Автоматизация. Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

9

2016

Главный редактор

Микрин Е.А. — д.т.н., проф., академик РАН, ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Белоусов В.Л. — д.э.н., проф., МГУПИ
Ван Сяофэн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Ван Мэйлин — д.т.н., проф., Пекинский политехнический ун-т (КНР)
Дегтярёв Ю.И. — д.т.н., проф., МАИ
Елисеев В.А. — д.т.н., проф., Ин-т инновац.-технологич. менеджмента
Иванов А.П. — д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)
Криони Н.К. — д.т.н., проф., УГАТУ (г. Уфа)
Мальцева С.В. — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ
Микаева С.А. — д.т.н., проф., МГУПИ
Неусыпин К.А. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Нефёдов Е.И. — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН
Никифоров В.М. — д.т.н., проф., ФГУП «НПЦАП им. Н.А. Пилюгина»
Осипова В.Г. — ООО «Изд-во Инновационное машиностроение» (заместитель главного редактора)
Пролетарский А.В. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Румянцева О.Н. — генеральный директор ООО «Изд-во Инновационное машиностроение»
Ся Юаньцин — д.т.н., проф., Пекинский политехнический ун-т (КНР)
Фёдоров И.Б. — д.т.н., проф., академик РАН, президент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Хэ Юн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Шахнов В.А. — д.т.н., проф., член-кор. РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Шибанов Г.П. — д.т.н., проф., Гос. лётно-испытат. центр им. В.П. Чкалова
Янович Е.А. — д.э.н., проф., Кошалинский политехнич. ин-т (Польша)

Редактор — **Лутовинина О.Н.**
Редактор — **Селихова Е.А.**
Компьютерная вёрстка — **Конова Е.В.**

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (499) 268-41-77.
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;
http://www.mashin.ru

УЧРЕДИТЕЛИ:

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО "ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

Журнал зарегистрирован 29 мая 2014 г. за № ФС77-58102 в Роскомнадзоре

Журнал входит в перечень утверждённых ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей учёных степеней, а также в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства:
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (495) 661-03-36

© Издательство "Инновационное машиностроение", "Автоматизация. Современные технологии", 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Руднева Л.Ю. Современные методы измерения жёсткости деталей специальных агрегатов и приборов 3

Бочкарёв П.Ю., Захаров О.В., Решетникова Е.П. Автоматизированная оценка частных видов профиля продольного сечения цилиндрических поверхностей 9

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Рябцева С.А. Автоматизация поиска принципов действия технических систем 12

Шахтарин Б.И., Федотов А.А., Балахонов К.А. Исследование качества передачи изображений с использованием OFDM в канале с АГБШ 15

Якиль К.А., Рязанова Н.Ю. Фильтрация SMS-спама 19

СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ

Емельяненко А.А., Иванюк А.К., Жабин О.И., Ярошик Д.В. Виртуальные испытания как средство оптимизации затрат в опытном производстве гидроакустических приборов 25

Неусыпин К.А., Селезнева М.С. Измерительный комплекс с интеллектуальной компонентой для летательного аппарата . . 27

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мешков Н.А., Рогачёва Л.И., Пищулин В.И. Опережающее высшее профессиональное образование в информационном обществе 31

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Елисеев В.А. Ведомственная экспертиза инновационных проектов и программ 37

CONTENTS

MODERN TECHNOLOGY

Rudneva L.Yu. Modern measuring methods of the special machines and devices part stiffness 3

Bochkarev P.Yu., Zakharov O.V., Reshetnikova E.P. Automated assessment of profile particular types for the longitudinal section of cylindrical surfaces 9

MODERN INFORMATION TECHNOLOGY

Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Ryabtseva S.A. Search automation of technical systems activity principles. 12

Shakhtarin B.I., Fedotov A.A., Balakhonov K.A. Investigation of the image transfer quality using OFDM in channel with AWGN 15

Yakil K.A., Ryazanova N.Yu. SMS-spam filtration . . . 19

SYSTEMS AND CONTROL DEVICES

Emelyanenko A.A., Ivanyuk A.K., Zhabin O.I., Yaroshik D.V. Virtual testing as a means of cost optimization in pilot production of hydroacoustic devices 25

Neusypin K.A., Selezneva M.S. Measuring complex with intellectual components for aircraft 27

EDUCATIONAL TECHNOLOGY

Meshkov N.A., Rogacheva L.I., Pishchulin V.I. Advancing higher professional education in the information society. 31

ECONOMY AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Eliseev V.A. Departmental examination of innovative projects and programs 37

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Роспечать" — 70537, по каталогу "Пресса России" — 27838, по каталогу российской прессы "Почта России — 60267) или непосредственно в издательстве по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок: (495) 785-60-69

Сдано в набор 30.06.2016.
Подписано в печать 25.08.2016.
Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная.

Отпечатано в ООО "Канцлер"
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

Перепечатка материалов из журнала "Автоматизация. Современные технологии" возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Автоматизация. Современные технологии" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель

© Издательство "Инновационное машиностроение", "Автоматизация. Современные технологии", 2016

УДК 621.9

Л.Ю. Руднева, канд. техн. наук
(Московский технологический университет МИРЭА)

rudnewal@ list.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЖЁСТКОСТИ ДЕТАЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ И ПРИБОРОВ

Предложено решение проблемы микроминиатюризации в производстве агрегатов специальных изделий, особенно при создании микро- и наноагрегатов, когда предъявляют особые требования к технологии сборки этих изделий и необходимости точной оценки жёсткости высокоточных деталей. Приведён расчёт напряжённо-деформируемого состояния в точке с помощью системы фундаментальных уравнений теории упругости. Получение точного аналитического решения этих уравнений для расчёта на прочность и жёсткость вибрационных пластин — сложная процедура. По этой причине аналитические методы имеют ограниченное применение, в связи с чем используют приближённые методы, реализация которых возможна с помощью современной вычислительной техники.

Ключевые слова: технология; сборка; упругий элемент; равная жёсткость.

The solution of the miniaturization problems in the production of special products aggregates, especially at the creation of micro and nanoaggregates when specific requirements are claimed to the assembly technology of these products and to the need for accurate evaluation of the precision parts stiffness is proposed. The calculation of the stress-strain state in a point by using the fundamental equations system of the theory of elasticity theory is adduced. Obtaining exact analytical solutions of these equations for calculation of the vibration plates strength and rigidity — a complicated procedure. For this reason, the analytical methods have limited application, and therefore the approximate methods are used, which implementation is feasible via the modern computer technology.

Keywords: technology; assembly; resilient component; equal rigidity.

Современные методы измерения жёсткости и высокоточных вибрационных пластин (ВП) специальных агрегатов и приборов базируются на фундаментальной теории упругости.

Плоские сложнопрофильные пластины, защемлённые по внешнему контуру и содержащие внутренний колеблющийся контур, изготовленные из хрупких материалов (кварц, ситалл, стекло и др.), испытывают внешнюю нагрузку от инерционных сил. Детали имеют сложный профиль выреза для намотки катушек, находящихся под напряжением.

При отклонении внутренней пластины от заданного положения в катушке возникает ЭДС. Предполагается, что деформация внутреннего контура вибрационной пластины происходит под воздействием внешних сил, вызванных ускорением.

Предложена методика расчёта таких ВП методом конечных элементов (МКЭ), являющимся одним из приближённых методов расчёта теории упругости [1—5] и самым эффективным прямым методом приближённого решения прикладных задач механики.

Теорией упругости называется раздел механики сплошных сред, изучающий поведение упругих твёрдых тел при их нагружении. Будем считать, что деформируемая среда является однородной и изотропной, т.е. её упругие свойства одинаковы во всех направлениях. Кроме того, предполагаем, что среда деформируется линейно (для материала среды выполняется закон Гука), причём перемещения и деформации достаточно малы.

В общем случае напряжённо-деформируемое состояние в точке (расчёт на прочность и жёсткость) можно рассчитать с помощью системы фундаментальных уравнений теории упругости [5]. Получение точного аналитического решения этих уравнений для расчёта на прочность и жёсткость вибрационных пластин — сложная процедура. По этой причине аналитические методы имеют ограниченное применение. Выходом из такого положения является использование приближённых методов, реализация которых возможна с помощью вычислительной техники [6].

Анализ работ [1, 2, 7, 4], описывающих различные методики расчёта пластин, защемлён-

ных по контуру, и деталей типа "пружина", показал, что решение дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих ВП специальных агрегатов и приборов, может быть выражено, как правило, в рядах. Учитывая присущие вибрационным пластинам: способ крепления; сложный профиль сечения; особенности применяемых материалов, сделан вывод о том, что необходимую точность расчёта на жёсткость обеспечит МКЭ.

В основе этого метода лежит представление плоских ВП в виде набора некоторых простых геометрических фигур, называемых конечными элементами, взаимодействующих между собой только в узлах [3, 5]. В связи с тем, что ВП специальных агрегатов и приборов имеют соотношение длины и толщины более пяти, его удобно представить множеством треугольных элементов (рис. 1).

Рассмотрим конечный элемент, координаты узлов 1—2—3 которого равны x_1y_1, x_2y_2 и x_3y_3.

После приложения внешней силы внутренняя точка этого элемента с координатами x, y занимает новое положение, перемещаясь в направлении координатных осей x и y соответственно на расстояние $u(x, y)$ и $v(x, y)$, причём в пределах одного конечного элемента эти перемещения представляем в виде линейных функций координат:

$$\left.\begin{aligned} u(xy) &= a_1 + a_2x + a_3y \\ v(xy) &= a_4 + a_5x + a_6y \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где a_1—a_6 — постоянные коэффициенты.

В матричной форме:

$$\vec{u}(x,y) = \left[L(x,y)\right]\vec{a}, \qquad (2)$$

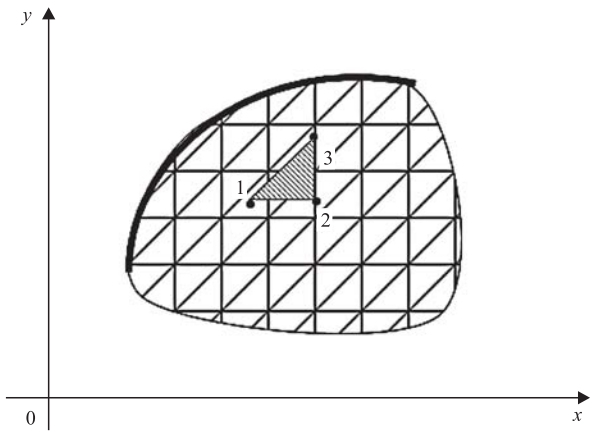


Рис. 1. Фрагмент разбивки пластины на конечные элементы — треугольники

где

$$\vec{u}(x,y) = \begin{bmatrix} u(x,y) \\ v(x,y) \end{bmatrix}; \ \left[L(x,y)\right] = \begin{bmatrix} 1 & x & y & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x & y \end{bmatrix};$$

$$\vec{a} = \left[a_1a_2a_3a_4a_5a_6\right].$$

Как отмечалось в работах [3, 5], задание перемещений в виде линейных функций (1) обеспечивает сшивку этих функций на границах соседних элементов. Действительно, линейность перемещений означает и их линейность вдоль границы элемента.

Подставляя в формулу (2) координаты узловых точек, получим

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix}$$

или

$$\vec{u} = \left[L(x,y)\right]\vec{a}, \qquad (3)$$

где $\vec{u} = \left[u_1v_1u_2v_2u_3v_3\right]^T$.

В системе уравнений (3) в качестве неизвестных можно рассматривать постоянные коэффициенты. Решив (3) с помощью формул Крамера, имеем:

$$a_1 = \frac{\begin{bmatrix} u_1 & x_1 & y_1 \\ u_2 & x_2 & y_2 \\ u_3 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}}{2\Delta}; a_2 = \frac{\begin{bmatrix} 1 & u_1 & y_1 \\ 1 & u_2 & y_2 \\ 1 & u_3 & y_3 \end{bmatrix}}{2\Delta};$$

$$a_3 = \frac{\begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}}{2\Delta}; a_4 = \frac{\begin{bmatrix} v_1 & x_1 & y_1 \\ v_2 & x_2 & y_2 \\ v_3 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}}{2\Delta}; \qquad (4)$$

$$a_5 = \frac{\begin{bmatrix} 1 & v_1 & y_1 \\ 1 & v_2 & y_2 \\ 1 & v_3 & y_3 \end{bmatrix}}{2\Delta}; a_6 = \frac{\begin{bmatrix} 1 & x_1 & v_1 \\ 1 & x_2 & v_2 \\ 1 & x_3 & v_3 \end{bmatrix}}{2\Delta},$$

где Δ — определитель матрицы системы, численно равной площади конечного элемента:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}. \qquad (5)$$

Как показывает проведённый анализ работ [3, 5], тот же самый результат (4) получаем и другим способом: поскольку определитель матрицы отличен от нуля, то единственное решение системы (3) есть произведение обращённой матрицы системы и вектора.

Подстановка уравнения (4) в (5) приводит к выражению для определения поля перемещений произвольной точки данного конечного элемента:

$$\vec{u}(x,y)=\frac{1}{2\Delta}[(a_1+b_1x+c_1y)u_1+ \\ +(a_2+b_2x+c_2y)u_2+(a_3+b_3x+c_3y)u_3], \quad (6)$$

где $a_1 = x_2y_3 - x_3y_2$; $b_1 = y_2 - y_3$; $c_1 = x_3 - x_2$,

а остальные коэффициенты находят циклической перестановкой индексов 2 и 3. В матричной форме выражение (6) переписывают как

$$\vec{u}(x,y)=\sum_{i=1}^{3}\psi_i(x,y)u_i. \quad (7)$$

Функция ψ_i, имеющая вид

$$\psi_i=\frac{1}{2\Delta}(a_i+b_ix+c_iy), \quad (8)$$

называется функцией формы.

Компоненты вектора — столбца $\vec{\varepsilon}$ относительной деформации связаны с перемещениями соотношениями:

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_x&=\frac{1}{E}(\sigma_x-\mu\sigma_y);\\ \varepsilon_y&=\frac{1}{E}(\sigma_y-\mu\sigma_x);\\ \varepsilon_z&=-\frac{\mu}{E}(\sigma_x+\sigma_y);\\ \gamma_{xy}&=\frac{\tau_{xy}}{G},\end{aligned}\right\}$$

поэтому

$$\vec{\varepsilon}=\begin{bmatrix}\varepsilon_x\\ \varepsilon_y\\ \gamma_{xy}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{\partial u}{\partial x}\\ \dfrac{\partial v}{\partial y}\\ \dfrac{\partial u}{\partial y}+\dfrac{\partial v}{\partial x}\end{bmatrix}.$$

Используя формулы (7) и (8), получим

$$\vec{\varepsilon}(x,y)=\sum_{i=1}^{3}[\beta_i]\vec{u}=[\beta]\vec{u},$$

где $\vec{u}$ — вектор узловых перемещений;

$$[\beta_i]=\begin{bmatrix}\dfrac{\partial\psi_i}{\partial x} & 0\\ 0 & \dfrac{\partial\psi_i}{\partial y}\\ \dfrac{\partial\psi_i}{\partial y} & \dfrac{\partial\psi_i}{\partial x}\end{bmatrix},\ i=1,2,3;\ [\beta]=\{[\beta_1][\beta_2][\beta_3]\};$$

$$[\beta]=\frac{1}{2\Delta}\begin{bmatrix}b_1 & 0 & b_2 & 0 & b_3 & 0\\ 0 & c_1 & 0 & c_2 & 0 & c_3\\ c_1 & b_1 & c_2 & b_2 & c_3 & b_3\end{bmatrix}.$$

Перемещения связаны с соответствующими напряжениями законом Гука, который для случая плоского нагружения записывают в виде

$$\vec{\sigma}=[E]\vec{\varepsilon}, \quad (9)$$

где σ — нормальные напряжения, возникающие в сечении; E — модуль продольной упругости; ε — продольная деформация;

$$[E]=\frac{E}{1-\mu^2}\begin{bmatrix}1 & \mu & 0\\ \mu & 1 & 0\\ 0 & 0 & \dfrac{1-\mu}{2}\end{bmatrix}. \quad (10)$$

Уравнение (9) с учётом (7) принимает следующий вид:

$$\vec{\sigma}=[E][\beta]\vec{u}. \quad (11)$$

Воспользуемся выражением для потенциальной энергии деформации элементарного объёма [5]:

$$dv=\frac{1}{2}(\sigma_x\varepsilon_x+\sigma_y\varepsilon_y+\sigma_z\varepsilon_z+ \\ +\tau_{xy}\gamma_{xy}+\tau_{yz}\gamma_{yz}+\tau_{zx}\gamma_{zx})dxdydz.$$

Тогда эту энергию с учётом (11) определим из уравнения

$$U=\frac{1}{2}\vec{\sigma}^T\vec{\varepsilon}\Delta V=\frac{1}{2}\vec{u}^T[\beta]^T[E][\beta]\vec{u}\Delta V. \quad (12)$$

Выражение (12) для объёма представляет собой в случае плоской задачи произведение площади конечного элемента на его толщину.

