

УДК 621.452.32

## РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ КВАДРАТИЧНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПРЕССОРА ГТД КАК ПОДОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

Г.Г. Куликов<sup>1</sup>, И.М. Горюнов<sup>2</sup>, В.А. Шукалюк<sup>3</sup>, А.В. Афанасьева<sup>4</sup>

kgennadyg\_98@yahoo.com

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия

<sup>3,4</sup>АО «НПП «Аэросила», г. Ступино, Россия

Поступила в редакцию 12.02.2024

**Аннотация.** Исследуется системно-аналитический подход к идентификации структуры и термогазодинамических параметров компрессора ГТД как динамического подобъекта управления, контроля и диагностики на основе анализа  $4d - 1d$  компьютерных моделей. Показано, что данный подход позволяет построить динамическую модель компрессора ГТД как подобъекта управления, контроля и диагностики с квадратичной структурой, с возможностью встраивания в ЦСАУКиД уже на этапах проектирования. Показано, что данная модель может повысить эффективность управления и надежность ГТД за счет увеличения глубины контроля и диагностики термогазодинамических процессов в реальном времени. Рассматривается пример идентификации структуры и параметров динамической модели компрессора ГТД как подобъекта управления, контроля и диагностики на основе расчета параметров с применением компьютерных систем *DVIGwT*, *GasTurb* и др.

**Ключевые слова:** системный подход; динамическая модель ГТД; идентификация структуры и параметров компрессора; ЦСАУКиД.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследуются методологические и методические аспекты применения компьютерных нелинейных термогазодинамических моделей (НТГМ) для разработки динамических моделей отдельных узлов как подобъектов управления, контроля и диагностики с последующим встраиванием их в цифровые системы автоматического управления, контроля и диагностики (ЦСАУКиД) с полной ответственностью (*FADEC*) [1–4].

Отметим, что если для системного проектирования замкнутых каналов управления ЦСАУКиД требования к динамическим моделям определяются существенным диапазоном частот ГТД и ИМ как объекта управления и не превышают, как правило, 5–10 Гц, то по термогазодинамическим параметрам газоздушного тракта (ГВТ) для контроля и диагностики резонансных явлений (при розжиге, горении, сжатии, расширении, помпаже, вибрациях и др.) необходимый диапазон существенных частот уже составляет КГц, определяемых их характеристиками (длиной, амплитудой и др.) относительно звуковых волн в потоке. Отметим также, что в известных методах и моделях термогазодинамических расчетов дроссельных характеристик (ДХ) и высотно-скоростных характеристик (ВСХ) ГТД основные параметры потока рассчитываются также относительно скорости звука. Таким образом, можно полагать, что скорость звука в потоке выполняет роль первой инерциальной системы отсчета при расчёте его параметров.

Статические и динамические модели таких процессов строятся, как правило, из условия детерминизма (стационарности процессов течения). Для моделирования нестационарных процессов течения составляются, как правило, линейные волновые уравнения, описывающие собственные колебания потока [1]. По сути, поток является генератором колебаний, которые могут входить в резонанс с вибрациями, высокочастотными колебаниями газа при помпаже, пульсационным горением и др.

В статье предложен подход и разработан новый метод построения квадратичной динамической модели воздушного потока, основанный на теории квадратичных дифференциальных уравнений [16].

Можно выделить два подхода к построению (конструированию) данных классов моделей:

- аналитический – на основе теории нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных математической физики и интерпретации их в пространственной геометрии (конфигурации) в форме граничных условий и во временном (динамическом) пространстве, в форме начальных условий, с последующим их упрощением до системы дифференциальных уравнений с сосредоточенными параметрами в пространстве состояний [6–8, 10, 12];

- идентификационный – метод теории идентификации параметров модели путем планирования и проведения экспериментов на реальном объекте (ГТД) на его стендах или на его нелинейной модели (в т.ч. и на модели для расчета ВСХ и ДХ) (НТГДМ) и дальнейшей обработки полученных данных [9, 11, 14, 15].

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Определим необходимые и достаточные условия для логического формирования (проектирования) структуры динамической модели в форме системы дифференциальных уравнений нестационарного газодинамического потока в компрессоре, расчёта её параметров и разработки метода решения. Исследование базируется на анализе основных уравнений теории газовой динамики и теории проектирования ГТД [6–8, 10, 12].

Известно, что базой для начального этапа проектирования ГТД (как этапа его жизненного цикла) являются нелинейные термогазодинамические модели (НТГДМ) для расчёта параметров стационарного (детерминированного) газового потока и параметров энергетического равновесия на статических режимах ГТД в виде ДХ и ВСХ. Математические модели (НТГДМ) ГТД реализованы в программных комплексах класса *DVIGwT*, Град, *TermoGTE*, *GasTurb* и др.

