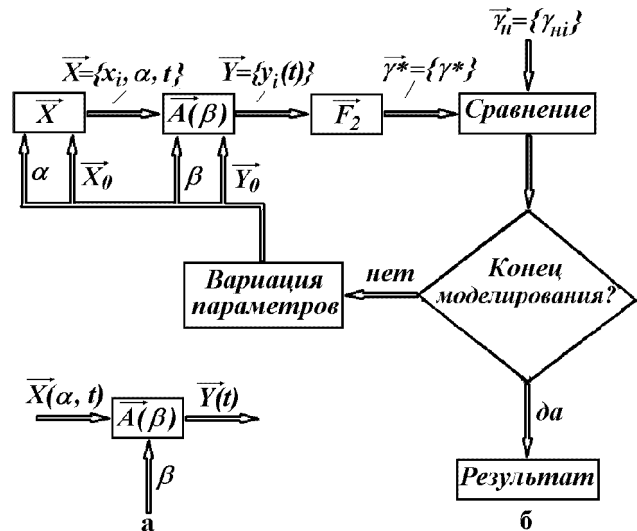


Рис. 1. Схемы моделируемого ОЭ:

а – обобщенная структурная; б – функциональная

Все параметры ОЭ можно разбить на четыре подмножества  $\vec{Q} = \{\vec{V}, \vec{\alpha}, \vec{\beta}, \vec{\gamma}\}$ , где  $\vec{V} = \{v_i\} = [\vec{X}(\vec{\alpha}, t); \vec{Y}(\vec{\gamma}, t); \vec{Z}(\vec{\beta}, t)]$ ,  $i = \overline{1, k}$  – фазовые переменные: векторы входных  $\vec{X} = \{x_i\}$ ;  $i = \overline{1, s}$  и выходных  $\vec{Y} = \{y_i\}$ ;  $i = \overline{1, v}$  переменных связаны между собой операторным уравнением  $\vec{Y} = \vec{A}(\vec{X})$ ;  $\vec{Z} = \{z_i\}$ ;  $i = \overline{1, b}$  – внутренние переменные, образующие множество состояний ОЭ;  $\vec{\alpha} = \{\alpha_i\}$ ;  $i = \overline{1, l}$  – внешние параметры ОЭ;  $\vec{\beta} = \{\beta_i\}$ ;  $i = \overline{1, p}$  – внутренние параметры ОЭ;  $\vec{\gamma} = \{\gamma_i\}$ ;  $i = \overline{1, r}$  – выходные параметры ОЭ.

Множество выходных параметров  $\vec{\gamma} = \{\gamma_i\}$  позволяет количественно оценить качество протекания рабочих процессов ОЭ:  $\vec{\gamma} = F_1(\vec{A}, \vec{\alpha}, \vec{\beta})$ . При компьютерном моделировании выполняется оценка параметров  $\vec{\gamma}^* = F_2[\vec{Y}(t)]$ ,  $\vec{Y}(t) = \vec{A}(\vec{\beta})\vec{X}(\vec{\alpha}, t)$ , где  $0 < t \leq T_n$ ;  $T_n$  – время обработки реализации процесса. Выходные параметры ОЭ получаются в результате обработки выборки объемом  $v$  из ансамбля реализаций  $\vec{Y} = \{y_i\}$ . Блок  $\vec{A}$  (см. рис. 1, б), является математической моделью ОЭ. В блоке  $F_2$  осуществляются преобразование и статистическая обработка выборки  $\vec{Y} = \{y_i\}$ , в результате которой получаем оценку выходного параметра системы  $\gamma^*$ . Эти оценки

сравниваются с требуемыми (номинальными) значениями выходных параметров  $\vec{\gamma}_n = \{\gamma_{ni}\}$  и выносится решение о дальнейшей процедуре моделирования. Соответствие модели объекту оценивается критерием качества идентификации:

$$I(\vec{c}) = M\{F[e(\vec{z}(n), \vec{c})]\} = [y(n) - \hat{y}(n)] \rightarrow \min, \quad n \rightarrow \infty$$

где  $F[\dots]$  – функция потерь;

$M\{\dots\}$  – символ математического ожидания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При моделировании использованы различные математические описания ОЭ, в том числе анало-

гичные тем, которые используются при обработке измерительных процессов, в частности угловых скорости и ускорения коленчатого вала: составление и решение дифференциальных уравнений ДВС и системы автоматического управления скоростным режимом в статическом и динамическом режимах, определение переходных характеристик, амплитудно-частотных и энергетических спектров, авто- и взаимокорреляционных функций, динамических скоростных характеристик, интегральных характеристик и частных показателей.