Энергия деформации элемента может быть рассчитана как работа внешних сил. В качестве внешней нагрузки на элемент объёма можно принять реакции, приложенные к граням этого элемента, тогда

$$U = \frac{1}{2}\vec{u}^T [\beta]^T [E][\beta]\vec{u}\Delta V = \frac{1}{2}\vec{u}^T \vec{R}, \qquad (13)$$

где R — реакции, приложенные к граням элемента со стороны соседних.

Из уравнения (13) легко определить реакции

$$\vec{R} = [K]\vec{u}, \qquad (14)$$

где $$[K] = [\beta]^T [E][\beta]\Delta V. \qquad (15)$$

Уравнение (14) представляет собой обычное уравнение равновесия, а матрица [K] является матрицей квадратной размерности 6 × 6. Она называется *матрицей жёсткости* конечного элемента.

В работе [3] рассмотрено получение матрицы жёсткости МКЭ для стержня с постоянным по длине поперечным сечением, воспринимающего обобщённую силу, которой соответствует обобщённое перемещение. В предложенном случае упругие свойства отдельных элементов, на которые разбивают конструкции, описаны матрицей податливости или матрицей жёсткости в зависимости от того, какой метод расчёта применяется — метод сил или перемещений. Матрицы, определяющие связь между узловыми силами и узловыми перемещениями рассматриваемого конечного элемента, примут вид:

$$\vec{U}^e = \left[\vec{\delta}^e\right]\left\{\vec{F}^e\right\} \text{ или } \left\{\vec{F}^e\right\} = \left[\vec{K}^e\right]\left\{\vec{U}^e\right\}, \quad (16)$$

где $\left[\vec{\delta}^e\right]$ — матрица коэффициентов податливости стержня длиной l, площадью поперечного сечения A, воспринимающего только продольную силу и изготовленного из материала с модулем упругости E.

Порядок матрицы податливости отдельного элемента (стержня) определяется числом приложенных к нему независимых сил.

Так как матрица жёсткости обратна по отношению к матрице податливости

$$\left[\vec{K}^e\right] = \left[\delta^e\right]^{-1},$$

то, сопоставив выражение (16) с (14), можно увидеть, что выражение (16) является общим для любого вида деформированного состояния тела.

Раскроем матрицу [K], выразив её из уравнения (14):

$$[K] = \frac{E\delta}{4\left(1-\mu^2\right)A} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66} \end{bmatrix},$$

где A — площадь поперечного сечения; E — модуль продольной упругости; δ — толщина пластины; μ — коэффициент Пуассона.

Элементы этой матрицы получают при решении матричного уравнения (15):

$$K_{11} = y_{23}^2 + \frac{1-\mu}{2}x_{32}^2;$$

$$K_{12} = K_{21} = \frac{1+\mu}{2}x_{32}y_{23};$$

$$K_{13} = K_{31} = y_{23}y_{31} + \frac{1+\mu}{2}x_{32}y_{13};$$

$$K_{14} = K_{41} = \mu y_{23}x_{31} + \frac{1+\mu}{2}x_{32}y_{31};$$

$$K_{15} = K_{51} = y_{12}y_{23} + \frac{1-\mu}{2}x_{32}x_{21};$$

$$K_{16} = \mu y_{23}x_{21} + \frac{1-\mu}{2}x_{32}y_{12};$$

$$K_{22} = x_{32}^2 + \frac{1-\mu}{2}y_{23}^2;$$

$$K_{23} = K_{32}\mu y_{32}x_{31} + \frac{1-\mu}{2}x_{13}y_{23};$$

$$K_{26} = K_{62} = x_{32}x_{21} + \frac{1-\mu}{2}y_{12}y_{23};$$

$$K_{33} = y_{31}^2 + \frac{1-\mu}{2}x_{13}^2;$$

$$K_{34} = K_{43} = \frac{1+\mu}{2}x_{13}y_{31};$$

$$K_{35} = K_{53} = y_{31}y_{12} + \frac{1-\mu}{2}x_{21}x_{13};$$

$$K_{36} = K_{63} = \mu x_{21} y_{31} = \frac{1-\mu}{2} x_{13} y_{12};$$

$$K_{44} = x_{13}^2 + \frac{1-\mu}{2} y_{31}^2;$$

$$K_{45} = K_{54} = \mu x_{13} y_{12} + \frac{1-\mu}{2} x_{21} y_{31};$$

$$K_{46} = K_{64} = x_{21} x_{13} + \frac{1-\mu}{2} y_{31} y_{12};$$

$$K_{55} = y_{12}^2 + \frac{1-\mu}{2} x_{21}^2;$$

$$K_{56} = K_{65} = \frac{1+\mu}{2} x_{21} y_{12};$$

$$K_{66} = x_{21}^2 + \frac{1-\mu}{2} y_{12}^2.$$

Глобальная матрица жёсткости. Как отмечалось в работе [5], вводится глобальная система координат x, y, наряду с которой имеем локальную систему координат, связанную с самим конечным элементом x, y. Для выполнения расчёта напряжённо-деформированного состояния необходимо записать глобальную матрицу жёсткости, которая может быть найдена поэлементным суммированием матриц жёсткости отдельных элементов. Глобальная матрица жёсткости имеет размерность $2N \times 2N$, где N — общее количество узлов разбиения.

Левую часть уравнения (14) составляет вектор силовых факторов R, компоненты которого в количестве $2N$ равны силам, действующим в узлах. Распределённая нагрузка от силового воздействия на ВП электромагнитного поля с напряжённостью H, возникшего под воздействием инерционных сил, учитывается равномерным её распределением по узлам, расположенным на границе (рис. 2).

Для простоты пластину с виброэлементом разбивают на некоторое количество конечных треугольных элементов, соседним из которых присвоены номера 0 и 1.

Такому варианту разбивки соответствуют четыре узловые точки. Конечному элементу 0 присвоены следующие обозначения узловых точек — 0—2—3; элементу 1 — 0; 1; 3.

Формируется матрица жёсткости для каждого из составляющих ВП конечных элементов. Глобальную матрицу, построенную в системе глобальных координат, вычисляют поэлементным суммированием локальных матриц жёсткости конечных элементов.

Компоненты узловых перемещений и узловых сил для рассчитываемой ВП специальных агрегатов переводят из местной системы координат в глобальную с помощью ортогональной матрицы преобразования координат $[T]$, описанной в работе [3]:

$$[T] = \begin{bmatrix} [t_1] & [0] \\ [0] & [t_1] \end{bmatrix}, \qquad (17)$$

где $[t]$ — подматрица направляющих косинусов между осями x', γ', z' и x, y, z (рис. 3) в пространственной системе координат:

$$[t_1] = \begin{bmatrix} \cos(x'x) & \cos(x'y) & \cos(x'z) \\ \cos(y'x) & \cos(y'y) & \cos(y'z) \\ \cos(z'x) & \cos(z'y) & \cos(z'z) \end{bmatrix}. \qquad (18)$$

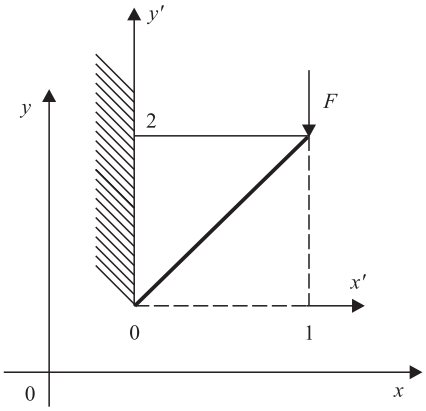


Рис. 2. Разбитие на конечные ВП:
0 — первый конечный элемент; 1 — второй конечный элемент

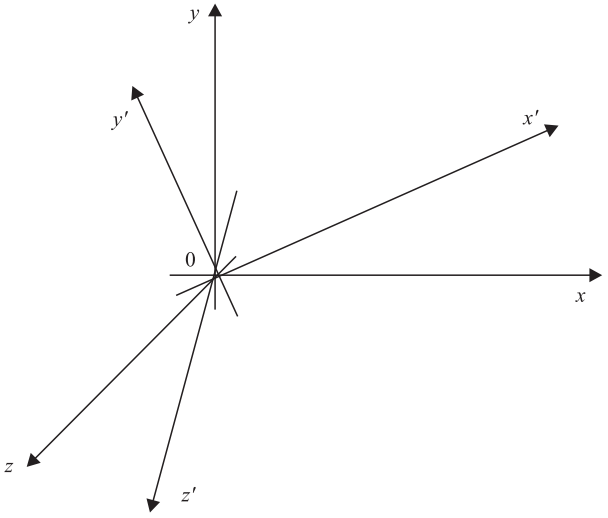


Рис. 3. Преобразование координат

Алгоритм расчёта плоских ВП специальных агрегатов и приборов по МКЭ с применением ЭВМ позволяет решать задачи расчёта напряжённо-деформированного состояния тела, устойчивости и динамики, нахождения частот и амплитуд собственных и вынужденных колебаний.

Практическое использование этого метода во многом зависит от качества программного обеспечения (ПО), реализующего этот метод. ПО для решения задач с применением МКЭ должно включать в себя следующие элементы:

редактор разбивки на конечные элементы;

ядро, непосредственно обеспечивающее решение;

визуализатор для демонстрации полученных результатов.

На рис. 4 приведена блок-схема программы расчёта на жёсткость ВП специальных агрегатов и приборов.

Возможность определения жёсткости плоских сложнопрофильных деталей по МКЭ для дальнейшей сборки агрегатов, машин и приборов по принципу равножёсткости позволяет улучшить их эксплуатационные свойства.

Применение МКЭ повысит точность сборки изделий по методу групповой взаимозаменяемости с применением принципа равножёсткости [8, 9].

Заключение. Применение МКЭ, аналитических зависимостей, использование новейших информационных технологий создаёт возможность повышения точности прецизионной сборки.

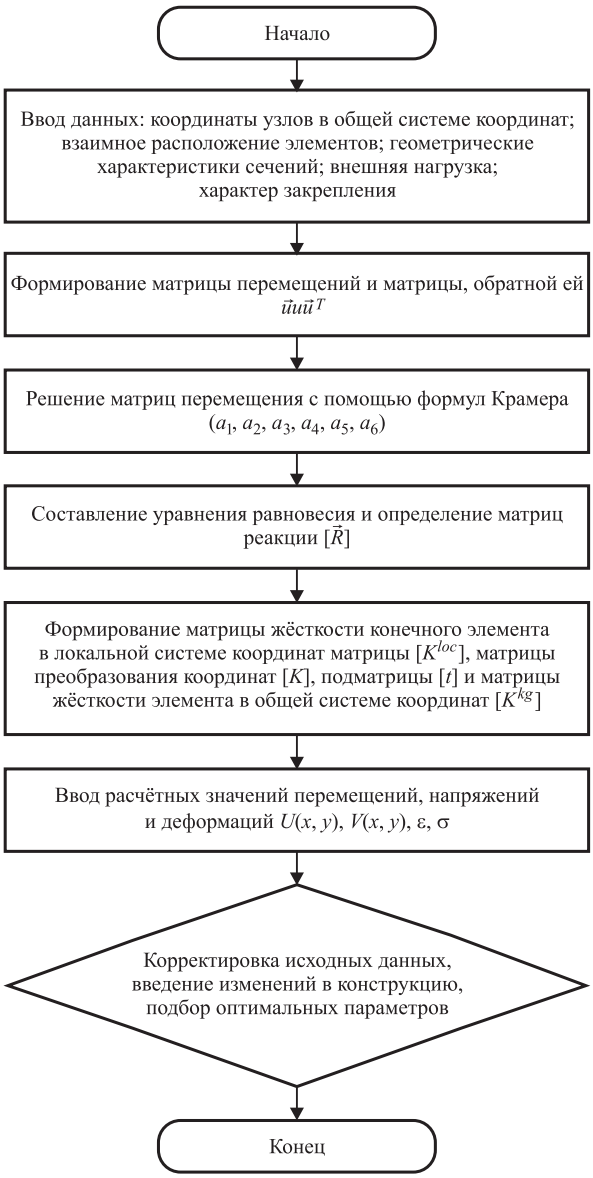


Рис. 4. Алгоритм расчёта плоских ВП специальных агрегатов с применением МКЭ

Библиографические ссылки

1. **Александров А.В., Потапов В.Д.** Основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. шк., 1990, 400 с.

2. **Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М. и др.** Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Изд-во АСВ, 1995. 568 с.

3. **Мачульский И.И., Запятой В.П., Майоров Ю.П. и др.** Робототехнические системы и комплексы; учеб. пособ. для вузов. М.: Транспорт, 1999. 446 с.

4. **Феодосьев В.И.** Сопротивление материалов. М.: Наука, 1972. 544 с.

5. **Шелофаст В.В.** Основы проектирования машин. М.: Изд-во АРМ. 472 с.

6. **Слепцов В.В.** Метод приближенного решения уравнений // Вестник МГТУ МИРЭА. № 3. 2015. Т. 1. С. 16—29

7. **Дарков А.В., Шпиро Г.С.** Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1989. 624 с.

8. **Руднева Л.Ю.** Технология сборки высокоточных электродвигателей с газодинамическими опорами и контактных пластин реле, основанная на принципе равножёсткости // Материалы III межд. науч.-техн. семинара "Современные технологии сборки". М.: МАМИ, 2013. 157 с.

9. **Руднева Л.Ю.** Организация и подготовка производства сборки агрегатов и приборов методом групповой взаимозаменяемости // Сборка в машиностроении, приборостроении. № 9 (182). 2015. С. 25—28.

УДК 531.717:621.9

П.Ю. Бочкарёв, д-р техн. наук, проф., **О.В. Захаров,** д-р техн. наук, доц., **Е.П. Решетникова**
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)

zov17@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ЧАСТНЫХ ВИДОВ ПРОФИЛЯ ПРОДОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Обоснована и реализована методика автоматизированной оценки частных видов профиля продольного сечения у цилиндрических поверхностей на основе аппроксимации полиномами первой и второй степеней. Данная методика позволяет качественно и количественно оценить конусообразность, бочкообразность и седлообразность профиля. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 15-08-08411\15 "а".

Ключевые слова: автоматизированный контроль; цилиндрическая поверхность; профиль продольного сечения; частные виды отклонений формы.

The automatic valuation methodology of profile particular types for the longitudinal section of cylindrical surfaces based on approximation by polynomials of the first and second degrees is substantiated and implemented. This methodology allows you to qualitatively and quantitatively estimate the profile conicity, crowning and bow. The research was fulfiled at financially support by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) in the framework of a research project 15-08-08411\15 "a".

Keywords: automatic control; cylindrical surface; longitudinal section profile; special types of form deviations.

Новый отечественный стандарт [1] регламентирует для цилиндрических поверхностей только комплексный показатель — цилиндричность. Для нормирования продольного сечения предлагают производные геометрические элементы, например средняя линия профиля. При этом стандарт [2] предполагает применение частных видов выявленных производных элементов. Однако такие частные виды отклонений, как конусообразность, бочкообразность и седлообразность, которые ранее использовались в ГОСТ 24642—81, не имеют собственной количественной оценки.

В технике существует достаточное количество деталей с номинально цилиндрическими поверхностями, к которым предъявляют особые требования, исходя из их функционального назначения. Например, для плунжеров и золотников недопустимо наличие седлообразности, а для роликов подшипников указывают допуски на бочкообразность и конусообразность, часто более жёсткие, чем на профиль продольного сечения [3].