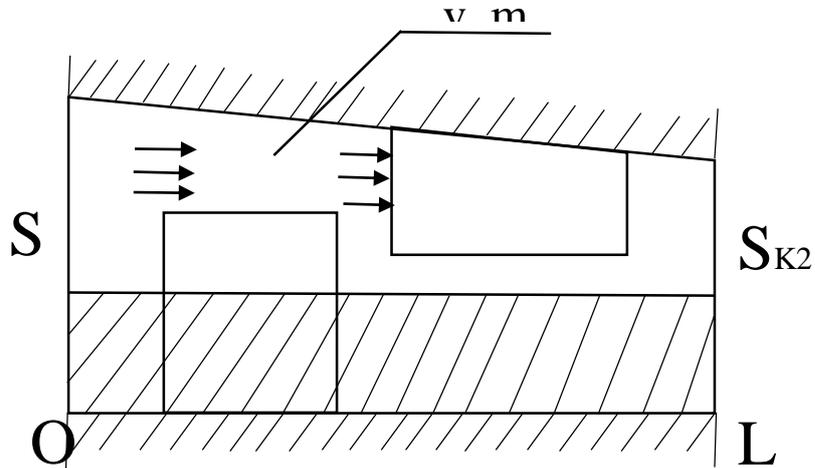
На основе методов теории неявных функций и динамических систем показано, что в окрестности установившегося режима существуют динамические (нестационарные) состояния воздушного и газоздушного потоков, которые могут быть описаны соответствующими дифференциальными уравнениями, параметры которых можно определить методами идентификации по данным, рассчитываемым по НТГДМ.

Проведем данное исследование на примере моделирования воздушного потока в ОК [1].

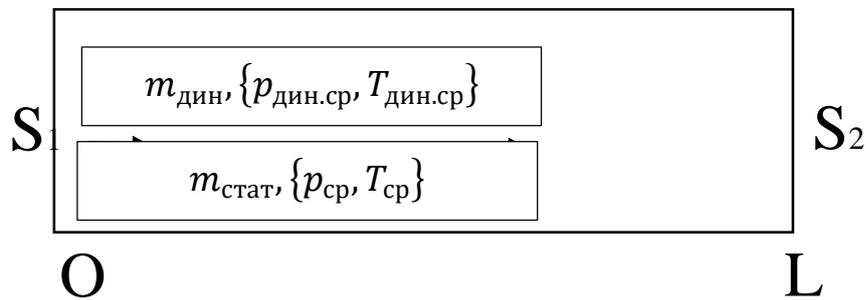
Полагаем, что определенное количество воздуха  $m$  постоянно находится в объеме  $V$ , определяемом площадью сечений  $S_1(X_1)$  на входе в компрессор,  $S_2(X_2)$  на выходе и протяжённостью  $L$ , за вычетом объема лопаток ротора. Полагаем, что динамическое состояние этой массы воздуха определяется законами Ньютона во второй инерциальной системе координат, определяемой геометрией ОК и ГТД. Силы, действующие на эту массу  $m$  объемом  $V$ , со входа и выхода (определяемые как произведение соответствующих площадей на соответствующие давления) с учетом силы, вносимой продольной составляющей от центробежной силы подводимой механической энергии  $P_{мех}$ , приведенной ко входу, определяют состояние массы воздуха  $m$  объемом  $V$ . Заметим, что суммарная продольная сила, действующая на данную массу при стационарном течении, будет близка к нулю, а при нестационарном (динамическом) течении определяет величину ускорения  $a$ .

Масса воздуха  $m$  в компрессоре, равная произведению его средней плотности на объем  $V$ , также вычисляется из уравнения состояния по средним значениям полного и статического давлений и соответствующих температур  $\{p_{cp}^*, T_{cp}^*\}, \{p_{cp}, T_{cp}\}$ , и, соответственно,  $m = m_{стат} + m_{дин}$  на исследуемом установившемся режиме (рассчитываемые по НТГДМ ГТД).

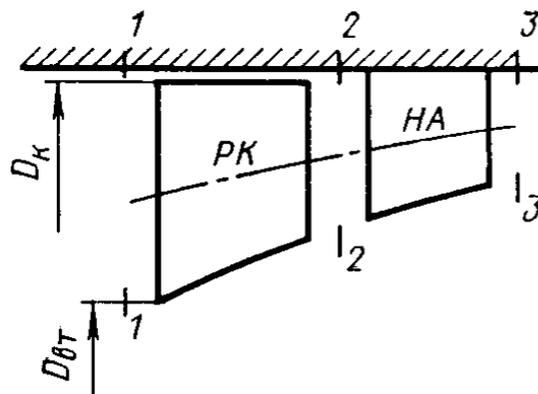
Приведенные выше рассуждения в работе проиллюстрированы следующими схемами на рис. 1.