Динамическая модель реализует известные из теории уравнения ДВС в моментах [1, 3]:

$$J_{\mathcal{D}}(\varphi) \frac{d\omega}{dt} - \omega^2 \frac{dJ_{\mathcal{D}}(\varphi)}{d\varphi} = M_i(\omega, \psi, \varphi) - M_T(\omega, \varphi) - M_{ne}(\omega, f_{ne});$$

$$M_i^K = \sum_{m=1}^{i_u} M_{i1}^K(\varphi - \xi_m); M_i^F = \sum_{m=1}^{i_u} M_{i1}^F(\varphi - \xi_m); \quad (1)$$

$$M_{HH} = \omega^2 \frac{dJ_{\mathcal{D}}}{d\varphi} = \sum_{m=1}^{i_u} M_{HHm}(\varphi - \xi_m) + M_{HH}^{ocm};$$

$$\varepsilon = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} \left[ M_i - \omega^2 \frac{dJ_{\mathcal{D}}}{d\varphi} - M_T - M_{ne} \right] = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} [M_i^K + M_i^F - M_{HH} - M_T - M_{ne}] =$$

$$= \varepsilon_i^K + \varepsilon_i^F + \varepsilon_{HH} + \varepsilon_{HH}^{ocm} + \varepsilon_T + \varepsilon_{ne} = \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{i1}^K(\varphi - \xi_m) + \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{i1}^F(\varphi - \xi_m) +$$

$$+ \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{HH-1}(\varphi - \xi_m) + \varepsilon_{HH}^{ocm} + \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{T1}(\varphi_m) + \varepsilon_T^0 + \varepsilon_{ne}.$$

где  $J_{\mathcal{D}}, M_i, M_i^K, M_i^F, M_T, M_{ne}, M_{HH}, M_{HH}^{ocm}$  – моменты: инерции, индикаторный, компрессионная и газовая составляющие индикаторного момента, трения, нагрузки, инерционный, инерционный остаточный;  $\omega, \varepsilon$  – угловые скорость и ускорение коленчатого вала;  $\varepsilon_i^K, \varepsilon_i^F, \varepsilon_i^{md} = \varepsilon_i^K + \varepsilon_i^F, \varepsilon_{HH}, \varepsilon_{HH}^{ocm}$ ,

$\varepsilon_T = \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{T1}(\varphi_m) + \varepsilon_T^0, \varepsilon_{ne}$  – составляющие ускорения: компрессионная, газовая, термодинамическая, инерционная переменная неуравновешенная, инерционная остаточная, трения в цилиндропоршневых группах  $\varepsilon_{T1}$  и в остальных сопряжениях  $\varepsilon_T^0$  ДВС, нагрузки;

$\varphi$  – угол поворота коленчатого вала (ПКВ);  $\psi$  – перемещение органа топливоподдачи (ход рейки топливного насоса);  $f_{ne}$  – сила нагрузки;  $\xi_m$  – угол сдвига по фазе между индикаторными моментами отдельных цилиндров согласно диаграмме распределения вспышек;  $\zeta_m$  – угол сдвига по фазе между инерционными составляющими отдельных цилиндров согласно их компоновке;  $i_u$  – число цилиндров.

Для каждого из цилиндров составляющие полного ускорения:

$$\varepsilon_{i1}^K = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} M_{i1}^K(\varphi - \xi_{1m}) = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} V_u p_c K_1(\varphi); \quad (3)$$

$$\varepsilon_{i1}^F = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} M_{i1}^F(\varphi - \xi_{1m}) = \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} V_u p_i S_1(\varphi); \quad (4)$$

$$\varepsilon_{HH1} = - \left[ \frac{1}{J_{\mathcal{D}}} M_{i1}^{reg}(\varphi - \xi_{1m}) + \frac{M_{HH1}^{ocm}}{J_{\mathcal{D}}} \right] = \varepsilon_{HH1}^{reg} + \varepsilon_{HH1}^{ocm}; \quad (5)$$

$$\varepsilon_u = \varepsilon_1^K + \varepsilon_1^F + \varepsilon_{HH-1} + \varepsilon_{HH1}^{ocm} + \varepsilon_{T1}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_u$  – ускорение коленчатого вала, вызванное работой одного цилиндра (для упрощения в дальнейшем – ускорение цилиндра);  $V_u$  – рабочий объем цилиндра двигателя;  $p_c$  – давление сжатия;  $\bar{p}_i$  – среднее индикаторное давление;  $K_1(\varphi)$  и  $S_1(\varphi)$  – известные из теории