Появление новых приборов, оснащённых ЭВМ, в частности, координатно-измерительных машин, с одной стороны, предоставляет принципиально большие возможности по анализу отклонений формы поверхностей, а с другой — требует разработки автоматизированных методик оценки этих показателей. В настоящее время на практике подобный анализ проводится визуально и не может считаться объективным ввиду наличия нескольких видов отклонений на реальном профиле детали. Поэтому необходима разработка методики как качественной, так и количественной оценки частных видов отклонений профиля продольного сечения.

Основной задачей при оценке профиля продольного сечения будет его аналитическое описание на основе совокупности измеренных точек. Традиционно для этих целей могут быть использованы степенные и тригонометрические полиномы, кубические сплайны [4]. Обоснованием в применении тригонометрических полиномов служит тот факт, что большинство факторов процесса формообразования имеют периодический характер. Тригонометрический полином обеспечивает точечно-узловую аппроксимацию при числе гармоник $p = 2n + 1$, где n — число измеренных точек. Субъективным моментом здесь является выбор периода первой гармоники, так как другие будут кратными ей [5].

Степенные полиномы могут описывать профиль, проходя через все имеющиеся точки при степени полинома $p = n - 1$, или при условии $p < n - 1$ — наилучшим образом по методу наименьших квадратов (МНК). Если число измеренных точек превышает 8—10, то ве-

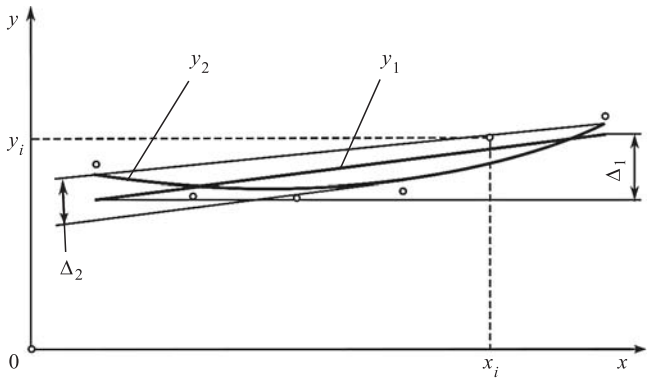


Рис. 1. Схема расчёта параметров профиля

лика вероятность получения флуктуаций в промежутках между измеренными точками. Несколько лучший результат обеспечивают кубические сплайны, что объясняется использованием аппроксимирующих полиномов 3-й степени.

Поэтому для описания профиля предлагают использовать полиномы первой и второй степени, построенные по МНК. Согласно современной терминологии, они представляют собой выявленные производные элементы. В декартовой системе координат ($X\,0\,Y$) координата X измеряется вдоль оси детали, а координата Y соответствует радиусу или диаметру детали (рис. 1). Уравнение полинома первой степени (прямой) имеет вид:

$$y_1 = a_1 + b_1 x, \tag{1}$$

а уравнение полинома второй степени (парабола):

$$y_2 = a_2 + b_2 x + c_2 x^2. \tag{2}$$

Расчёт параметров a_1, b_1, a_2, b_2, c_2 выполняют на основе минимизации функций F_1, F_2 квадратичных невязок, согласно МНК, имеющих вид:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_i \left[a_1 + b_1 x_i - y_i\right]^2; \\ F_2 &= \sum_i \left[a_2 + b_2 x_i + c_2 x^2 - y_i\right]^2, \end{aligned} \tag{3}$$

где x_i, y_i — координаты i-й измеренной точки профиля.

Классическая постановка такой задачи приводит к переопределённой системе линейных уравнений (для уравнения (2) необходима предварительная линеаризация) [6]. Также для решения можно воспользоваться более универсальным подходом, основанным на минимизации функций (3) численными методами [7]. Известно, что изменение порядка полинома или опускание в нём хотя бы части членов приводит к изменению численных значений всех остальных коэффициентов. Поэтому значения найденных коэффициентов, соответственно a_1 и a_2, b_1 и b_2, также будут различны в уравнениях (1) и (2).

Таким образом, уравнение (1) описывает конусообразность, а уравнение (2) — бочкообразность или седлообразность профиля. При этом геометрический смысл параметров очевиден: коэффициент a_1 представляет собой тангенс угла наклона прямой к оси детали, по знаку коэффициента c_2 можно судить о выпуклости (знак "–") или вогнутости (знак "+") профиля. Вместе с тем расчётные коэффициенты не позволяют ответить на вопрос: какой вид профиля характерен для контролируемой детали. Если для этого воспользоваться величиной невязки, у параболы в большинстве случаев будет меньшее значение по сравнению с прямой, хотя при этом величина конусообразности может в разы превышать величину бочкообразности или седлообразности. Поэтому необходимо вначале количественно их оценить и дальнейший анализ строить на основе сравнения указанных параметров.

Предлагается следующая количественная оценка параметров:

конусообразность

$$\Delta_1 = a_1 l,$$

где l — длина детали;

бочкообразность или седлообразность

$$\Delta_2 = \max\{y_2 - y_1\}\sin(\mathrm{arctg}\, a_1).$$

Сравнение значений Δ_1 и Δ_2 совместно со знаком коэффициента c_2 позволяет выявить вид частного отклонения профиля и количественно его оценить.

Другая проблема при анализе частных отклонений профиля продольного сечения на основе степенных полиномов заключается в возможности получения плохо обусловленной задачи. Наиболее объективным показателем устойчивости решения подобных задач является число обусловленности [8]. Исследования показали, что с увеличением числа изме-

ренных точек профиля увеличивается число обусловленности матрицы, несмотря на то, что все уравнения системы линейно независимы и полином имеет невысокую степень. В некоторых примерах число обусловленности при числе точек 10—15 составляло 9000—12 000, что следует расценивать как плохую обусловленность. С одной стороны, это вызвано равномерным расположением координат вдоль оси (немасштабированные данные), а с другой — вычислительными погрешностями, возникающими в ходе алгоритма при различных, но достаточно близких радиусах. Для устранения последнего недостатка целесообразно вместо радиусов подставлять в уравнения отклонения профиля в микрометрах, отсчитываемые, например, от одного из торцов детали.

Рассмотренная методика для анализа частных видов отклонений профиля продольного сечения реализована в программной среде Matlab. В качестве примера на рис. 2 показан контроль профиля ролика подшипника 6-1НР1690 (диаметром 16 мм и длиной 90 мм) после операции предварительного шлифования по данным [2]. Коэффициенты степенного полинома составили: a_1 = 6,9558; b_1 = 0,0268; a_2 = 4,4764; b_2 = 0,2124; c_2 = −0,0021. По результатам контроля отклонение профиля продольного сечения составило 7,3 мкм, конусообразность Δ_1 = 2,4 мкм, бочкообразность Δ_2 = 6,7 мкм. Характерным частным видом отклонения признана бочкообразность.

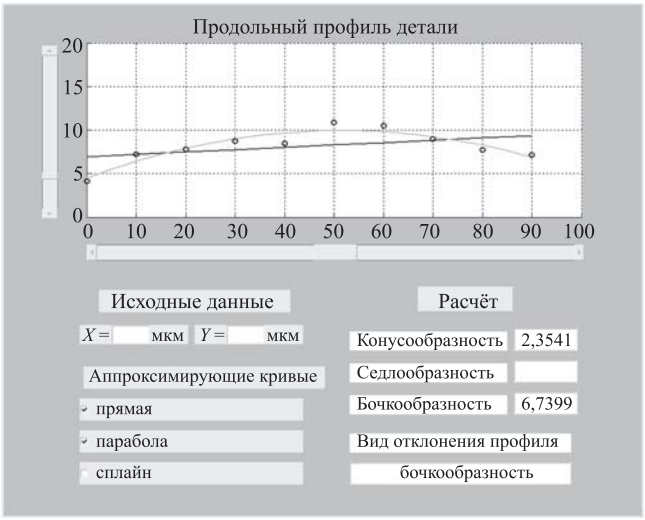


Рис. 2. Моделирование контроля профиля

Таким образом, обоснована и реализована методика автоматизированного анализа частных видов профиля продольного сечения цилиндрических поверхностей, построенная на описании полиномами первой и второй степени. Данная методика позволяет выявить характерный вид профиля (конусообразность, бочкообразность, седлообразность) и количественно его оценить.

Библиографические ссылки

1. **ГОСТ Р 53442—2009.** Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. М.: Стандартинформ, 2010.

2. **ГОСТ Р 31254—2004.** Основные нормы взаимозаменяемости. Геометрические элементы. Общие термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005.

3. **Бржозовский Б.М., Захаров О.В.** Обеспечение технологической надёжности при бесцентровой абразивной обработке. Саратов: СГТУ, 2010. 216 с.

4. **Ляндон Ю.Н.** Функциональная взаимозаменяемость в машиностроении. М.: Машиностроение, 1967. 219 с.

5. **Серебренников М.Г., Первозванский А.А**. Выявление скрытых периодичностей. М.: Наука, 1969. 244 с.

6. **Форсайт Дж., Молер К.** Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. М.: Мир, 1969. 168 с.

7. **Гилл Ф., Мюррей У., Райт М.** Практическая оптимизация. М.: Мир, 1985. 509 с.

8. **Цей Р., Шумаров М.М.** Число обусловленности матрицы как показатель устойчивости при решении прикладных задач // Труды ФОРА. 2011. № 16. С. 61—67.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присылаемых для публикации, можно найти на сайте www.mashin.ru

УДК 675.03.031.81: 577.15

А.В. Скрыпников, д-р техн. наук, проф., **Е.В. Чернышова, С.А. Рябцева**
(Воронежский государственный университет инженерных технологий)

elenabok@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены предпосылки создания информационно-поисковой системы по физическим эффектам, которая будет служить инструментом проектировщика для решения технических задач на физическом уровне, т.е. на уровне принципов действия. Приведена концепция построения базы данных по физическим эффектам, позволяющая расширять и развивать программное обеспечение обработки запросов к данным и структуру самих данных без существенных переделок ранее введённых в эксплуатацию программ. Основная трудность систематизированного использования физического эффекта при решении технических задач — отсутствие достаточно полного централизованного информационного фонда физического эффекта.

Ключевые слова: автоматизация; информационно-поисковая система.

The preconditions of creating information retrieval system on the physical effects, which will serve as a tool designer tool for technical problems decision at the physical level, i.e at the activity principles level are considered. The database creation concept based on the physical effects is adduced, allowing expanding and developing the software for the data request processing and data structure without significant rework of programs previously implemented in the operation. The main difficulty in the systematzed using of physical effects at technical problems decision is the lack of a sufficiently complete centralized information collection of the physical effect.

Keywords: automation; information retrieval system.

Решение задач поиска принципа действия технических систем происходит, как правило, на физическом уровне и заключается в подборе одного или нескольких физических эффектов, обеспечивающих реализацию основных функций технических систем. Под физическим эффектом будем понимать результат взаимодействия двух или более физических сред (веществ, полей, физических частей), который может быть измерен и повторно получен при тождественности условий взаимодействия [1].

Описание физического эффекта фиксирует некоторые знания о физических закономерностях нашего мира с различной степенью детализации. Основными элементами структуры, описывающими физический эффект, могут служить следующие компоненты [2]: название физического эффекта, физический объект, воздействие на физический объект, характеристика воздействия, результат взаимодействия, характеристика результата воздействия, соотношение между воздействием и результатом, описание сущности физического эффекта, область применения физического эффекта в технике и литературе.

Пример описания физического эффекта приведён в таблице.

Пример описания физического эффекта

Название физического эффекта	Сонолюминесценция
Физическое тело	Глицерий, нитроглицерин, этиловый спирт
Входное воздействие	Ультразвук
Характеристика входного воздействия	—
Выходной результат	Электромагнитное излучение
Характеристика выходного результата	Видимая часть спектра
Модель эффекта	—
Область применения эффекта в технике	—
Выходной результат	Повышение температуры физического объекта
Характеристика выходного результата	—
Модель эффекта	$\Delta t = \frac{W \omega T}{GC}$
Область применения в технике	Ультразвуковая медицина Нагревание тел

Рассмотрим некоторые компоненты подробнее. Под физическим объектом понимаются тела, вещества, физические поля. Физическим объектом может быть, например, электромагнитное поле, вещество в некотором агрегатном состоянии, физические частицы, сочетания нескольких физических объектов.

На физический объект может быть направлено некорректное воздействие, которое выражается в виде функции: нагревание, изгиб и т.д., либо воздействие другого физического объекта: ультразвук, электромагнитное поле и т.д.

Воздействие на физический объект может характеризоваться набором параметров: температурой, напряжённостью, удельным сопротивлением и т.д. На параметры воздействия могут налагаться ограничения, которые определяют область воздействия, необходимую для проявления физического эффекта.

Описание сущности эффекта. При прохождении ультразвуковых волн через раствор некоторых веществ возникает сонолюминесценция — сложный процесс, связанный с электрическим разрядом в мелких пустотах (кавитациях), образующихся в жидкости при прохождении ультразвука.

В фазе разряжения в жидкости образуются полости, которые, вероятно, имеют форму линзы. Благодаря разделению зарядов в этих полостях возникают высокие напряжённости электрического поля, которые вызывают пробой, и внутри полости проскакивает электрическая искра.

Нагревание происходит из-за поглощения физическим телом звука. Часть энергии ультразвука переходит в тепловую энергию физического тела. Нагревание зависит от коэффициента поглощения и интенсивности звука.

Мощность, затраченная на нагревание, равна $W_\omega = (J_1 - J_2)F$, где J_1 и J_2 — интенсивности звука на входе в слой физического объекта и на выходе из слоя. При повышении температуры можно пренебречь тепловодностью $\Delta t = \frac{W\omega T}{GC}$, где T — продолжительность воздействия; G — вес нагреваемого объёма; C — удельная теплоёмкость; W_ω — мощность, затраченная на нагревание.

Результат воздействия может характеризоваться своими параметрами, на которые могут накладываться ограничения, определяющие область проявления физического эффекта.

Информация о физическом эффекте для решения задач проектирования технических систем, ограничения на входные воздействия и результат воздействия имеют важное значение для оценки работоспособности технических систем [1]. В связи с этим в описании физического эффекта необходима по возможности полная информация о параметрах воздействий, параметрах физического объекта и результатах воздействия.

Вопросы систематизированного использования физического эффекта при решении технических задач исследовались в различных работах, в которых выявлена следующая закономерность использованная физического эффекта и технических систем [2]: на физическом уровне (т.е. на уровне принципа действий) функционирование технических систем можно представить в виде схемы взаимосвязанных физических эффектов; проявление этих эффектов обеспечивает выполнение основной функции технических систем. Иллюстрацией этой закономерности может служить, например, люминесцентная лампа, которая представляет собой стеклянную трубку с нанесённым на внутреннюю поверхность слоем люминофора.

Принцип действия люминесцентной лампы состоит из четырёх последовательно действующих физических эффектов, где каждый эффект представлен как совокупность трёх компонентов: <входное действие>, <физический объект>, <результат действия>. Взаимосвязь эффектов осуществляется по первой и третьей компонентам.

Если в качестве второго физического эффекта воспользоваться физическим эффектом, состоящим в том, что при нагревании некоторых тел до определённой температуры, они начинают светиться, то получим принцип действия обычной лампы накаливания.

Использование новых физических эффектов можно проиллюстрировать примером светогидравлического эффекта [3]. Если луч мощного квантового генератора пропустить через жидкость, возникает ударный импульс. Этот физический эффект может быть основой, например, таких технических систем, как генератор давления для штамповки.

Следовательно, на основе варьирования физического эффекта из некоторого информационного фонда можно осуществлять систематизированный поиск различных принципов действия технических систем.

Основная трудность систематизированного использования физического эффекта при решении технических задач — отсутствие достаточно полного централизованного информационного фонда физического эффекта.

Необходимость создания такого фонда диктуется следующими соображениями.

Во-первых, сведения о физическом эффекте в основном сосредоточены в науках, ориентированных на познание явлений природы, а не на использовании его в технике. В некоторых случаях при описании нового физического эффекта указывают возможные способы его применения в технике, но как правило, весьма ограничен, так как зачастую нет представления о тех технических задачах, при решении которых может быть применён данный эффект.

Во-вторых, при решении технических задач поиск информации о физическом эффекте либо не проводится, либо проводится весьма ограниченно и бессистемно. Это связано с тем, что описания эффектов рассредоточены в различных источниках информации: отчёты по научно-исследовательским работам, научные журналы, справочники, учебные пособия, бюллетени открытий и т.д. Кроме этого, информация о физическом эффекте имеет специальное изложение и должна прежде трансформироваться в удобную для проектировщика форму и только после этого использоваться при поиске принципов действия.