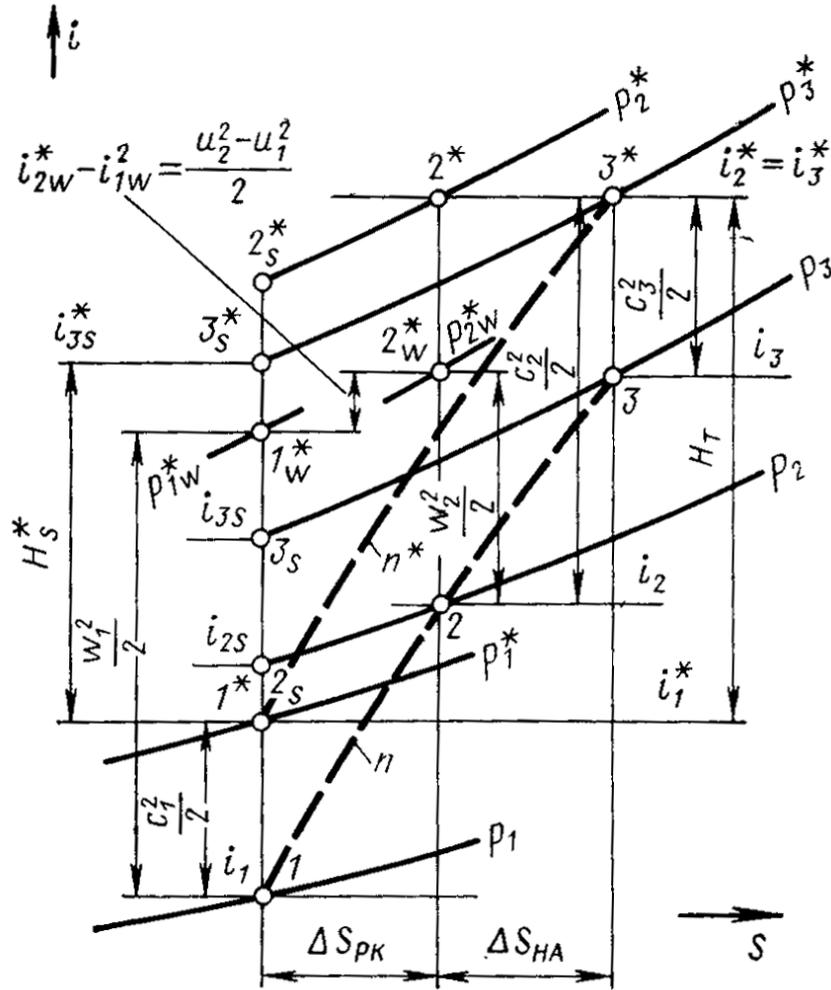
а) конструктивная схема одноступенчатого ОК



б) расчетная схема деления массы  $m$  в соответствии с формулой  $m = m_{стат} + m_{дин}$



в) схема ступени компрессора [17]



з) *t-S*-диаграмма процесса сжатия в каналах ступени компрессора [17]

**Рис. 1.** Структурная схема фрагментов определения величины массы воздуха в ОК на статическом режиме ГТД

**1. ВЫВОД ЛИНЕЙНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ**

На массу воздуха  $m$  в объеме проточной части  $V$  действует обобщенная продольная суммарная сила  $F$ , которая определяется уравнениями:  $F = m \cdot a$ , или в соответствии со схемой рис. 1:

$$F = S(p(x_1, t) - p(x_2, t)),$$

$$m = \rho(x)S(x)(x_2 - x_1),$$

где с учетом плотности воздуха и  $a = v_t(x, t)$  получим

$$\rho(x)v_t(x, t) = \lim_{x_2 \rightarrow x_1} \frac{p(x_1, t) - p(x_2, t)}{x_2 - x_1} - p_x(x, t), \text{ т.е.}$$

$$\rho(x)v_t(x, t) = -p_x(x, t) \tag{1.1}$$

С другой стороны, состояние выделенной массы воздуха  $m$  в объеме  $V$  определяется уравнением состояния:

$$p = \frac{RT}{M} \cdot \frac{m}{V}, \frac{m}{V} = \rho, k = \frac{RT}{M}, p = k\rho, p_x = k\rho_x,$$

$$\rho v_t = -k\rho_x \tag{1.2}$$

Дальнейшие аналитические преобразования и линеаризация уравнений (1.1), (1.2) позволяют получить линейное волновое уравнение в виде:

$$p_{tt} = k\rho_{xx} \tag{1.3}$$

Вывод и решение уравнения (1.3) для массы  $m$  с объёмом проточной части ОК  $V$  изложены в [1].