ДВС безразмерные компрессионная и газовая (индикаторная) силовые функции, вызванные работой цилиндра:  $K(\varphi) = \Gamma(\varphi)/2I^n(\varphi)$ ;  $S(\varphi) = G\Gamma(\varphi)/2\sigma^q$ ;  $\Gamma(\varphi) = \sin(\varphi+\beta)/\cos\beta$ ;  $D(\varphi) = 1 + 0,5(\gamma_{сж} - 1)/[1 - \cos\varphi + \lambda^{-1}(1 - \cos\beta)]$ ;  $G = [(\gamma_{сж} - 1)(q - 1)] / \{(\rho_i - 1)(q - 1) + \rho_i[1 - (\gamma_{сж}/\rho_i)^{1-q}]\}$ ;  $\beta = \arcsin(\lambda \sin\varphi)$ ;  $\lambda = r/L$ ;  $r$  и  $L$  – радиус кривошипа и длина шатуна;  $\gamma_{сж}$  – степень сжатия;  $n$  и  $q$  – средние значения показателей политроп сжатия и расширения;  $\rho_i$  – степень предварительного расширения продуктов сгорания;

$$\sigma = \begin{cases} 1 & \text{при } \varphi \in [\theta, \varphi_z]; \\ D/\rho_i & \text{при } \varphi \in [\varphi_z, \pi]; \end{cases}$$

$$\varphi_z \approx \sqrt{\frac{\rho_i - 1}{(\gamma_{сж} - 1)(\lambda + 1)}}.$$

Функции  $K_1(\varphi)$  и  $S_1(\varphi)$  для всего множества, например, вихрекамерных ДВС при различных значениях политроп сжатия и расширения могут быть аппроксимированы набором кривых, зависящих только от степени сжатия.

В стационарном режиме полной нагрузки, а также в свободном разгоне и выбеге полное ускорение коленчатого вала ДВС

$$\varepsilon = \sum_{m=1}^{i_u} \varepsilon_{um} + \varepsilon_T + \varepsilon_{III}^{om}. \quad (7)$$

В качестве примера рассмотрим один из реализованных методов анализа ОЭ – моделирование частотных (спектральных) зависимостей. Угловое ускорение коленчатого вала ДВС в соответствии с формулами (2) – (7) можно представить в виде временной последовательности импульсов (за вычетом неуравновешенной инерционной составляющей). Амплитудно-частотные спектры сигналов – импульсов прямоугольной формы (например, при съеме сигнала с датчика угловых меток) и линейно-экспоненциальной формы  $x(t) = \beta te^{-at}$  (например, составляющие крутящего момента и углового ускорения коленчатого вала от каждого работающего цилиндра;  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные величины, зависящие от степени сжатия):

$$S_n(\omega) = A_n \tau_u [\sin(\omega \tau_u / 2) / (\omega \tau_u / 2)]; \quad (8)$$

$$S_{лэ}(\omega) = \beta (\alpha^2 + \omega^2) / [\alpha^2 - \omega^2]^2,$$

$$S_{mN}(\omega) = S_m(\omega) \exp[-j(\omega \tau_u / 2)] \sum_{n=1}^N \exp[-j(n-1)\omega T_n] =$$

$$= A_m \tau_u [\sin(\omega \tau_u / 2) / (\omega \tau_u / 2)]^2 \exp[-j(\omega \tau_u / 2)] \sum_{n=1}^N \exp[-j(n-1)\omega T_n].$$

где  $\omega = 2\pi f$ ;  $f$  – частота в герцах;  $A_n$  и  $\tau_u$  – амплитуда и длительность прямоугольного импульса.

Так как активная фаза рабочих процессов ДВС проходит на линейном участке импульса линейно-экспоненциальной формы  $x(t) = \beta te^{-at}$  (кроме того, ширина спектра импульса определяется крутизной фронта импульса), то можно рассматривать только импульс симметричной треугольной формы

$$s(t) = \begin{cases} A_m (1 - 2|t| / \tau_u), & -\tau_u / 2 \leq t \leq \tau_u / 2; \\ 0, & t < -\tau_u / 2, \quad t > \tau_u / 2. \end{cases} \quad (9)$$

У импульса (9) амплитуда  $A_m$  соответствует максимуму амплитуды импульса линейно-экспоненциальной формы  $x_{\max}(t) = (1/\alpha)e^{-1/\beta}$ , а длительность  $\tau_u/2$  – длительности его линейного участка  $t_{\max} = (1/\alpha\beta)$ . Амплитудно-частотный спектр (АЧС) такого импульса (рис. 2, а):

$$S_m(\omega) = A_m (\tau_u / 2) [\sin(\omega \tau_u / 4) / (\omega \tau_u / 4)]^2 =$$

$$= [1/(\alpha\beta)] e^{-1/\beta} [\sin(\omega / 2\alpha\beta) / (\omega / 2\alpha\beta)]^2.$$