В-третьих, ускорение развития многих отраслей физики, создание материалов с новыми свойствами обусловливает появление поколения новых физических эффектов, о которых проектировщик не может знать, так как не имеет достаточной информации.

Возникает ситуация: с одной стороны, постоянно увеличиваются знания о закономерностях физического мира, но информация об этих знаниях рассредоточена в различных источниках, с другой стороны, возрастает потребность оперативного использования этих знаний при создании новой техники и решении технических задач. Специалисты в определённой области физики не знают (да и не могут знать) всех технических задач, для решения которых могут быть использованы физические эффекты знакомой им области физики. Проектировщики имеют ясное представление о технических задачах, но не знают о существовании некоторых физических эффектов, использование которых может дать принципиально новое и эффективное решение этой задачи.

Следовательно, необходимо создать централизованный информационный фонд физического эффекта как базы данных [4] с постоянным пополнением и обновлением информации. Для конструктора-проектировщика такая база данных вместе с прикладными программами обработки запросов будет служить в качестве инструмента при решении технических задач на уровне принципа действия. Использование такой базы данных при поиске принципов действия позволит сократить время поиска необходимой информации, повысит обоснованность принимаемых проектных решений и качество проектируемых изделий.

Один и тот же физический эффект может использоваться в различных технических системах. Например, ультразвуковой капиллярный эффект [5], заключающийся в увеличении (в десятки раз) скорости движения и высоты подъёма жидкости в капиллярах при непосредственном воздействии ультразвука и возрастание их с повышением температуры, может использоваться в пропитке обмоток электродвигателей изоляционным составом, окраске тканей, устройствах для отсоса жидкостей. Следовательно, наличие централизованного фонда физического эффекта необходимо для использования информации при решении задач проектирования и принципов действия в различных отраслях техники, т.е. фонд физического эффекта является инвариантным к отраслям техники.

Библиографические ссылки

1. **Скрыпников А.В., Умаров М.М., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В.** Анализ методов оценки надёжности сложных технических комплексов // Материалы межд. науч.-практ. конф. "Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии". Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 76—81.

2. **Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Ширинкин Н.В., Стукалов Р.В.** Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщённая модель их решения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. Воронеж: ВГУИТ, 2015. № 4 (66). С. 93—98.

3. **Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Эль Иаали Т.** Технологии безопасности распределённых информационных систем на базе грид-технологий. Тенденции инновационных процессов в науке: сб. статей Межд. науч.-практ. конф. М: РИО ЕФИР, 2015. 200 с.

4. **Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zemlyanukhin M.Yu.** Firewall as a tool of implementation of security policy. Science and education: materials of the viii international research and practice. Conference, Munich, march 19—20, 2015 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg —Munich — Germany, 2015. С. 345—350.

5. **Скрыпников А.В.** Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, В.Н. Логачев, А.И. Вакулин // Межд. журнал экспериментального образования № 2: материалы VI Межд. науч. конф. "Современные проблемы науки и образования". М.: 27—29 февраля, 2012. С. 77—78.

УДК 621.38

Б.И. Шахтарин, д-р техн. наук, проф., **А.А. Федотов, К.А. Балахонов**
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

fdotovaa@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OFDM В КАНАЛЕ С АГБШ

Исследовано качество передачи информации через канал с АГБШ с применением технологии OFDM. В качестве передаваемой информации использовано растровое изображение. Получены характеристики BER в зависимости от типов модуляции и различных значений величины ОСШ в канале. Проведено сравнение результатов моделирования с теоретическими значениями.

Ключевые слова: передача изображений; канал с АБГШ; мультиплексирование с ортогональным частотным разделением; OFDM.

The quality of the information transmission through channel with AWGN by using a OFDM technology is investigated. The raster image is used as a bitmap. BER characteristics are obtained depending on the modulation types and different values of the SNR in the channel. The comparison of the simulation results with theoretical values is carried out.

Keywords: image transmission; channel with AWGN; multiplexing with orthogonal frequency division; OFDM.

Введение. В настоящее время передача данных с ортогональным частотным разделением каналов OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) широко распространена при построении систем цифровой связи. Она легла в основу таких стандартов, как DVB-T, DVB-T2, IEEE 802.11, IEEE 802.16 и др. Основная идея OFDM заключается в параллельной передаче данных на множестве несущих колебаний (поднесущих). Спектры сигналов на различных поднесущих колебаниях имеют значительное перекрытие. Однако благодаря их ортогональности, это не приводит к межканальной интерференции (МКИ), что позволяет добиться высокой спектральной эффективности.

Ниже рассмотрено исследование возможности передачи изображения по каналу с АГБШ с использованием OFDM.

Прохождение OFDM-сигнала через канал с аддитивным белым гауссовым шумом (АБГШ). При передаче информации с помощью одной несущей частоты для ослабления эффекта межсимвольной интерференции необходимо, чтобы длительность отклика канала на передаваемый символ была немногим больше длительности самого символа. При достаточно высоком уровне межсимвольной интерференции (МСИ) это привело бы к необходимости значительно увеличить длительность передачи символа, что, в свою очередь, означало бы уменьшение скорости передачи данных [1].

Идея технологии OFDM заключается в замене последовательной передачи потока данных с помощью одной несущей на параллельную передачу символов с разделением канала на несколько поднесущих частот (ортогональных подканалов), каждая из которых формирует отдельный подпоток. В данном случае длительность каждого передаваемого символа становится значительно больше, что снижает влияние МСИ, которая, влияя лишь на отдельный подканал (или подканалы), не сильно искажает передаваемую информацию в целом. Кроме того, использование параллельной передачи символов способствует увеличению скорости передачи информации.

Основная задача — расположение некоторого количества ортогональных подканалов таким образом, чтобы один подканал не являлся помехой для другого, а спектры подканалов перекрывались. При этом ширина каждого подканала должна быть достаточно узкой для минимизации искажений передаваемого сигнала и достаточно широкой для передачи информации на необходимой скорости. Также полоса канала должна быть экономично использована. Для этого необходимо обеспечить достаточную плотность в расположении поднесущих частот, избегая появления их взаимного влияния [2].

На рис. 1 проиллюстрирован спектр OFDM сигнала, состоящего из пяти поднесущих частот (подканалов).

В непрерывном времени амплитуда OFDM-сигнала может быть представлена в виде:

$$S(t) = \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} A_k e^{j\omega} k^t, t \notin [0; T_c],$$

где A_k — комплексная амплитуда k-й поднесущей; ω_k — частота; N — количество поднесущих; T_c — длительность информационной части символа.

На практике передача сигнала через канал связи сопряжена с необходимостью учитывать возможные помехи, возникающие в данном канале. Одним из типов подобных паразитных воздействий является АБГШ, часто используемый для расчёта и моделирования радиотехнических систем.

После прохождения канала связи с АБГШ на входе приёмника амплитуда сигнала, описанная выражением (2), имеет вид:

$$R(t) = S(t - \tau)e^{j(\Delta\omega t + \varphi_0)} + n(t),$$

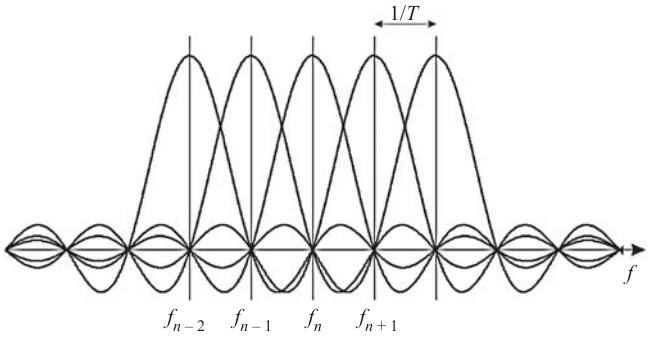


Рис. 1. Спектр OFDM-сигнала

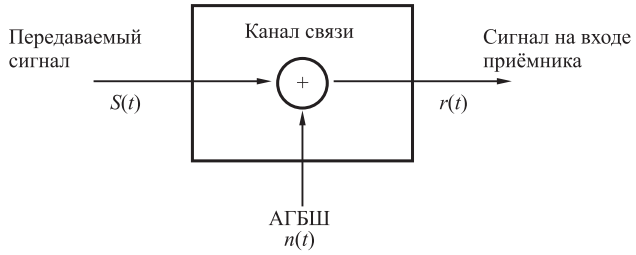


Рис. 2. Прохождение сигнала через канал с АБГШ

где τ — задержка между передаваемым и принимаемым сигналами; $\Delta\omega$ — рассогласование между передатчиком и приёмником по частоте; φ_0 — начальная фаза сигнала; $n(t)$ — шумовая составляющая сигнала $S(t)$.

Для определения качества передачи данных используются различные расчётные характеристики. Одной из основных можно считать показатель BER (Bit Error Rate) — коэффициент битовых ошибок. Под величиной BER следует понимать отношение количества ошибочных битов к их общему переданному числу:

$$BER = \frac{\text{Количество битовых ошибок}}{\text{Общее количество бит}}.$$

Ещё одной важной характеристикой приёмопередающей аппаратуры является отношение сигнал/шум (ОСШ) — отношение мощности сигнала к мощности шума, чем выше это отношение, тем меньше шум влияет на характеристики системы. Ниже показано моделирование прохождения сигнала через канал связи с АБГШ.

Схема прохождения сигнала через канал связи с АБГШ представлена на рис. 2.

Сигнал на входе приёмника будет иметь следующий вид:

$$r(t) = S(t) + n(t).$$

Проведём моделирование системы приёма-передачи OFDM-сигнала, изображённой на рис. 3 [3], изменяя при этом величину параметра ОСШ от 0 до 40 дБ, что позволит оценить влияние АБГШ на передаваемый сигнал. Моделирование проводится с параметрами системы, представленными в табл. 1.

Поток данных от источника (генератор псевдослучайных данных) поступает на квадратурный модулятор (QAM-модулятор), который преобразует цифровую информацию в амплитудно-модулированный сигнал. В OFDM-модуляторе N-е количество поднесущих объединяется в шумоподобный сигнал с помощью обратного преобразования Фурье. Параллельные поднесущие объединяются в последовательный сигнал (Паралл./послед. преобразование) после введения циклического префикса (Введение ЦП), что уменьшает влияние МСИ.

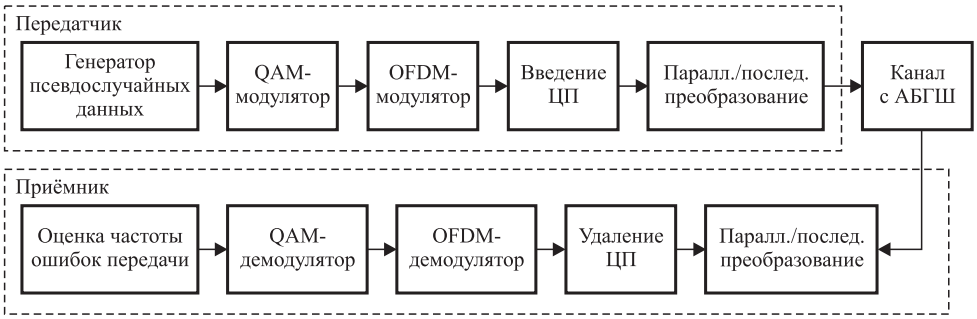


Рис. 3. Схема OFDM-системы

Проходя через канал связи, сигнал претерпевает искажения, вызванные шумами. Чаще всего для моделирования каналов связи используются канал с АБГШ (прямая видимость, отсутствуют отражённые лучи сигнала), релеевский канал (нет прямой видимости, сигнал является отражённым).

Над принятым сигналом проводятся действия обратные тем, что наблюдаются в передающей части системы. Последовательный поток разбивается на параллельные поднесущие, происходит удаление циклического префикса, проводятся прямое преобразование Фурье и демодуляция исходного сигнала. Также стоит отметить, что в случае многолучевого распространения сигнала осуществляется компенсация искажения (разности фаз).

Результаты моделирования, представленные в табл. 2 и на рис. 4, показывают, что при снижении величины ОСШ величина BER увеличивается, а спектральная плотность мощности (СПМ) сигнала становится более зашумлённой.

Передача изображения с использованием OFDM-модуляции под воздействием АБГШ. Следующим этапом стало моделирование передачи изображения через канал связи с АБГШ.

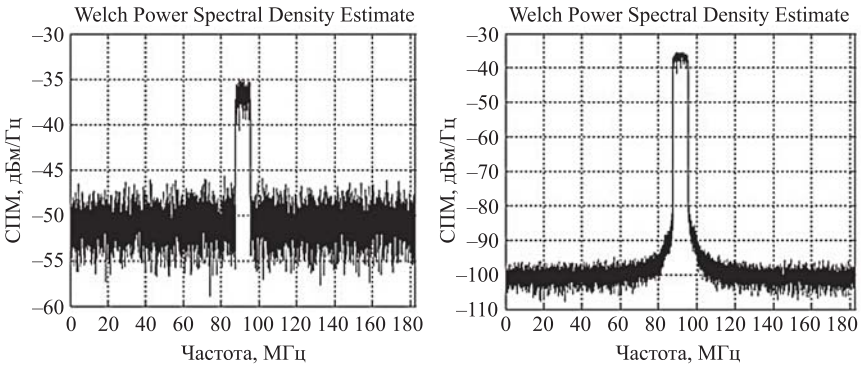


Рис. 4. Спектр сигнала на входе приёмника при ОСШ = 0 дБ (слева) и ОСШ = 40 дБ (справа)

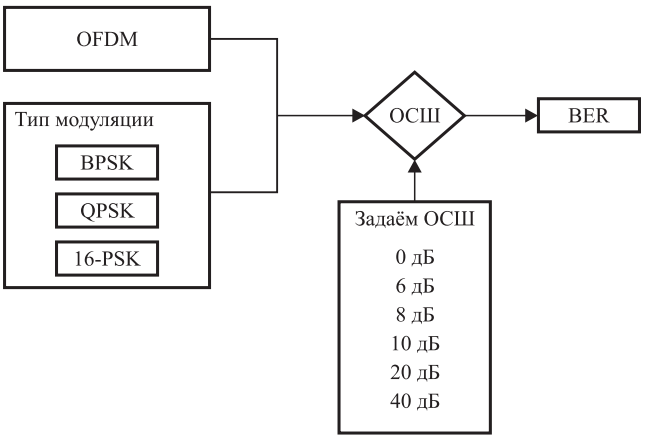


Рис. 5. Структура моделирования передачи изображения через канал с АБГШ

Таблица 1

Параметры моделируемой системы

Параметр	Значение
Период дискретизации, T	7/64 мкс
Число несущих, K	1705
Номер несущей, $K_{\min}$	0
Номер несущей, $K_{\max}$	1704
Длительность, T_u	$2048T = 224$ мкс
Расстояние между несущими, $1/T_u$	4464 Гц
Расстояние между несущими, $K_{\min}$ и $K_{\max}$	7,61 МГц

Таблица 2

Результаты моделирования системы

ОСШ	0	1	3	6	10	20	40
BER	30,6 %	15,2 %	4,3 %	0,34 %	0	0	0

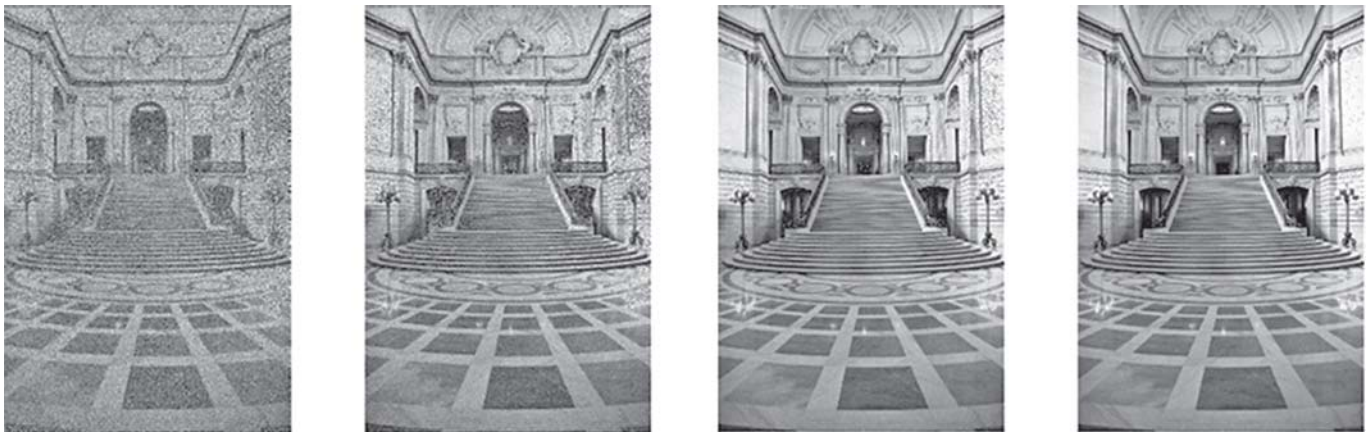
Структура данного моделирования представлена на рис. 5. В качестве типа модуляции можно выбрать BPSK, QPSK и 16-PSK. Варьируя величиной ОСШ в канале связи, рассмотрим изменение значения показателя BER.