## 2. ВЫВОД КВАДРАТИЧНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

Масса воздуха  $m = m_{\text{стат}} + m_{\text{дин}}$  в объёме  $V$  компрессора определяется средними значениями полного и статического давлений и соответствующих температур  $\{p_{\text{ср}}^*, T_{\text{ср}}^*\}, \{p_{\text{ср}}, T_{\text{ср}}\}$ ; по уравнениям состояния рассматриваются параметры установившихся режимов, рассчитываемых по НТГДМ ГТД по закону регулирования  $n = \text{const}$ .

$$p_{\text{ср}}^* = \frac{RT_{\text{ср}}^*}{V} m \text{ или } p_{\text{ср}}^* = r m \quad (2.1)$$

или

$$m = \frac{p_{\text{ср}}^* V}{RT_{\text{ср}}^*} \text{ или } m = \frac{p_{\text{ср}}^*}{r}, \quad (2.2)$$

где  $r = \frac{RT_{\text{ср}}^*}{V}$ .

На универсальной характеристике  $G_{\text{в пр}} = f(\pi_{\text{к}}^*, n_{\text{пр}})$  ОК выделим линию (напорную ветку) при  $n_{\text{пр}} = \text{const}$  (рис. 2).

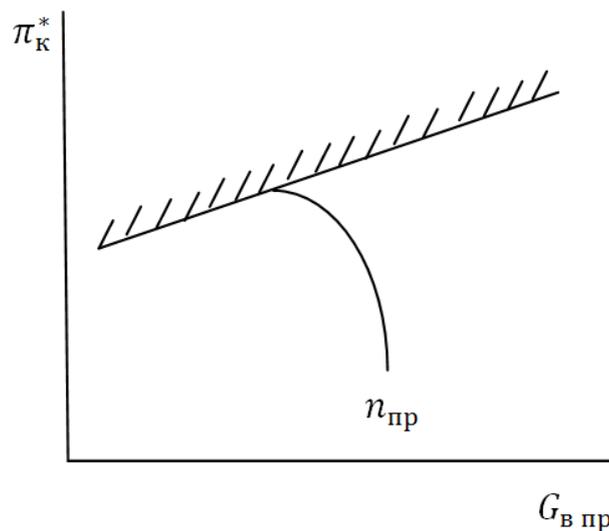


Рис. 1. Графическое представление напорной ветки ОК.

Анализ зависимости  $G_{\text{в пр}} = f(\pi_{\text{к}}^*, n_{\text{пр}})$  показывает, что она имеет квадратичный вид и может быть аппроксимирована квадратичной функцией вида:

$$G_{\text{в пр}} = a_1 \pi_{\text{к}}^{*2} + a_2 \pi_{\text{к}}^* + a_3 \quad (2.2)$$

С учетом того, что  $G_{\text{в}} = dm/dt$ , а  $p_{\text{ср}}^* = rm$ , уравнение (2.2) будет иметь вид

$$\frac{dm}{dt} = a_1 (rm)^2 + a_2 (rm) + a_3 \quad (2.2a)$$

$$\frac{dm}{dt} = a_1 (rm)^2 + a_2 (rm) \left( 1 + \frac{a_1 rm}{a_2} \right) + a_3 \quad (2.2б)$$

На основе принципа суперпозиции преобразуем уравнение (2.2б) в систему двух дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dm}{dt} = a_2(rm) \left( 1 + \frac{a_1 rm}{a_2} \right) \quad (2.2\text{в})$$

$$\frac{dm}{dt} = a_3 \quad (2.2\text{г})$$

Преобразуем дифференциальное уравнение (2.2в) в виде функции:

$$Y = a_2(rm) \left( 1 + \frac{a_1 rm}{a_2} \right)$$

Преобразуем функцию  $Y$ , введя обозначения  $Y=dm/dt$ ,  $X=m/((a_1 r) a_2)$ :

$$Y = (dx/dt)/((a_1 r)/a_2)$$

Учитывая, что  $m=x/((a_1 r)/a_2)$ ,  $R=(a_2 r)/((a_1 r)/a_2)$ ,  $q=R((a_1 r)/a_2)$ , получим представление исследуемой квадратичной функции в стандартной форме:

$$Y = qx(1 - x) \quad (2.3)$$

или

$$dx/dt = qx(1 - x) \quad (2.3\text{а})$$

или в дискретной форме, полагая, что

$$dx/dt = (x_{n+1} - x_n)/\Delta t \quad (2.3\text{б})$$

где

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= rx_n(1 - x_n) \\ r &= (1 + \Delta t). \end{aligned}$$

Для практической реализации и применения разработанного метода построения квадратичной динамической модели воздушного потока ОК целесообразно сформировать интегральную вычислительную платформу, включающую системы типа *DVIGwT*, *MATLAB*, (функционалы *Identification*, *Optimization* и другие опции), *LabVIEW* и др.