АЧС (при  $\omega > 0$ ) немодулированной последовательности пачек из  $N$  импульсов треугольной формы, следующих с периодом  $T_n$  (см. рис. 2, б):

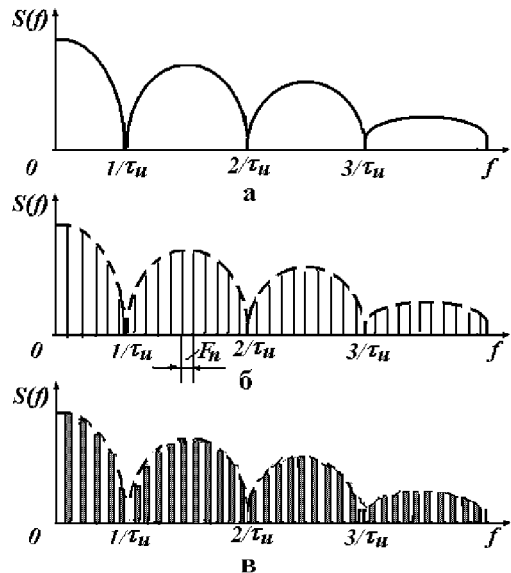


Рис. 2. Амплитудно-частотные спектры:

а – одиночного импульса; б – немодулированной последовательности импульсов; в – пачек из  $N = 4$  импульсов с амплитудно-импульсной модуляцией гармоническим сигналом частоты  $\Omega$

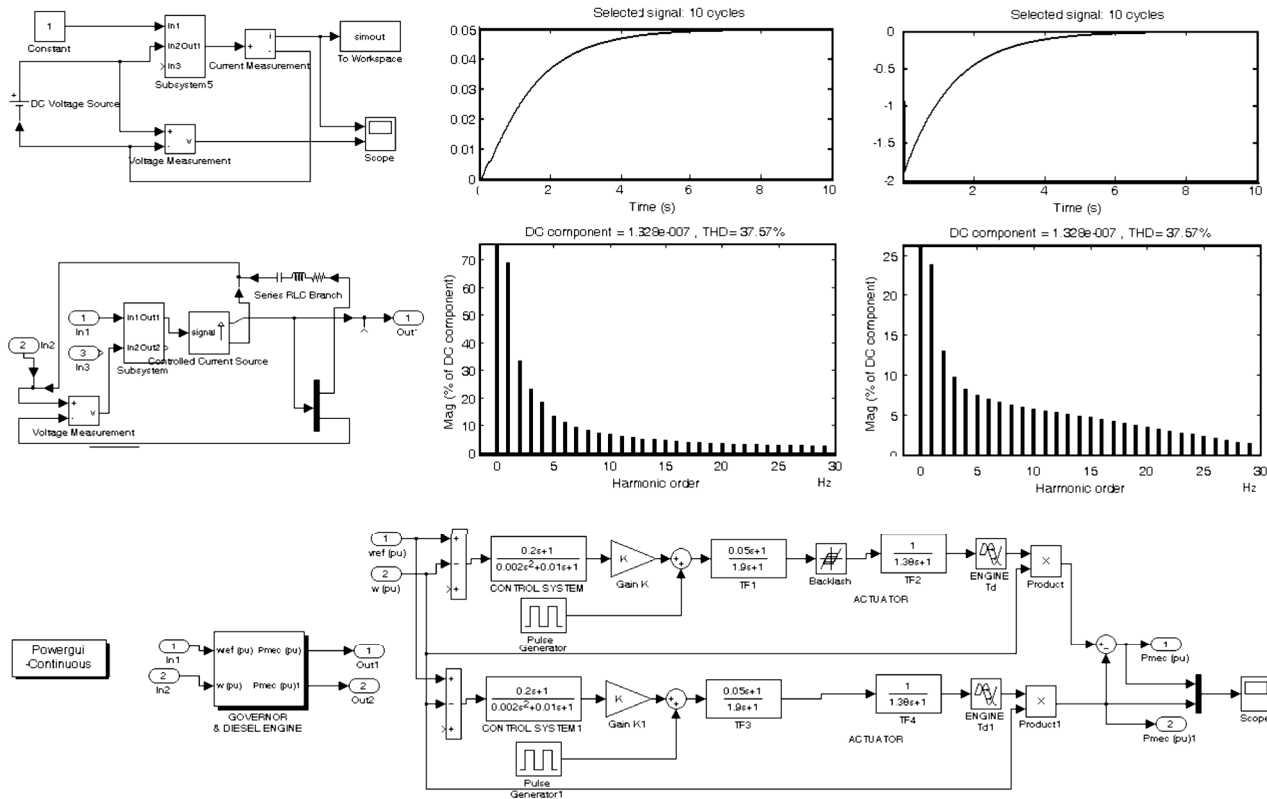


Рис. 3. Блоки и субблоки моделирования работы ДВС; нормированные переходные характеристики (верхние графики) и АЧС (нижние графики) ДВС в нормальном состоянии (левые графики) и при повышенном износе типа «люфт» (правые графики)