Результаты моделирования представлены в табл. 3 и на рис. 6.

Таблица 3

Зависимость BER от типа модуляции и величины ОСШ

BER							
ОСШ, дБ	0	6	8	10	20	40	60
BPSK, %	34,54	0,33	0	0	0	0	0
QPSK, %	41,44	9,00	3,00	1,00	0,37	0	0
16-PSK, %	83,46	66,07	58,00	48,15	4,10	0	0



16-PSK; ОСШ = 0 дБ 16-PSK; ОСШ = 5 дБ 16-PSK; ОСШ = 10 дБ 16-PSK; ОСШ = 15 дБ

Рис. 6. Принятые изображения с использованием 16-PSK модуляции при различных значениях ОСШ

Сравним результаты моделирования с теоретическими данными. В OFDM-сигнале, модулированном с помощью M-PSK-модуляций, где M — степень двойки, теоретическую зависимость между BER и ОСШ можно получить из следующих выражений [4]:

для BPSK

$$BER_{BPSK} = \frac{1}{2} erfc\left(\sqrt{OCШ}\right),$$

где $erfc(x)$ — дополнительная функция ошибок;

для M-PSK модуляций

$$BER_{M-PSK} = erfc\left[\sqrt{OCШ}\sin\left(\frac{\pi}{M}\right)\right],$$

где M — степень модуляции.

Следовательно для QPSK-модуляции выражение примет вид:

$$BER_{QPSK} = erfc\left[\sqrt{OCШ}\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)\right];$$

для 16-PSK

$$BER_{16-PSK} = erfc\left[\sqrt{OCШ}\sin\left(\frac{\pi}{16}\right)\right].$$

Для сравнения результатов моделирования и теоретического расчёта величины BER сопоставим получившиеся графики для разных методов модуляции.

Зависимости, приведённые на рис. 7—9, показывают, что шум меньше влияет на сигнал

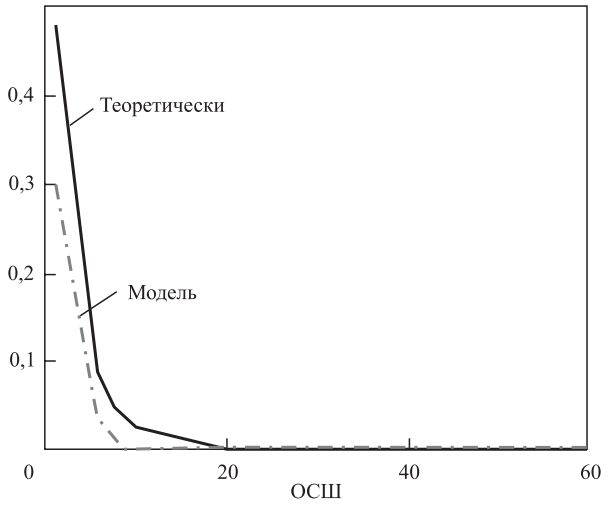


Рис. 7. Сравнение результатов моделирования и теоретического описания для BPSK-модуляции

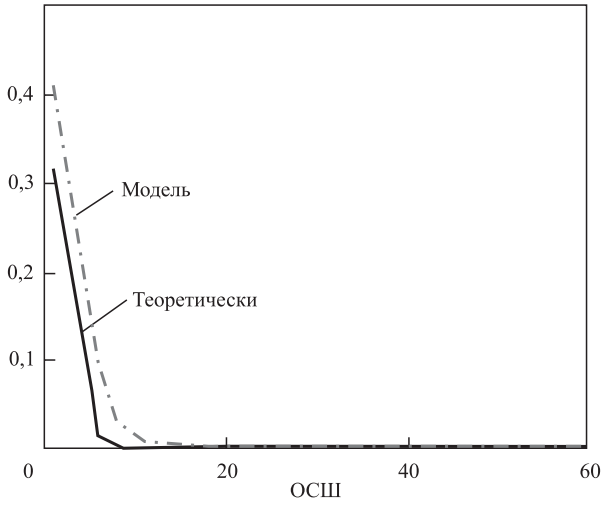


Рис. 8. Сравнение результатов моделирования и теоретического описания для QPSK-модуляции

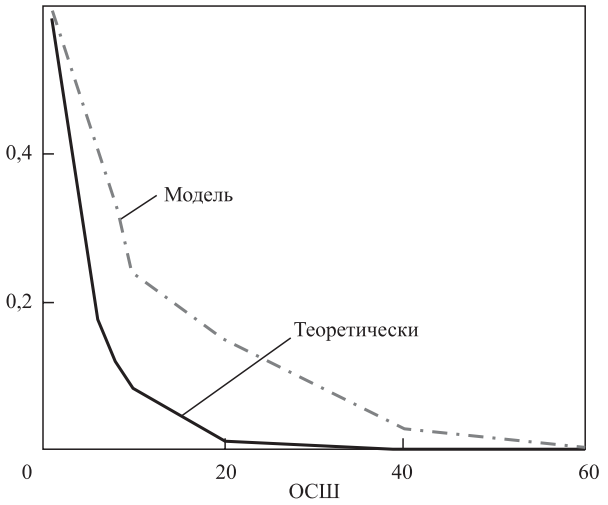


Рис. 9. Сравнение результатов моделирования и теоретического описания для 16-PSK-модуляции

с модуляцией BPSK и QPSK, т.е. чем старше степень модуляции, тем сильнее влияние шума на характеристику BER. Однако BPSK и QPSK имеют меньшую спектральную эффективность, чем 16-PSK. Поэтому при настройке приёмопередающего оборудования можно, учитывая условия, выбирать более оптимальный тип модуляции в зависимости от того, что стоит в приоритете: качество или спектральная эффективность.

Заключение. Таким образом, с помощью имитационного моделирования в системе MALTAB исследованы процессы передачи и приёма OFDM-сигналов. Изучены основные этапы формирования сигнала в передатчике и его преобразования в приёмнике, а также проведена оценка возникающих в ходе передачи через информационный канал искажений для разных типов модуляций и соотношений сигнал/шум.

Разработанные модели могут служить базой для исследования как основ техники OFDM, так и методов передачи и приёма OFDM-сигналов в каналах с шумом (например, АБГШ).

Библиографически ссылки

1. **Варгаузин В.А., Цикин И.А.** Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи // С-П.: БХВ-Петербург, 2013. 347 с.

2. **Лебедев В.** Модуляция OFDM в радиосвязи // Радиолюбитель. 2008. № 9. С. 36—40.

3. **Nee R.V., Prasad R.** OFDM for Wireless Multimedia Communications // Norwood, MA: Artech House, 1999, 284 p.

4. **Chang R.W., Gibby R.A.** A theoretical study of performance of an orthogonal multiplexing data transmission scheme // IEEE transaction on communication technology. Aug. 1968. V. COM-16. P. 529—540.

УДК 004.738.2

К.А. Якиль, Н.Ю. Рязанова, канд. техн. наук, доц.
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

k.yakil@yandex.ru

ФИЛЬТРАЦИЯ SMS-СПАМА

Рассмотрены проблемы распознавания и фильтрации SMS-спама. В качестве фильтра выбран Наивный байесовский классификатор, относящийся к классу обучаемых классификаторов. Для обучения классификатора выделены признаки спам-сообщений и сформирована база спам-сообщений, а также обычных SMS. Для этапа предварительной обработки текста — токенизации — определено множество токенов, значимых для распознавания элементов текста. Для выделения каждого вида токена разработано соответствующее регулярное выражение. Увеличение точности работы классификатора достигается за счёт удаления из исходных сообщений шумов, при этом различные сокращения, наоборот, разворачиваются в полные слова. Эти действия выполняются на основе специально составленных тезаурусов. Для нормализации текста выбран метод, основанный на использовании словаря. Эмпирически введён определённый порог, снижающий вероятность ложноположительного срабатывания фильтра. Приведены результаты нагрузочного тестирования фильтра, подтверждающие его высокую работоспособность.

Ключевые слова: SMS-спам; характеристики спама; фильтрация; токенизация; нормализация; классификатор.

The problems of SMS-spam recognition and filtrationering are considered. The Naive Bayes classifier, belonging to the class of trained classifiers is selected as a filter. The spam messages indications are marked out for classifier training and the base of the spam messages, as well as ordinary SMS are formed. Multitude tokens, important for the text elements recognition are defined for the text pretreatment — tokenization. The corresponding regular expression is choosed for each type of token. Increasing of the classifier accuracy is achieved by removing noise from the original message. Different shortening, on the contrary, in complete words is expanded. These actions are carried out on the basis of a especially composed thesaurus. For text normalization the method is selected based on the use of the dictionary. Empirically, introduced the certain threshold is introduced empirically, reducing the probability of false positive filter response. The results of the filter load testing, confirming its high performance are adduced.

Keywords: SMS-spam; spam characteristics; filtration; tokenization; normalization; classifier.

Введение. В настоящее время многочисленные маркетинговые фирмы предлагают услуги по рассылке SMS-сообщений рекламного характера. Подобные организации используют различные инструменты сетевого анализа для формирования базы номеров телефонов потенциальных клиентов. Зачастую данные физических лиц попадают в такую базу без их согласия. В результате абонент получает SMS-сообщения рекламного характера, на которые он не подписывался. Навязчивость спам-рассылок привела к принятию поправки к закону "О связи" [1], которая даёт право сотовым операторам блокировать спам-сообщения.

Для фильтрации нежелательной рассылки необходимо наличие соответствующего программного обеспечения, обеспечивающего распознавание и последующую блокировку спама. В отличие от сотовых операторов почтовые сервисы давно столкнулись с этой задачей и достаточно успешно её решают. В настоящее время определилось два основных подхода к фильтрации спама: по формальным признакам сообщения — способу оформления полей письма, способу посылки, наличию IP-адреса и(или) почтового адреса; по содержанию — специфическим словосочетаниям, статистическим характеристикам текста, сигнатурам и т.п.

Почтовые сервисы могут использовать оба подхода, добавляя новые формальные правила и расширяя существующие алгоритмы классификации текстов. Широко распространено использование самообучающихся фильтров, базирующихся на статистических данных. Наличие у почтовых сервисов множества спам-сообщений и обучение классификаторов на этом множестве повышает эффективность фильтрации спама.

Напрямую использовать методы фильтрации e-mail сообщений в задаче фильтрации SMS-спама невозможно в силу их существенных различий. SMS-сообщение короткое и содержит от 30 до 120 символов, в среднем не более 70. Оно не имеет картинок, веб-страниц (html-код отображается как обычный текст и не обрабатывается браузером), служебных полей для рассылки, называемых заголовками (header fields).

На сегодняшний день разработчики мобильных приложений ограничиваются использованием "чёрных" и "белых" списков и не прибегают к методам классификации на основе анализа текста SMS-сообщений.

Для решения задачи фильтрации SMS-спама необходимо следующее: выбрать алгоритм классификации; выявить характеристики спам-сообщений; определить этапы и методы предварительной обработки текста для ликвидации шумов и выделения спам-характеристик.

Анализ и выбор алгоритма классификации. В настоящее время широко используют следующие методы классификации: Наивный байесовский [2], машину опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) [3, 4], *k*-ближайших соседей [5], деревья решений [6]. Байесовский классификатор основан на статистической встречаемости слов в различных классах. Метод опорных векторов базируется на разделении исходного множества векторов (характеристик) на два класса. В случае линейной разделимости множества разбиение на классы эффективно, в противном случае используют специальные функции отображения (так называемые ядра) из исходного пространства в др. Ядра выбирают таким образом, чтобы в новом пространстве наиболее эффективно осуществлялось разбиение векторов на классы. Метод *k*-ближайших соседей определяет класс объекта на основе информации о классах принадлежности соседей данного объекта. Метод деревьев решений оперирует понятием "дерево", которое состоит из "листьев" (значений целевой функции), "веток" (атрибутов, от которых зависит целевая функция) и остальных узлов (атрибутов, с помощью которых

различают случаи). Классифицируется объект в результате "спуска" по дереву к листьям и анализу целевой функции.

В работе [7] проведён детальный анализ перечисленных методов. Результаты анализа англо-язычных SMS-сообщений приведены в таблице.

Метод	Ошибка, %	Пойманный спам, %	Ложнопозитивное срабатывание, %
Наивный байесовский классификатор	1,12	94,5	0,51
SVM (линейное ядро)	1,18	93,8	0,47
k-ближайших соседей (10)	2,53	82,6	0,4
Деревья решений	2,16	90,62	0,73

Из таблицы следует, что лучшие результаты по "пойманному" спаму и ошибке классификации показал Наивный байесовский классификатор, относящийся к классу обучаемых классификаторов. Основным недостатком этого метода является априорное предположение об отсутствии взаимосвязанности слов в тексте, т.е. каждое слово рассматривается отдельно без учёта смыслового содержания. Достоинство метода — простота реализации и эффективность. Для достижения большей эффективности при обучении следует использовать как можно большую обучающую выборку, состоящую из реально существующих сообщений. Работа классификатора базируется на заранее выделенных признаках SMS-спама.

Для определения признаков спам-сообщений сформирована база из 4936 спам-сообщений на русском языке из источников РосСпам и "Арамба". На основе анализа спам-сообщений предложено использовать следующие признаки SMS-спама:

адресную составляющую — наличие номеров телефонов, адреса веб-сайта; адреса электронной почты;

искажение слов — количество сокращений и слов, неизвестных словарю (искажённых слов);

верхний регистр — количество слов, полностью написанных в верхнем регистре, а также слов, начинающихся с заглавных букв;

наличие букв других алфавитов — количество смешанных слов, состоящих из латинских символов и символов кириллицы; количество "кодирований" символами (например, "@", "|", "-", "\") букв русского алфавита, а также количество слов, состоящих только из букв английского алфавита;

количество слов в тексте;

количество чисел;

наличие специального символа %.

Процесс обработки текста. Перед классификацией текст необходимо подвергнуть предварительной обработке для выделения признаков SMS-спама и ликвидации шумов. Предварительная обработка текста выполняется в два этапа [8]: разбиение текста на значимые элементы — токены; нормализация выделенных слов.

Токенизация. Токенизацию можно представить как функцию, отображающую исходный текст на некоторое конечное множество токенов. Поскольку функция отображения не является изоморфной, происходит потеря некоторых характеристик исходного текста, таких как смысловое содержание и эмоциональная окраска, что позволяет значительно сократить объём выполняемого анализа.

Задача анализа текста многокритериальная, поэтому следует выделенные признаки спам-сообщений свести к достаточному набору токенов. Предлагается использовать следующие группы токенов: сокращения; слова, не несущие самостоятельной смысловой нагрузки, которые принято называть стоп-словами; слова, состоящие из латинских символов и символов кириллицы; телефонные номера; числа; e-mail адреса и адреса веб-сайтов; обычные слова.

Токены выделяются применением специально созданных регулярных выражений. Например, регулярное выражение для поиска номеров мобильных телефонов имеет вид

```
(((\\+7)|8|7)\\s*((\\(\\s*\\d{3}\\s*\\))|
([\\s-]?\\d){3})([\\s-]?\\d){7}).
```

Отдельная проблема — обработка слов, не имеющих самостоятельного смысла (стоп-слова). Для повышения точности классификации такие слова необходимо выделить, чтобы они не поступили на вход классификатора. Стоп-слова можно подразделить на следующие группы: предлоги, союзы, частицы, междометия, местоимения.