В работе [16] приведены основные теоретические положения и аналитические решения уравнения (2.3в) и их физическая интерпретация. Ниже приводятся графические иллюстрации решений.

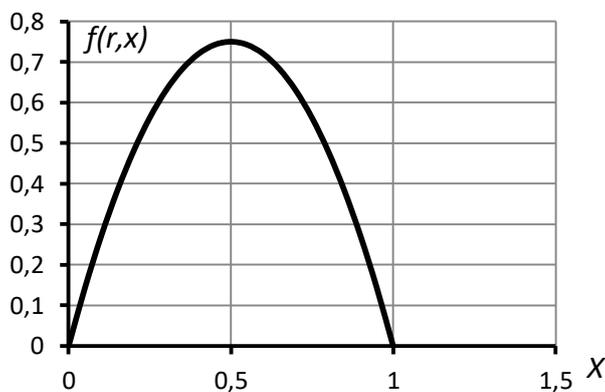


Рис. 1. Графическое представление  $x_{n+1}=rx_n(1-x_n)$  для  $r=3$ .

$f(x,r)=rx(1-x)$  – парабола, повернутая ветвями вниз с вершиной в точке  $x=0,5, y=0,25r$  (максимум). Для того, чтобы  $0 \leq x(n) \leq 1$ , параметр  $r \in [0,4]$ .

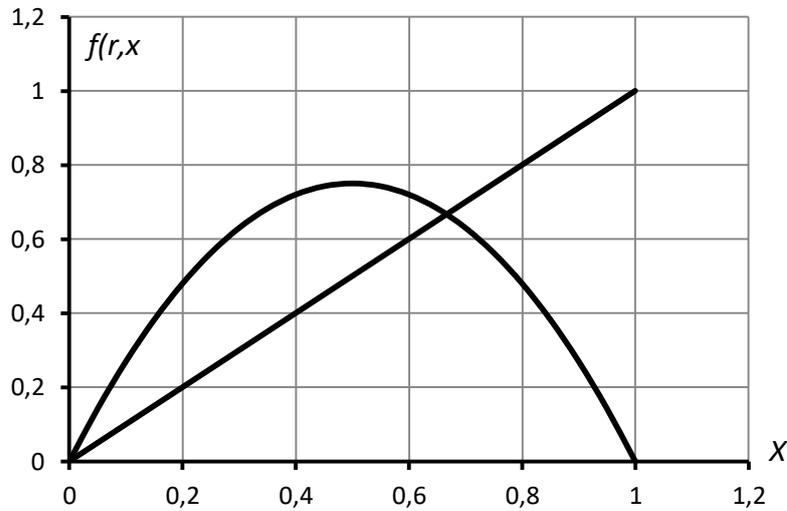


Рис. 4. Графическое определение точки покоя.

Точки покоя (равновесные состояния)  $x(n+1,r)=x(n,r)=\dots=x_0$ . Точка покоя определяется из уравнения  $x=f(x,r)$ .

Для квадратичного отображения  $x=rx(1-x)$  точки покоя  $x_1=0$  для всех  $0 < r < 4$ .  $x_2=1-1/r$ . Эта точка существует только при  $r > 1$  (при  $0 < r < 1, x_2 < 0$ ).

Вычислим  $|f'(x,r)|=r(1-2x)$ .

Вычислим  $|f'(x_1,r)|=r$ .

При  $r < 1$  точка покоя  $x_1=0$  устойчива, при  $r > 1$  неустойчива.

Вычислим  $|f'(x_2,r)|=|2-r|$ .

При  $|2-r| < 1 \leftrightarrow 1 < r < 3$  точка покоя  $x_2$  устойчива.

При  $|2-r| > 1 \leftrightarrow r > 3$  точка покоя  $x_2$  неустойчива.