АЧС последовательности пакетов из  $N$  этих импульсов с амплитудно-импульсной модуляцией гармоническим сигналом частоты  $\Omega$ , вызванной неравномерностью работы цилиндров (см. рис. 2, в):

$$S_{mNm}(\omega) = A_m \left[ \frac{\sin(\omega \tau_u / 2)}{(\omega \tau_u / 2)} \right]^2 + \frac{A_m m}{2\tau_u} \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{\sin(k\omega + \Omega)(kT_n + \tau_u / 2)}{\omega + \Omega} + \frac{\sin(k\omega - \Omega)(kT_n + \tau_u / 2)}{\omega - \Omega} \right\}.$$

где  $m$  – глубина модуляции, при этом ширина лепестка спектра  $\Delta\omega_\Omega = 2\pi/NT_n$ .

Пример моделирования с применением пакета программ MATLAB приведен на рис. 3.

## ВЫВОДЫ

1. Показана целесообразность структурирования модели динамики ДВС как модели «белого ящика» с рассмотрением всех фазовых переменных.
2. Практическое применение методов идентификации технического состояния ДВС измерительной экспертной системой с помощью сравнения с математической динамической моделью позволяет повысить оперативность и снизить трудоемкость процесса экспертизы.

3. Применение динамической модели существенно облегчает поиск неисправностей, так как виды и степени этих неисправностей создаются в компьютерной модели.
4. Применение динамической модели расширяет перечень методов экспертизы ДВС и его отдельных компонентов, обеспечивает повышение точности и достоверности экспертного заключения. Кроме того, эти методы могут быть эффективными при автоматической экспертизе приработки ДВС, при автоматическом управлении агрегатами с резко переменной нагрузкой (например, машинно-тракторным агрегатом, дизель-генератором и др.).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альт В. В., Добролюбов И. П., Савченко О. Ф. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей / РАСХН. Сиб. отд-ние, СибФТИ. – Новосибирск, 2001. – 223 с.
2. Добролюбов И. П., Савченко О. Ф., Альт В. В. Идентификация состояния сельскохозяйственных объектов измерительными экспертными системами / РАСХН. Сиб. отд-ние, СибФТИ. – Новосибирск, 2003. – 209 с.
3. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей / О. Ф. Савченко, И. П. Добролюбов, В. В. Альт, С. Н. Ольшевский; РАСХН. Сиб. отд-ние, СибФТИ. – Новосибирск, 2006. – 272 с.
4. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК / В. В. Альт, И. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко, С. Н. Ольшевский; Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние, ГНУ СибФТИ. – Новосибирск, 2013. – 523 с.

## PRINCIPLES TO DESIGN A COMPUTER DYNAMIC MODEL OF AUTOTRACTOR ICE

I. P. Dobrolubov, O. F. Savchenko, S. N. Olshevsky

*Key words:* autotractor engine, operational processes, diagnosing, measuring and expert system, dynamics, computer model

*Summary.* The principles of designing a compute dynamic model of autotractor internal combustion engines (ICE) are investigated and summarized. The dynamics model is designed; the criterion to identify the model with the object is presented. The formal description of the object for examination (OE) includes ICE functional pattern with multiple parameters introduced, which are characteristic of the one, so was introduced the basis of operators that establish the ratio between these parameters. The dynamic model realizes ICE equations, which are known from the theory, in moments. When modeling, OE different mathematical descriptions are used including the descriptions analogous to the ones which are employed in the treatment of measuring processes, particularly angular velocity and crankshaft acceleration: making up and solving differential equations of ICE and the system of automatic control of the velocity regime under static and dynamic regimes, determining the transition characteristics, amplitude-frequency and energetic spectrums, auto- and mutually correlative functions, dynamic velocity characteristics, integral characteristics and special indexes. Consider the example by means of MATLAB package with modeling the transitions analogous to the ones measured by angular velocity of ICE crankshaft when localizing the defects including those of amplitude-frequency spectrums of crankshaft angular velocity impulse sequence which characterize operational processes of individual cylinders.