Для выделения стоп-слов необходимо составить регулярное выражение и словарь стоп-

слов. После применения регулярного выражения полученные кандидаты стоп-слов ищут в словаре и при нахождении данного слова в словаре стоп-слово отбрасывают и далее не анализируют.

Сокращения, наоборот, следует отправить на вход классификатора. Но поскольку сокращение "кодирует" слово или словосочетание, его заменяют полным словом. Сокращения можно разбить на следующие группы: сокращения с дефисом, с разделителем "/", аббревиатуры.

Для выделения сокращений в исходном тексте используют специальное регулярное выражение. Полное слово, которое закодировано в сокращении, находят по заранее составленному словарю сокращений. Однако одному сокращению может соответствовать множество полных слов. Поскольку такое соответствие имеет тип 1:N, исходный текст отображается в множество S возможных исходных текстов в отношении 1:M, где $M = N_1N_2...N_k$, N_i — множество полных слов i-го сокращения, найденных с помощью словаря; k — количество сокращений, найденных с помощью регулярного выражения. Если выделенного в тексте сокращения нет в словаре, то замены не происходит и сокращение не отбрасывается из последующего рассмотрения. Для каждого текста из множества S следует выделить характеристики и передать их классификатору. Результаты классификации для каждого текста из множества S усредняются. В качестве последующей модификации предложено использовать дополнительную систему весов, выстраиваемую следующим образом: для вида сокращения на основе частоты, с которой он встречается в двух классах текста — спам-сообщениях и обычных сообщениях. На основе теоремы Байеса вычисляют вероятности принадлежности набора сокращений каждого текста из множества S к классу спам-сообщений или к классу обычных сообщений.

Формирование регулярного выражения для поиска сокращений — особая проблема. Очевидно, что длиной сокращений можно варьировать. Наиболее часто встречаются сокращения длиной от одного до четырёх символов. При увеличении длины до пяти символов резко возрастает процент попадания обычных слов в класс сокращений, что увеличивает время анализа, но не улучшает его качество.

Сокращения, образованные усечением до начальных букв, и сокращения, написанные через '/', выделяют из текста как регулярные выражения. Далее осуществляют поиск соответствующих сокращений полных слов в словаре и замену сокращений на полные слова в тексте.

Если сокращение имеет вид $w_1 - w_2$, то оптимальная длина части w_1 сокращения составляет от двух до трёх символов, а части w_2 — два символа. Иначе появляются составные слова, которые можно подразделить на два слова: w_1 и w_2, сохранив их смысл. Возникает проблема сокращений дней недели: сб-вс или пн-пт. Дни недели в этом случае будут восприняты как одно сокращение и такая важная информация, как график работы, будет проигнорирована. Поэтому в алгоритм обработки сокращений необходимо внести дополнение: если w_1 и w_2 принадлежат подмножеству {пн, пон, вт, ср, чт, чет, пт, пят, сб, суб, вс, вос}, то $w_1 - w_2$ разбивают на слова w_1 и w_2, а затем заменяют полными словами.

Кроме выделения и замены сокращений, необходимо обрабатывать написание английскими или специальными символами слов русского языка. Такие шумы вносят составители текстов спам-сообщений специально. Например, русскую букву "а" они могут заменить на латинскую "A" или даже на символ "@". Кроме того, возможно кодирование одного символа группой символов. Например, буква "в" может быть закодирована как пара символов: "*I*" + "З" = "*I*З". В этом случае в кодировании участвуют не только символы и латинские буквы, но и буква русского алфавита. Для увеличения эффективности работы классификатора такие случаи кодирования необходимо распознавать и заменять на соответствующие символы кириллицы. После анализа базы данных спам-сообщений были выявлены списки замен, с помощью которых следует осуществлять замену английских символов и групп символов русскими буквами.

Такую операцию стоит проводить над словами, являющимися комбинацией символов из разных алфавитов и символов. В случае обработки текстового сообщения в английской раскладке такое сообщение системой будет проигнорировано, поскольку резко увеличиваются затраты ресурсов на обработку текста: нужно определить, набрано сообщение транслитом или представляет собой текст на английском языке. В обоих случаях приведение сообщения к русской раскладке с сохранением смысловой нагрузки является трудоёмкой задачей.

Нормализация выделенных слов. Нормализация (леммитизация) — процесс приве-

дения словоформы к лемме — нормальной (словарной) форме. В качестве метода нормализации текста выбран метод, основанный на использовании тезауруса. При нормализации слов с использованием тезауруса исключено появление несуществующих слов в отличие от подходов на основе поиска основы слова, учитывающего морфологию исходного слова (стемминга).

Основная задача SMS-сообщений состоит в быстром донесении информации, поэтому для них используют разговорный стиль. В силу этого словарь должен включать в себя подмножество слов разговорного русского языка. Наиболее употребительными словами, согласно "Частотному словарю русского языка" под редакцией Л.Н. Засориной [9], являются около 30 тыс. слов, а наибольшую частоту имеют чуть более 6 тыс. слов, покрывающих более 90 % обработанных при составлении словаря текстов. В настоящей работе использовался словарь А.А. Зализняка, который содержит 155 090 уникальных нормальных форм и содержит слова, применяемые в разговорной речи.

Наивный байесовский классификатор. Выделенная в результате токенизации и нормализации часть текста поступает на вход классификатора. Обозначим через S — спам, NS — обычный текст. Каждое слово в тексте сообщения будем рассматривать в качестве признака. Символом W обозначим множество, которое состоит из множества всех выделенных признаков текста на этапе токенизации, и множества всех найденных слов, причём после токенизации и нормализации в нём остаются только русские слова. Обозначим i-й признак этого множества как W_i. Тогда, согласно теореме Байеса, для одного признака

$$P(S|W_i) = P(W_i|S)P(S)/P(W_i), \qquad (1)$$

где $P(S)$ — вероятность попадания случайного текста в категорию спам; $P(W_i)$ — вероятность того, что встретится слово W_i; $P(W_i|S)$ — вероятность того, что слово встретится в SMS-спаме.

Не предполагая априори случайное попадание сообщения в класс спама, можно $P(S)$ принять равным 0,5. Тогда

$$P(W_i|S) = N(W_{si})/N(W_s),$$

где $N(W_{si})$ — величина, определяющая сколько раз встретилось слово W_i в спам-сообщениях; $N(W_s)$ — общее количество слов в спам-текстах.

Вероятность $P(W_i)$ не нужно вычислять, поскольку она одинаковая для всех классов, а для определения класса сообщения необходимо лишь сравнить вероятности принадлежности к классам:

спама:

$$P(W_i|S) = N(W_{si})P(S)/N(W_s);$$

обычного текста сообщения:

$$P(W_i|S) = N(W_{nsi})P(NS)/N(W_{ns}).$$

В случае, если признак W_i ещё не встречался в спам-тексте, согласно формуле (1), то вероятность $P(S|W_i) = 0$, что неверно. Поэтому в данном случае целесообразно применить сглаживание Лапласа:

$$P(W_i|S) = (N(W_{si}) + 1)P(S)/(N(W_s) + M), (2).$$

где M — мощность словаря.

Прологарифмировав обе части равенства (2), получим формулу модифицированного Наивного баесовского классификатора для SMS-спама:

$$\log P\left(S|W_1 \ldots W_n\right) = \log P\left(S\right) + \sum_{i=1}^{n} \log P(W_i|S).$$

Для снижения вероятности ложноположительного срабатывания вводят порог распознавания m. Эмпирически было определено, что он должен быть равен 13. Текст попадает в класс спама если $m + \log(P(S|W_1 \ldots W_N)) > \log(P(NS|W_1 \ldots W_N))$, если же $\log(P(S|W_1 \ldots W_N)) \ll \log(P(NS|W_1 \ldots W_N))$, то сообщение рассматривается как обычное, иначе классификатор затрудняется в выборе класса. Это предположение позволяет увеличить точность классификации. Другими словами, вводят дополнительный тип сообщений — неопределённые сообщения. Использование дополнительного типа ответа классификатора о затруднении в классификации сообщения снижает количество ложноположительных срабатываний, из-за которых пользователь может не получить обычное сообщение.

Заключение. Для классификации SMS-спама в качестве наиболее эффективного выбран Наивный баесовский классификатор. Для его успешного применения определено множество признаков спама, сформирована база данных спам и обычных сообщений, на которой

обучался классификатор. По выделенным признакам спам-сообщений определены достаточные группы токенов, и для каждого типа токенов разработаны соответствующие регулярные выражения. Показана необходимость удаления из текста определённых слов (стоп-слов) и целесообразность преобразования сокращений к полной форме слов. Всё это позволило повысить точность классификации коротких текстов. Кроме того, был введён дополнительный класс сообщений — неопределённое сообщение. Созданы и проанализированы базы данных спам-сообщений и обычных сообщений, базы данных для выявления стоп-слов и замены сокращений полными словами.

Для уменьшения количества ложноположительных срабатываний, из-за которых пользователь может не получить обычное сообщение, предложен подход, основанный на использовании дополнительного типа ответа классификатора о затруднении классификации сообщения.

Этот подход был протестирован. На вход фильтра спам-сообщений на основе модифицированного Байесовского классификатора подавалось множество сообщений из тренировочной выборки мощностью 300 сообщений. Верно было классифицировано 99,4 % сообщений, не удалось определить класс для 0,6 % сообщений, найдено SMS-спама 97,4 %, число ошибок равно нулю. Классификатор также тестировали на множестве, на котором не происходило обучение. Мощность множества составила 180 сообщений, из которых 150 — обычный текст и 30 — спам-сообщения. При этом верно было классифицировано 87,9 % сообщений, не удалось определить класс для 11,6 %, найдено SMS-спама 83,3 %. Следует отметить, что ошибки составляют — 0,5 %, в то время как в работе [7] — 1,2 %.

Библиографические ссылки

1. **О внесении** изменений в Федеральный закон "О связи".
URL: http://asozd2.duma.gov.ru/work/dz.nsf/ByID/494B8AC4FC41D86043257 D08003CC726/$File/Zakon3.doc (дата обращения: 3.04.2014).

2. **Сегаран Т.** Программируем коллективный разум. Пер. с англ. Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2008. 368 с.

3. **Воронцов К.В.** Лекции по методу опорных векторов.
URL: http:://ccas.ru>voron/download/SVM.pdf (дата обращения: 15.04.2014).

4. **Martin M.** On-Line Support Vector Machines for Function Approximation, in Technical Report(LSI-02-11-R). 2002, Catalunya: Department of Software, Universitat Politecnica de Catalunya. P. 1—11.

5. **Метод** *k* ближайших соседей.
URL: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title = KNN (дата обращения: 12.04.2014).

6. **Шахиди А.** Деревья решений — общие принципы работы.
URL: http://www.basegroup.ru/library/analysis/tree/description (дата обращения: 12.04.2014).

7. **Houshmand** Shirani-Mehr. SMS Spam Detection using Machine Learning Approach, CS 229 Machine Learning Final Projects, 2013. P. 1—4.

8. **The Standford** Natural Language Processing Group.
URL: http://nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/index-1.html (дата обращения: 5.04.2014)

9. **Засорина Л.Н.** Частотный словарь русского языка.
URL: http://project.phil.spbu.ru/lib/data/slovari/zasorina/zasorina.html (дата обращения: 21.04.2014).

Уважаемые авторы и читатели!

Редакция и редакционная коллегия сообщают:
межотраслевой научно-технический журнал "Автоматизация. Современные технологии"
успешно прошёл аккредитацию в ВАК для публикации работ
соискателей учёных степеней по отрасли науки:
05.00.00 — технические науки
и четырём группам специальностей:
05.02.00 — машиностроение и машиноведение;
05.07.00 — авиационная и ракетно-космическая техника;
05.11.00 — приборостроение, метрология
и информационно-измерительные приборы и системы;
05.13.00 — информатика, вычислительная техника и управление.
Напоминаем: статьи следует подавать в редакцию заблаговременно!
С правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте mashin.ru

УДК 620.162

А.А. Емельяненко, канд. техн. наук, **А.К. Иванюк, О.И. Жабин, Д.В. Ярошик**
(АО "НИИ гидросвязи "Штиль", г. Волгоград)

emelyanenko_aleksei@mail.ru

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ В ОПЫТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Рассмотрен автоматизированный инженерный анализ механической части гидроакустических приборов. Представлен опыт оценки поведения конструкции до её изготовления. Показана возможность и экономическая эффективность применения виртуальных испытаний в качестве контрольного мероприятия, предшествующего изготовлению приборов и позволяющего исключить доработку опытных образцов приборов по результатам стендовых испытаний.

Ключевые слова: виртуальные испытания; автоматизированный инженерный анализ.

An automatic engineering analysis of the mechanical part of hydroacoustic devices is considered. The valuation experience of the structure behavior prior to its production is represented. The possibility and the economic effectiveness of the virtual testing application as control measures prior to devices fabrication, that permits to exclude of the apparatus pilot patternsn improvement based on the bench tests results is shown.

Keywords: virtual testing; automatic engineering analysis.

Проектирование механической и электромонтажной части приборов в АО "НИИ гидросвязи "Штиль" в настоящее время — это твёрдотельное автоматизированное проектирование, не ограниченное 3D-построениями, направленное на создание модели конструкции, учитывающей физико-механические свойства материалов, характер и точность соединений и др. Создание информационной модели прибора помимо преимуществ геометрической проработки конструкции и отработки её собираемости до запуска в производство имеет ещё одно важное преимущество: возможность инженерного анализа проекта, в частности виртуальных испытаний на воздействие механических и иных факторов.

Традиционная схема контроля механической части изделия в приборостроении предполагает несколько уровней контроля: конструкторский и технологический на этапе готовности конструкторской документации, операционный контроль изготовления деталей и сборочных единиц, контроль ОТК прибора (изделия) в целом на соответствие конструкторской документации. Завершают цикл проектирования и производства стендовые испытания, суть которых в проверке сохранения целостности и работоспособности прибора (изделия) при воздействии тех или иных факторов эксплуатации, транспортирования, хранения.

Как показывает опыт, несмотря на весь комплекс контрольных мероприятий, предшествующих испытаниям, вероятность положительного результата испытаний тем меньше, чем больше проект отличается от проверенного прототипа. Отрицательные результаты ведут к изменению конструкции и увеличению затрат. Макетирование же сложных систем с целью их предварительных испытаний зачастую незначительно менее затратно, чем изготовление опытных образцов новых изделий. Поэтому актуальным средством снижения затрат в опытном производстве является автоматизированный инженерный анализ проекта, позволяющий выявить недостатки конструкции ещё до выпуска конструкторской документации, избежав тем самым доработок изделия "в металле".

В настоящее время существует целый ряд отечественных и зарубежных САПР, в той или иной степени охватывающих этапы жизненного цикла изделия. Модули инженерного анализа в составе таких систем позволяют моделировать поведение изделий в условиях эксплуатации и стендовых испытаний.

В рамках данной статьи не стоит задача оценки сходимости результатов моделирования с результатами физическими. Цель — поделиться опытом оценки поведения конструкции до её изготовления, выявления критиче-

ских мест конструкции и др. Приведённые далее примеры иллюстрируют механическое и тепловое поведение приборов гидроакустической связи в условиях виртуальных испытаний. Электронная симуляция механических испытаний проведена в модуле SolidWorks Simulation, тепловой анализ — в модуле Flow Simulation совместно со специалистами ООО "СолидВоркс Р.". Изображения являются частью отчётов, сформированных модулями. С техническим описанием названных программных продуктов можно ознакомиться на сайте (URL: www.solidworks.ru (дата обращения: 21.03.2016)).

Одной из задач, решаемых конструкторами-приборостроителями, является обеспечение прочности и устойчивости приборов при воздействии вибрации в заданном диапазоне частот с заданным ускорением (амплитудой) возмущающих колебаний. Для оценки поведения корпуса прибора, изображённого на рис. 1 (см. обложку), выявления критических частот и элементов, колеблющихся с наибольшим ускорением (амплитудой) была решена задача моделирования линейной динамики корпуса в диапазоне значений возмущающей частоты 0...35 Гц с ускорением фундамента 1,5 g. Рисунки 1—3 (см. обложку) иллюстрируют поведение конструктивных элементов корпуса, их ускорение и перемещение на частотах заданного интервала.