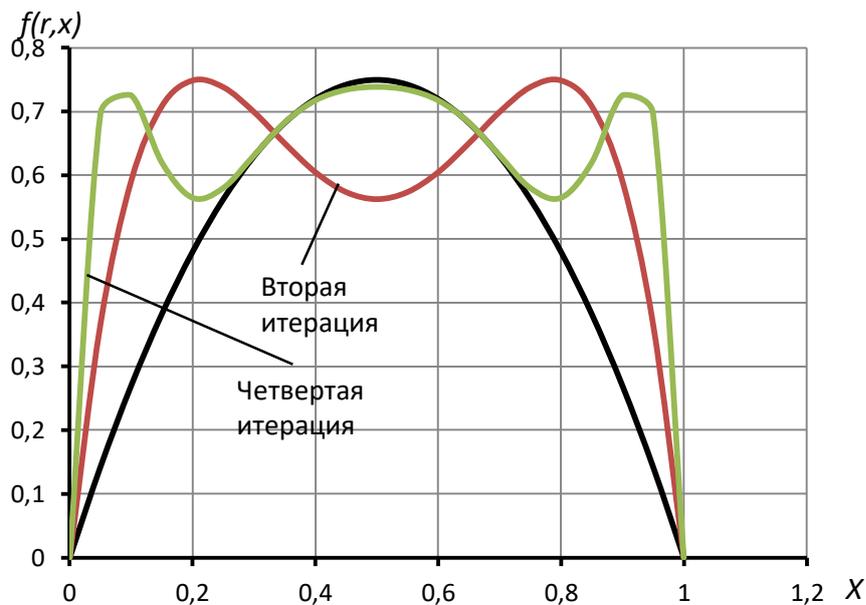


Рис. 5. Итерации квадратичного отображения  $x(n+1)=rx(n)(1-x(n))$ .

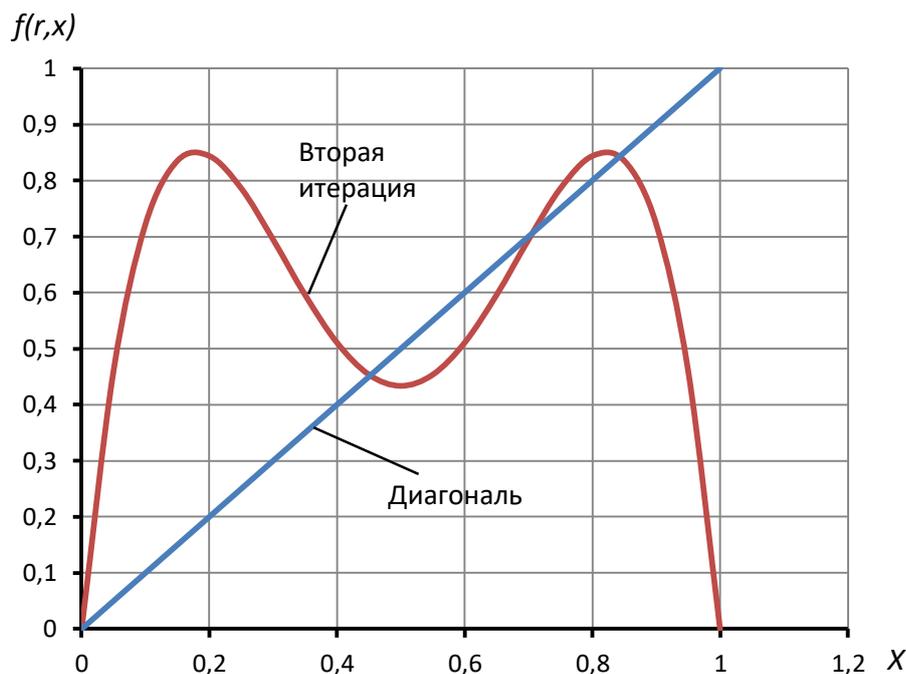


Рис. 6. Графический поток цикла второго периода для случая  $r=3,4$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны подход и расчетно-аналитический метод идентификации структуры и параметров квадратичной динамической модели воздушного потока в ОК как подобъекта управления, контроля и диагностики, встраиваемой в ЦСАУКиД. Показано, что для идентификации параметров динамической модели достаточно параметров, рассчитываемых по нелинейной термогазодинамической модели ГТД.

2. Данный подход и метод продемонстрированы на примере идентификации структуры и параметров квадратичной динамической модели воздушного потока ОК в форме квадратичного дифференциального уравнения по расчетным параметрам нелинейной термогазодинамической модели ГТД при заданном законе регулирования  $n=const$ .

3. Показана возможность создания интегральной вычислительной платформы, включающей системы типа *DVIGwT*, *MATLAB* (функционалы *Identification*, *Optimization* и др. опции), *LabVIEW* и другие на основе соответствующих методов неявно выражаемых функций и ИТ.

4. В целом предложенный подход способствует систематизации и формализации важного этапа ЖЦ проектирования ГТД при соблюдении условий «идентифицируемости и прослеживаемости» (учету, анализу и формализации причинно-следственных связей между состояниями узлов ГТД), что повышает эффективность управления, контроля и диагностики.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Г.Г., Горюнов И.М., Шукалюк В.А., Афанасьева А.В. Расчетно-аналитический метод идентификации структуры и параметров системы волновых уравнений ГТД как объекта управления, контроля и диагностики // Вестник УГАТУ. 2023. Т. 27. № 4 (102). С. 77–85 [G. G. Kulikov, I.M. Goryunov, V. A. Shukalyuk, A.V. Afanasyeva. *Calculation and analytical method for identifying the structure and parameters of the system of wave equations of GTEs as an object of control, monitoring and diagnostics*, (in Russian). Vestnik UGATU, Vol. 27, No. 4 (102) (2023), p. 77–85.]

2. Куликов Г.Г., Ризванов К.А., Иванов А.В., Шукалюк В.А. Проектирование семантических формальных моделей объектов исследуемой предметной области на основе категорий диалектики и теоретико-множественных методов // Вестник УГАТУ. 2023. Т. 27. № 3 (101). С. 82–98 [G. G. Kulikov, K. A. Rizvanov, V. A. Shukalyuk. *Designing semantic formal models of objects of the subject area under study based on the categories of dialectics and set-theoretic methods*, (in Russian). Vestnik UGATU, Vol. 27, No. 3 (101) (2023), p. 82–98.]

3. Куликов Г.Г., Ризванов К.А., Иванов А.В., Шукалюк В.А. Трансформация автоматизированной информационно-управляющей системы построения системных математических моделей ГТД в форму цифровых двойников // Труды МАИ. 2023. №

133 [G. G. Kulikov, K. A. Rizvanov, A. V. Ivanov, V. A. Shukaluk. *Transformation of an automated information and control system for constructing system mathematical models of gas turbine engines in the form of digital twins*, (in Russian). Trudy MAI, no. 133 (2023).]

4. **Куликов Г.Г., Набатов А.Н., Речкалов А.В.** Автоматизированное проектирование информационно- управляющих систем. Системное моделирование предметной области. Уфа: УГАТУ, 2003. 103 с. [G. G. Kulikov, A. N. Nabatov, A. V. Rechkalov, *Computer aided design of management information systems. System modeling of a domain*, (in Russian). Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2003. 103 p.]

5. **Loginovskiy O.V., Rizvanov K.A., Kulikov G.G.** Application of BI-principles in the gate project management system to create a digital twin of the GTE // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. 2020. V. 20. No. 1. P. 16–26. DOI: 10.14529/ctcr200102.

6. **Добрянский Г.В., Мартянова Т.С.** Динамика авиационных ГТД. М.: Машиностроение, 1989. 240 с. [G. V. Dobryanskiy, T. S. Martyanova, *Dynamics of Aircraft Gas-Turbine Engines*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1989. 240 p.]

7. **Куликов Г. Г., Черкасов Б. А.** Математические модели, используемые в САПР двигателя и систем управления // Автоматика и регулирование реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1988. С. 323–343 [G. G. Kulikov, B.A. Cherkasov, *Mathematical models in the CAD systems of the engine and control systems*, (in Russian), in: Automation and Control of Jet Engines. Moscow: Mashinostroenie, 1988. P. 323–343.]

8. **Иноземцев А. А., Нихамкин М. А., Сандрацкий В. Л.** Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. М.: Машиностроение, 2008. Т. 5. 187 с. [A. A. Inozemtsev, M. A. Nikhamkin, V. L. Sandratskiy, *Automation and Control of Aircraft Engines and Power Plants: textbook*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2008. Vol. 5. 187 p.]

9. **Фатиков В.С. и др.** Комплекс информационного и полунатурного моделирования для исследования систем автоматического управления и контроля многодвигательных силовых установок при их эксплуатации по состоянию // Авиационно-космическая техника и технология. 2005. № 2. С. 155–160 [V. S. Fatikov et al. Information and semi-realistic simulation complex for the study of the automatic control and monitoring systems of multi-engine power plants during their operation, (in Russian) // Aerospace Engineering and Technology. 2005. No. 2. P. 155–160.]

10. **Распопов Е.В. и др.** Интеллектуальная система запуска для нового поколения авиационных ГТД // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9. № 2(20). С. 153–157 [E. V. Raspopov et al. Intellectual start system for a new generation of aircraft GTEs, (in Russian). Vestnik UGATU. 2007. Vol. 9, No. 2(20). P. 153–157.]

11. **Арьюков В.Ю. и др.** Полунатурное моделирование отказов ГТД для испытаний систем контроля и диагностики двигателей // Авиационно-космическая техника и технология. 2004. № 7(15). С. 167–173 [V. Yu. Ar'kov et al. Semi-realistic simulation of GTE failure for the testing of the monitoring and diagnostic systems of engines, (in Russian). // Aerospace Engineering and Technology. 2004. No. 7(15). P. 167–173.]