Результаты автоматизированного решения позволили выявить наименее жёсткие элементы корпуса: верхнюю планку, несущую сосредоточенную присоединенную массу, и заднюю стенку, имеющую значительные расстояния между опорами и ослабленную большими прямоугольными окнами. Решение учитывает свойства материалов деталей корпуса (алюминиево-магниевый сплав) и присоединённого элемента (коррозионно-стойкая сталь).

Своевременно принятые меры (усиление планки и задней стенки продольными элементами жёсткости) обеспечили жёсткость корпуса на этапе конструирования, до изготовления и стендовых испытаний, которые бы выявили резонанс элементов корпуса и, как показывает опыт испытаний аналогичных приборов, вероятное разрушение сварных швов колеблющихся элементов, раскачиваемых сосредоточенной присоединённой массой. Перечисленное выше позволило избежать дополнительных производственных расходов на доработку прибора.

Проектировщики приборов гидроакустической связи обеспечивают прочность и устойчивость корпусов-оболочек, испытывающих наружное гидростатическое давление. Для оценки напряжений и деформаций, возникающих в каркасе и корпусе-оболочке прибора, изображённого на рис. 4, была решена задача статического анализа корпуса для значений наружного давления до 6 МПа. Рис. 4, 5, *а*, *б* (см. обложку) иллюстрируют поведение конструктивных элементов корпуса (каркаса и оболочки) и процессы нагружения и деформации элементов. В качестве материалов корпуса-оболочки и полок каркаса рассматривались варианты пластиков, материал стоек — латунь.

Результаты автоматизированного решения позволяют выявить наиболее нагруженные и наименее жёсткие участки каркаса и корпуса, оценить запас прочности конструкции. Оценка запаса прочности, которая также может быть визуализирована эпюрой, показала возможность использовать корпус прибора из принятого материала при наружном давлении 1 МПа с двукратным запасом прочности наиболее нагруженных элементов. Стендовые испытания подтвердили долговременную устойчивость и прочность конструкции корпуса при рабочем давлении 1 МПа. Доработка конструкции корпуса не потребовалась.

Трудоёмкость подобного анализа зависит от суммарного объёма спецификаций прибора и для приборов гидроакустической связи может достигать от нескольких часов до нескольких дней. При этом сама процедура анализа состоит из двух этапов: подготовки информационной модели и собственно решения задачи, включая её постановку. Тщательностью, а значит, и высокой трудоёмкостью выполнения первого этапа обеспечивается минимальное количество итераций второго этапа и, главное, достоверность расчётных результатов.

Опыт применения подобных виртуальных испытаний показывает, что даже при их высокой трудоёмкости и необходимости привлечения специалиста-расчётчика (или группы специалистов), такие испытания дают несомненный экономический эффект, заключающийся в предотвращении затрат на доработку конструкции, дополнительного расхода материалов и проведения повторных стендовых испытаний.

Помимо анализа механического поведения конструкций актуален тепловой анализ приборов. В отрасли, где тепло выделяется в помещения (отсеки) весьма ограниченного объёма, важна, прежде всего, оценка тепловыделения прибора в целом. Но это не единственная

задача. Тепловой анализ позволяет выявить опасность выхода температуры внутри прибора за пределы рабочего диапазона температур электронных компонентов (и своевременно проработать принудительное охлаждение или подогрев). Другая задача теплового анализа, актуальная в частности для погружаемых приборов, — упредить температуру пластификации применяемых термопластов. Последние две задачи проиллюстрированы на рис. 6—8 (см. обложку) для прибора, рассмотренного ранее на предмет гидростатического давления.

На рис. 6, 7 (см. обложку) показано распределение температуры и направление потоков воздуха внутри прибора, что позволяет оценить условия работы электронных компонентов. На рис. 8 показано распределение температуры каркаса и корпуса (цилиндрическая часть оболочки удалена) при условии постоянства температуры на наружной поверхности прибора. Это позволяет оценить опасность пластификации термопластичных деталей каркаса и корпуса. Проведённый анализ подтвердил возможность применения принятых материалов и комплектующих в рассматриваемом приборе с точки зрения тепловых условий работы.

Итак, автоматизированный инженерный анализ — это не только средство визуализированного проектного расчёта, но и способ виртуальной проверки принятых проектных решений, т.е. контрольное мероприятие, предшествующее изготовлению приборов и позволяющее исключить их доработку по результатам стендовых испытаний. Опыт применения подобных виртуальных испытаний позволяет оптимизировать итоговые затраты на разработку и изготовление опытного образца, исключив дополнительную трудоёмкость, расход материалов и производственных ресурсов на проектную и производственную доработку конструкции и повторные стендовые испытания. Таким образом, автоматизированный инженерный анализ рассматривается в АО "НИИ гидросвязи "Штиль" не только как неотъемлемая часть системы обеспечения качества и соответствия выпускаемых изделий техническому заданию, но и как средство оптимизации затрат в опытном производстве приборов гидроакустической связи.

УДК 681.513

К.А. Неусыпин, д-р техн. наук, проф., **М.С. Селезнева**
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)
m.s.selezneva@mail.ru

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Представлена структура измерительного комплекса с интеллектуальной компонентой. Алгоритмическое обеспечение комплекса сформировано на основе теории функциональных систем П.К. Анохина с использованием эволюционного алгоритма построения прогнозирующих моделей. Интеллектуальная компонента состоит из алгоритмов построения прогнозирующих моделей и сравнения прогноза с текущим результатом измерений. При длительном функционировании без использования стационарных навигационных систем разработана архитектура измерительного комплекса с коррекцией структуры инерциальной навигационной системы.

Ключевые слова: измерительный комплекс; навигационная система; интеллектуальная компонента; эволюционный алгоритм; прогнозирующая модель; акцептор действия.

The measuring complex structure with intellectual component is represented. An algorithmic ensiring of the complex is formed on the basis of the P.K. Anohin's functional systems theory through the use of an evolutionary algorithm for predictive models construction. Intelligent component consists of algorithms for constructing predictive models and comparing the forecast with the current measurement result. At long-term functioning without usage of fixed navigation systems the developed measuring complex architecture with correction of the structure of the inertial navigation system structure is developed.

Keywords: measuring complex; navigation system; intellectual component; evolutionary algorithm; predictive model; action acceptor.

Введение. Летательные аппараты (ЛА) управляются на основе информации от измерительных систем, для повышения точности которых их объединяют в измерительные комплексы и снабжают различными алгоритмами коррекции [1—3]. Измерительные комплексы (ИК) состоят из максимально возможного количества измерительных систем и датчиков бортового, воздушного и наземного базирования, а также алгоритмического обеспечения [4], включающего, как правило, алгоритмы комплексирования, оценивания, управления и прогнозирования [1]. Одним из способов повышения точности навигационных систем является синтез селективных ИК [5], в основу способа комплексирования которых положен какой-либо критерий селекции информации. Например, численный критерий степени наблюдаемости переменных вектора состояния или критерий степени управляемости переменных состояния, включающего погрешности измерительных систем [1, 6, 7]. Для построения высокоточных ИК используются элементы теорий интеллектуальных систем [8]. Наиболее перспективной концепцией построения интеллектуальных систем для применения в авиационных комплексах ЛА является синтез ИК, основанный на теории функциональных систем П.К. Анохина [9].

Измерительный комплекс с интеллектуальной компонентой. Перспективный ИК ЛА, разработанный в рамках теории функциональных систем П.К. Анохина, представляет собой ИК с интеллектуальной компонентой или интеллектуализированный ИК (ИИК).

ИИК обладает специфическим узловым механизмом — акцептором действия [10], который представляет собой интеллектуальную компоненту. Акцептор действия включает алгоритм построения прогнозирующей модели исследуемых параметров ИИК, алгоритмы прогноза и сравнения текущих измерений с прогнозом. В качестве базовой измерительной системы в ИИК использована инерциальная навигационная система (ИНС). ГЛОНАСС, РЛС и другие измерительные системы используются как дополнительные внешние по отношению к ИНС датчики информации, которые применяются при обработке информации для повышения точности ИНС.

Структура ИИК представлена на рис. 1.

В БКС определяются степени наблюдаемости, формируются измерения для алгоритмов оценивания и построения прогнозирующих моделей, а также проводится сравнение текущей апостериорной информации с результатами прогноза.

Полученная на основе проведённых измерений математическая модель используется в алгоритме оценивания для определения состояния исследуемой системы, в критерии селекции измерительных сигналов, а также с помощью математической модели осуществляется прогноз состояния системы на некотором интервале времени, который выбирается в соответствии с режимом функционирования ЛА.

Результаты обработки информации позволяют определить оптимальный состав ИИК. В процессе функционирования проводятся измерения, вычисляются значения критерия селекции при использовании каждого внешнего датчика совместно с ИНС, проводится построение модели, прогноз и сличение прогноза с апостериорной информацией, оценивается вектор состояния, включающий погрешности ИНС, осуществляется коррекция погрешностей ИНС, определяется оптимальная структура ИИК, которая будет использована на этом интервале функционирования ЛА (интервале прогнозирования).

Для прогнозирования погрешностей ИНС строится модель в процессе полёта на борту ЛА. В качестве алгоритмов построения моделей используются линейные тренды, методы сплайн-аппроксимации, волновые алгоритмы, различные модификации алгоритмов идентификации, а также алгоритмы самоорганизации, нейронные сети и генетические алгоритмы (ГА), [11—14] отличающиеся наибольшей точностью. Повышенные требования к производительности

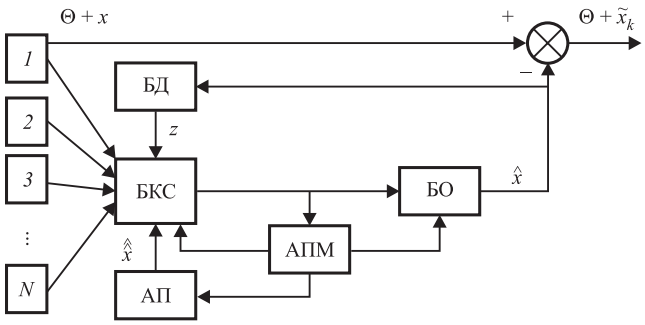


Рис. 1. Структура измерительного комплекса с интеллектуальной компонентой:

1 — базовая навигационная система, обычно ИНС; *2*, ..., *N* — датчики и измерительные системы внешней информации; z — измерения; Θ — истинная навигационная информация; $\tilde{x}_k$ — ошибка оценивания; x — погрешности ИНС; $\hat{x}$ — оценки погрешностей ИНС; $\hat{\hat{x}}$ — прогноз погрешностей ИНС; БКС — блок комплексирования и сравнения; БД — динамическая база данных; АПМ — алгоритм построения модели; АП — алгоритм прогноза; БО — блок оценивания

БЦВМ при реализации последних алгоритмов являлись до последнего времени сдерживающим фактором при использовании их на борту ЛА. Однако развитие вычислительной техники позволило расширить спектр реализуемых бортовых алгоритмов.

Таким образом, в ИИК осуществляется построение высокоточных нелинейных прогнозирующих моделей, которые использованы в акцепторе действия и в нелинейном алгоритме оценивания, в качестве которого в алгоритмическое обеспечение ИИК включён нелинейный фильтр Калмана, модифицированный посредством эволюционного алгоритма [15].

Измерительный комплекс с коррекцией в структуре навигационной системы. Рассмотренный ИИК снабжён достаточно сложным алгоритмическим обеспечением, реализация которого осуществляется в БЦВМ.

При отсутствии коррекции от наземных станций с течением времени в ИИК (см. рис. 1) увеличиваются углы отклонения гиростабилизированной платформы (ГСП) относительно сопровождающего трёхгранника выбранной системы координат. Предотвратить увеличение углов отклонения ГСП можно коррекцией в структуре ИНС посредством редуцированного регулятора [16]. В известном методе предполагается применение линейного редуцированного регулятора, использующего линейную модель погрешностей ИНС. С её помощью формируются сигналы на входы датчиков моментов и первых интеграторов. Так как в ИИК уже имеется нелинейная модель погрешностей ИНС, то целесообразно использовать её для формирования сигналов коррекции в структуре ИНС.

Структурная схема ИИК с коррекцией в структуре ИНС представлена на рис. 2.

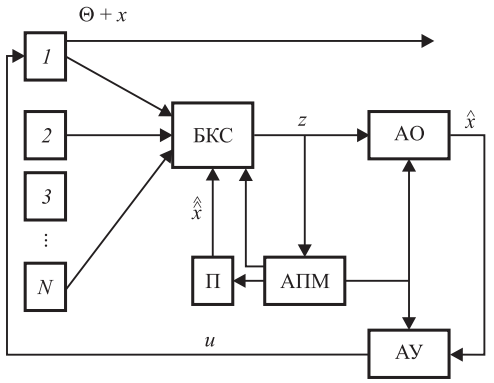


Рис. 2. Структурная схема ИИК с коррекцией в структуре ИНС:
БКС — блок селекции и сличения; АО — алгоритм оценивания; П — алгоритм прогноза; АУ — нелинейный алгоритм управления; u — вектор управления

Нелинейные уравнения ошибок автономной ИНС имеют вид:

$$
\begin{aligned}
\delta\dot{v}_E &= -f_E - v_{Up}\left(\frac{\delta v_E}{R} - u\sin\varphi\delta\varphi\right) + \\
&+ v_N\left(\frac{\delta v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\cos\varphi\delta\varphi + \frac{v_E}{R}\sec^2\varphi\delta\varphi\right) - \\
&- \delta v_{Up}\left(2u\cos\varphi + \frac{v_E}{R}\right) + \delta v_N\left(2u\sin\varphi + \frac{v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi\right) - \\
&- f_{Up}\cos\Phi_E\sin\Phi_N + f_E\cos\Phi_N\cos\Phi_{Up} + \\
&+ f_N(\cos\Phi_N\sin\Phi_{Up} + \sin\Phi_E\sin\Phi_N\cos\Phi_{Up}) - \\
&- f_E\sin\Phi_E\sin\Phi_N\sin\Phi_{Up} + f_E\mu_E + B_E; \\
\delta\dot{v}_N &= -f_N - v_{Up}\frac{\delta v_N}{R} - \\
&- v_E\left(\frac{\delta v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\cos\varphi\delta\varphi + \frac{v_E}{R}\sec^2\varphi\delta\varphi\right) - \\
&- \delta v_{Up}\frac{v_N}{R} - \delta v_E\left(2u\sin\varphi + \frac{v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi\right) + \\
&+ f_N\cos\Phi_E\cos\Phi_{Up} - f_E\cos\Phi_E\sin\Phi_{Up} + \\
&+ f_{Up}\sin\Phi_E + f_N\mu_N + B_N; \\
\dot{\Phi}_E &= \left(-\frac{v_N}{R} - \frac{\delta v_N}{R} + \omega_E^{dr}\right)\cos\Phi_N + \frac{v_N}{R}\cos\Phi_{Up} - \\
&- \left(\frac{v_E}{R} + u\cos\varphi\right)\sin\Phi_{Up} + \left(\frac{v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\sin\varphi + \right. \\
&\left. + \frac{\delta v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\cos\varphi\delta\varphi + \frac{v_E}{R}\sec^2\varphi\delta\varphi + \omega_{Up}^{dr}\right)\sin\Phi_N; \\
\dot{\Phi}_N &= \frac{v_E}{R} + u\cos\varphi + \frac{\delta v_E}{R} - u\sin\varphi\delta\varphi + \omega_N^{dr} - \\
&- \frac{v_N\sin\Phi_{Up}}{R\cos\Phi_E} - \left(\frac{v_E}{R} + u\cos\varphi\right)\frac{\cos\Phi_{Up}}{\cos\Phi_E} + \\
&+ \left(-\frac{v_N}{R} - \frac{\delta v_N}{R} + \omega_E^{dr}\right)\operatorname{tg}\Phi_E\sin\Phi_N - \qquad (1) \\
&- \left(\frac{v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\sin\varphi + \frac{\delta v_E}{R}\operatorname{tg}\varphi + u\cos\varphi\delta\varphi + \right. \\
&\left. + \frac{v_E}{R}\sec^2\varphi\delta\varphi + \omega_{Up}^{dr}\right)\operatorname{tg}\Phi_E\cos\Phi_N,
\end{aligned}
$$

где v_N, v_E, v_{Up} — проекции скорости ЛА на оси географического трёхгранника; δv_N, δv_E, δv_{Up} — проекции ошибки в определении скорости ЛА на оси географического трёхгранника; Φ_N, Φ_E, Φ_{Up} — углы отклонения между платформенным и географическим трёхгранниками; f_N, f_E, f_{Up} — проекции кажущегося ускорения ЛА на оси географического трёхгранника; $\omega_N^{dr}, \omega_E^{dr}, \omega_{Up}^{dr}$ — проекции скорости дрейфа ГСП на оси географического трёхгранника; μ_N, μ_E — ошибки масштабного коэффициента акселерометров; B_N, B_E — смещения нуля акселерометров; φ — широта местности; $\delta\varphi$ — ошибка определения широты; u — угловая скорость вращения Земли; R — радиус Земли.