12. **Kulikov G. et al.** Dynamic Modeling of Gas Turbines // Springer-Verlag. New York, 2004. 309 p.

13. **Горюнов И.М.** Термогазодинамические расчеты в программном комплексе DVIGWT: учеб. пос. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022 [I. M. Goryunov, Thermogasdynamic Calculations in the DVIGWT software: study guide, (in Russian). Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2022.]

14. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005** Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [GOST R ISO/IEC 15288-2005 Information technology. System engineering. System life cycle processes, (in Russian).]

15. **Способ полунатурных испытаний** систем автоматического управления и контроля газотурбинных двигателей и стенд для его реализации / Г. Г. Куликов [и др.]. Пат. № 2340883 Российская Федерация, МПК G01M 15/14. Заявка № 2007118610/06, заявл. 18.05.2007; опубл. 10.12.2008. Бюл. №34; Приор. 18.05.2007. Введ. с 10.12.2008 по 18.05.2027. [G. G. Kulikov et al. Method of semi-natural testing of automatic and gas turbine engine control systems and stand to that end, (in Russian). Russian Federation Patent No. 2340883, IPC G01M 15/14. Application No. 2007118610/06, application date 18.05.2007; publication date 10.12.2008, Bull. No. 34; priority date 18.05.2007. Valid from 10.12.2008 until 18.05.2027.]

16. **Квадратичное отображение:** <https://www.youtube.com/watch?v=Q-B7-yvQrzA&t=12s> [Quadratic map: <https://www.youtube.com/watch?v=Q-B7-yvQrzA&t=12s>]

17. **Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т.** Теория и расчет авиационных лопаточных машин: учеб. для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели». 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. 432 с. [K.V. Kholshevnikov, O.N. Emin, V.T. Mitrokhin, *Theory and Calculation of Aircraft Impeller Machines: textbook*, 2nd edition, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1986. 432 p.]

#### ОБ АВТОРАХ

**КУЛИКОВ Геннадий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления УУНИТ.

**ГОРЮНОВ Иван Михайлович**, доктор технических наук, профессор кафедры авиационных двигателей, ФАДЭТ УУНИТ.

**ШУКАЛЮК Вадим Андреевич**, соискатель кафедры АСУ УУНИТ, инженер-конструктор АО «НПП «Аэросила».

**АФНАСЬЕВА Елена Витальевна**, соискатель кафедры АСУ УУНИТ, инженер-конструктор АО «НПП «Аэросила».

#### METADATA

**Title:** Calculation and analytical method for identifying the structure and parameters of the quadratic dynamic model of the GTE compressor as a sub-object of control, monitoring and diagnostics.

**Authors:** G. G. Kulikov<sup>1</sup>, I. M. Goryunov<sup>2</sup>, V. A. Shukalyuk<sup>3</sup>, A. V. Afanasyeva<sup>4</sup>

**Affiliation:**

<sup>1,2</sup>Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

<sup>3,4</sup>JSC NPP "Aerosila", Russia.

**Email:** <sup>1</sup>gennadyg\_98@yahoo.com

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), vol. 28, no.1 (103), pp. 99-108, 2024. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

**Abstract:** A system-analytical approach to identifying the structure and thermogasdynamic parameters of a gas turbine engine compressor as a dynamic sub-object of control, monitoring and diagnostics is explored, based on the analysis of 4d – 1d computer models. It is shown that this approach makes it possible to build a dynamic model of a gas turbine engine compressor as a sub-object of control, monitoring and diagnostics with a quadratic structure, with the possibility of being integrated into the digital systems of automatic control, monitoring and diagnostics already at the design stages. It is shown that this model can increase the control efficiency and reliability of gas turbine engines by increasing the depth of monitoring and diagnostics of thermogasdynamic processes in real time. An example of identification of the structure and parameters of a dynamic model of a gas turbine engine compressor as a sub-object of control, monitoring and diagnostics is considered, based on the calculation of parameters using the computer systems DVIGWT, GasTurb, etc.

**Key words:** system approach; dynamic model of a gas turbine engine; identification of the structure and parameters of the compressor; digital systems of automatic control, monitoring and diagnostics

**About authors:**

**KULIKOV Gennady Grigorievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Automated Control Systems, UUST, Ufa, Russia.

**GORYUNOV Ivan Mikhailovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Aviation Engines, UUST, Ufa, Russia.

**SHUKALYUK Vadim Andreevich**, postgraduate degree seeker at the Department of Automated Control Systems of UUST, design engineer at JSC NPP "Aerosila", Ufa, Russia.

**AFANASYEVA Alena Vitalievna**, postgraduate degree seeker at the Department of Automated Control Systems of UUST, design engineer at JSC NPP "Aerosila", Ufa, Russia