В матричном виде система, описывающая изменение погрешностей ИНС при коррекции в структуре системы, имеет вид:

$$\dot{x} = Ax + Bu + w, \quad (2)$$

где x — $(n \times 1)$-вектор состояния; u — $(n \times 1)$-вектор управления; w_{k-1} — $(n \times 1)$-вектор входного шума, который является дискретным аналогом белого гауссова шума с нулевым математическим ожиданием; A — $(n \times n)$-матрица нелинейной системы; B — $(n \times n)$-матрица управления.

В свою очередь,

$$x = [\delta v_E, \delta v_N, \Phi_E, \Phi_N]^T, \quad (3)$$

а уравнение измерений имеет вид:

$$z = Hx + v, \quad (4)$$

где z — $(m \times 1)$-вектор измерений; v_k — $(m \times 1)$-вектор измерительного шума, который является дискретным аналогом белого гауссова шума с нулевым математическим ожиданием; H — $(m \times n)$-матрица измерений.

$$z = \begin{bmatrix} z_x \\ z_y \end{bmatrix}; v = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix}; H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Функционал качества сформулирован в смысле минимума дисперсии погрешностей ИНС. Оптимальное управление имеет вид [15]:

$$u(t) = -K\hat{x}(t). \quad (5)$$

В процессе полёта ЛА матрица $\boldsymbol{K}$ определяется ГА или другим эволюционным алгоритмом.

Нелинейный алгоритм управления формируется на основе модели погрешностей ИНС, построенной на основе измерительной выборки в процессе полёта.

Выводы. Представлена концепция синтеза оптимальной структуры измерительного комплекса, основанной на селективном методе комплексирования с использованием принципов построения интеллектуальных систем. Интеллектуальной компонентой является акцептор действия, который включает эволюционный алгоритм, алгоритм прогноза и сличения результата действия в соответствии с теорией функциональных систем П.К. Анохина.

В условиях длительного полёта без коррекции от стационарных станций разработан ИИК с коррекцией в структуре ИНС, предполагающий формирование управляющих сигналов на датчики моментов и первые интеграторы с использованием модели, построенной эволюционными алгоритмами.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (Проект 16-8-00522)

Библиографические ссылки

1. **Неусыпин К.А.** Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами. М.: Изд. МГОУ, 2009. 500 с.

2. **Пролетарский А.В., Неусыпин К.А.** Способы коррекции навигационных систем и комплексов летательных аппаратов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. № 3 (3). С. 44.

3. **Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Власов С.В.** Методы повышения точности автономных навигационных систем // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 2. С. 14—18.

4. **Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Цибизова Т.Ю.** Системы управления летательными аппаратами и алгоритмы обработки информации. М.: Изд. МГОУ, 2006. 260 с.

5. **Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Шэнь Кай.** Модификация селективного навигационного комплекса // Наука и современность. 2014. № 9. С. 196—200.

6. **Шэнь Кай, Пролетарский А.В., Неусыпин К.А.** Исследование степени наблюдаемости погрешностей автономных навигационных систем // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 1. С. 24—30.

7. **Неусыпин К.А., Фам Суан Фанг.** Повышение степени управляемости летательного аппарата // Автоматизация и современные технологии. 2007, № 2. С. 21—25.

8. **Неусыпин К.А., Логинова И.В.** Вопросы теории и реализации интеллектуальных систем. М.: Сигналъ МПУ, 1999. 235 с.

9. **Анохин П.К.** Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. С. 185.

10. **Неусыпин К.А**. Концептуальный синтез интеллектуальных систем // Автоматизация и современные технологии. 2002, № 12. С. 12.

11. **Ивахненко А.Г., Мюллер Й.Я.** Самоорганизация прогнозирующих моделей. Киев. Техника. 1985. 362 с.

12. **Сейдж Э., Мелс Дж.** Идентификация систем управления. М.: Наука, 1974. 320 с.

13. **Хайкин С.** Нейронные сети. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с.

14. **Koza J.R.** Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. Cambridge MA: MIT Press, 1992. 813 p.

15. **Неусыпин К.А., Шэнь Кай.** Модификация нелинейного фильтра Калмана с использованием генетического алгоритма // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 5. С. 9—12.

16. **Неусыпин К.А., Кочешков М.А.** Метод регенерации навигационного комплекса летательного аппарата // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 6. С. 22—27.

УДК 378.4

Н.А. Мешков, канд. техн. наук, доц., **Л.И. Рогачёва,** докт. ист. наук, проф.,
В.И. Пищулин, докт. ист. наук, доц.
(Российский государственный социальный университет, г. Москва)

MeshkovNA@rgsu.net

ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

Рассмотрены перспективы модернизации и инновационного развития российского образования (РО) на основе реализации возможностей, предоставляемых информационным обществом. Выдвинута и обоснована концепция перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО, обладающей способностью к опережающей подготовке специалистов с профессиональными умениями и навыками, позволяющими работать им в тех областях знаний и компетенций, которые ещё только появятся к моменту их выпуска.

Ключевые слова: устойчивое развитие; опережающее образование; инновационное развитие образования; информационное общество; российский образовательный комплекс; информационно-коммуникационное образовательное пространство; инновационный научно-образовательный кластер; стратегия голубого океана; партисипативное планирование; аутсорсинг; краудсорсинг; краудфандинг; ноосорсинг.

The modernization and innovative development prospects of the Russian education (RE) on the basis of the possibilities offered by the information society are considered. Proposed and substantiated. The concept of the perspective intellectual control system for innovative development RE is proposed and substantiated. This concept possesses ability to advanced training of specialists with professional skills and abilities that allow them to work in the areas of knowledge and competence, which will appear only at the time of their graduation.

Keywords: sustainable development; advanced education; innovative development of education; information society; Russian educational complex; information and communication educational environment; innovative scientific and educational cluster; blue ocean strategy; participative planning; outsourcing; crowdsourcing; crowdfunding; noosorsing.

Введение. Необходимым условием обеспечения высокого уровня и качества жизни людей, их надёжной социальной защищённости является устойчивое цивилизационное развитие общества. "Переход к устойчивому развитию должен обеспечить на перспективу сбалансированное решение проблем социально-экономического развития и сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, удовлетворение потребностей настоящего и будущих поколений людей" [1].

В основу устойчивого поступательного социально-экономического развития Российской Федерации, обеспечения её конкурентоспособности в современном мире должно быть положено инновационное развитие всех отраслей народного хозяйства страны, отдельных хозяйствующих субъектов и их объединений как способ их существования посредством целенаправленного изменения своего качественного состояния в результате инновационной деятельности в условиях изменяющихся факторов внешней среды и/или изменяющихся их внутренних свойств. В данном контексте под инновационным развитием сложных социально-экономических систем понимается "не только основной инновационный процесс, но и развитие системы факторов и условий, необходимых для его осуществления, т.е. инновационного потенциала" [2].

На современном этапе для всех сложных социально-экономических систем главным фактором внешней среды является формирование глобального информационного общества. Основополагающим условием благополучия каждого человека, каждой организации и каждого государства в информационном обществе становится знание, полученное благодаря беспрепятственному доступу к информации и умению работать с ней. "Богатство, власть, общественное благополучие и культурное творчество в России в XXI веке во многом бу-

дут зависеть от её способности развить модель информационного общества, приспособленную к её специфическим ценностям и целям" [3].

Основой глобальной компьютерной коммуникации является Интернет, на базе которого возникают и развиваются проблемно-ориентированные информационно-коммуникационные социальные пространства, представляющие собой форму существования отношений, складывающихся в процессе осуществления хозяйствующими субъектами экономической и иной деятельности с использованием передовых информационно-коммуникационных технологий. На основе общности целей и ценностей формируются проблемно-ориентированные Интернет-сообщества — неформальные объединения пользователей Интернет, имеющих общие интересы и цели в социально-экономической сфере. Отказ социально-экономических систем от использования возможностей, предоставляемых информационным обществом, ведёт их к стагнации и деградации.

Ключевая проблема социально-экономического развития России в современных условиях заключается в низкой конкурентоспособности практически всех основных отраслей народного хозяйства. Во многом данная проблема обуславливается тем, что органы государственной власти и управления, организации и граждане не в полной мере и недостаточно эффективно используют возможности, предоставляемые информационным обществом.

Одной из определяющих сфер жизни общества, важнейшим ресурсом его устойчивого развития является образование. В прогнозе долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г., разработанном Министерством экономического развития Российской Федерации, предусмотрена необходимость формирования гибкой и диверсифицированной системы профессионального образования, отвечающей требованиям рынка труда и потребностям инновационной экономики [4].

В силу тезиса о том, что в период утверждения в обществе модели устойчивого развития его формирующееся коллективное сознание должно опережать бытие [5], жизненно необходимым сегодня становится переход от поддерживающего образования, ориентированного главным образом на то, чтобы научить человека рациональному использованию уже накопленного опыта прошлых поколений, к опережающему образованию, нацеленному на решение глобальных проблем современности, раскрытие творческого потенциала человека, его способности принимать ответственные решения в условиях неопределённости [6].

Стратегия опережающего обучения характеризуется повышенными требованиями к уровню предварительной подготовки обучаемых; опережающим характером содержания обучения; инновационностью реализуемых образовательных технологий; элитностью научно-педагогических школ; развитием стратегического партнёрства образовательных организаций с научно-исследовательскими и производственными организациями.

Все участники образовательного процесса объективно заинтересованы в развитии системы опережающего образования. Ориентация учебных заведений и научно-педагогических работников на опережающее образование становится действенным фактором повышения качества подготовки молодых специалистов, весомым аргументом в конкурентной борьбе на рынке образовательных услуг. Студенты получают образование, которое в течение длительного времени не утратит своей актуальности. Работодатели обретают уверенность в том, что в скором времени к ним придут сотрудники, подготовленные к работе в условиях, которые ещё только формируются, но могут стать доминирующими в будущем.

Инновационная направленность современных организационно-экономических процессов в образовательной сфере предъявляет особые требования к содержанию, организации, формам и методам управления инновационным развитием РО, учитывающие всевозрастающее значение в информационном обществе невещественных форм и качественных нетрадиционных факторов экономического роста. Реализация концепции опережающего образования предполагает формирование у системы образования способности "предвидеть" своё будущее и уметь принимать решения о своих действиях в настоящем в соответствии с этим предвидением. "Главный инновационный процесс, который должен захватить всё мировое образование в целом, заключается не только в осовременивании (модернизации), но и теперь уже и в его футуризации и задействовании всех существующих сейчас и возможных опережающих факторов и упреждающих механизмов" [7].

При выборе направлений опережающей подготовки специалистов для прогнозируемого будущего следует руководствоваться стра-

тегией "голубого океана" [8]. "Голубые океаны" в сфере высшего профессионального образования — это неизвестные, свободные от конкуренции предметные области, в которых спрос не завоевывается, а создаётся. Стратегия "голубого океана" нацелена на то, чтобы переориентировать организацию с конкурентов на альтернативы, вывести её за рамки "алого океана" конкуренции, создать для неё такие рыночные ниши, где какое-то время можно будет не бояться конкурентов.

4 декабря 2014 г. Президент РФ В. В. Путин в Послании Федеральному Собранию озвучил идею национальной технологической инициативы. "На основе долгосрочного прогнозирования необходимо понять, с какими задачами столкнётся Россия через 10—15 лет, какие передовые решения потребуются для того, чтобы обеспечить национальную безопасность, высокое качество жизни людей, развитие отраслей нового технологического уклада" [9]. Открывая 16 октября 2015 г. заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, посвящённое вопросам Национальной технологической инициативы, Председатель Правительства РФ Д.А. Медведев акцентировал внимание участников заседания на актуальности и значимости для страны Национальной технологической инициативы. "Нельзя упустить те возможности, которые связаны с формированием новых технологических рынков. Смысл национальной инициативы как раз в том и состоит, чтобы создать в нашей стране условия для развития отраслей, которые станут ведущими отраслями в мировой экономике, может быть, даже и не сейчас, а через 20—25 лет" [10].

Стратегический характер национальной технологической инициативы, её нацеленность на будущее обуславливают выдвижение особых требований к уровню и качеству подготовки специалистов, призванных участвовать в её реализации. Вместе с тем пока ещё недостаточно высока интенсивность потока публикаций, посвящённых проблемам и перспективам инновационного развития РО на основе реализации возможностей, предоставляемых информационным обществом. В этих условиях крайне актуальной, жизненно важной для страны становится разработка концепции перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО, обладающей способностью к опережающей подготовке специалистов с профессиональными умениями и навыками, которые позволят им работать в тех областях знания и компетенций, которые ещё только появятся к моменту их выпуска.

Цель и задачи исследования. Настоящая статья продолжает цикл работ [11—19], посвящённых анализу путей и перспектив модернизации и инновационного развития РО в условиях информационного общества, в которых, в частности, были сформулированы следующие базовые определения:

российский образовательный комплекс (РОК) — множество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой хозяйствующих субъектов, реализующих в процессе своего согласованного функционирования одну общую цель — обеспечение социальной и духовной консолидации, конкурентоспособности и безопасности нации, личности, общества и государства воспитанием, социально-педагогической поддержкой становления и развития высоконравственного, ответственного, творческого, инициативного, компетентного гражданина России;

информационно-коммуникационное образовательное пространство (ИКОП) — форма существования отношений, складывающихся в процессе осуществления субъектами РОК образовательной деятельности с использованием передовых информационно-коммуникационных технологий;

информационно-аналитический Интернет-портал РОК — основанная на последних достижениях Интернет-технологий глобальная саморазвивающаяся проблемно-ориентированная информационно-коммуникационная система, виртуальная организация, предоставляющая пользователям возможность рассредоточенной и децентрализованной работы, высокоэффективное средство массовой информации, инструмент общественного и административного контроля за деятельностью органов государственной власти и местного самоуправления, других хозяйствующих субъектов в сфере образования, социальная сеть потребителей и производителей образовательных услуг и товаров образовательного назначения, работодателей;

образовательное Интернет-сообщество — объединение людей, имеющих общие интересы, общую цель — становление и развитие высоконравственного, ответственного, творческого, инициативного, компетентного гражданина России.

Цель проведённого исследования — разработка концепции перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО, обладающей способностью к опережающей подготовке специалистов с профессиональными умениями и навыками, которые позволят им работать в тех областях знания и компетенций, которые ещё только появятся к моменту их выпуска.

Достижение цели исследования было связано с решением следующих основных задач: сформировать методологию управления инновационным развитием РО в условиях информационного общества; разработать концепцию информационно-аналитического Интернет-портала РОК как ключевого системообразующего элемента инновационной инфраструктуры ИКОП; сформулировать принципы построения, определить состав и структуру перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО.

Объект исследования: российский образовательный комплекс.

Предмет исследования: принципы функционирования, состав и структура перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО.

Структура методологии управления инновационным развитием российского образования в условиях информационного общества. Методология управления инновационным развитием РО в условиях информационного общества имеет следующую структуру:

основания методологии: концепция устойчивого развития, концепция опережающего образования, системный анализ и системный синтез, теория управления, теория самоорганизации, экономическая теория, экономико-математическое моделирование, прогнозирование, информатика, социология;

характеристики деятельности:

особенности: особенности управления инновационным развитием РО определяются спецификой российской концепции образования;

принципы: управление инновационным развитием РО предполагает управление приращением и реализацией инновационного потенциала РОК, состав и содержание принципов деятельности по управлению инновационным развитием РО зависят от его цели и сущности;

условия: формирование информационного общества, формирование и развитие ИКОП, формирование образовательного Интернет-сообщества;

нормы: правовые и этические нормы, регулирующие функционирование РОК, а также упорядочивающие отношения субъектов РОК друг с другом, государственными и муниципальными органами, коммерческими и некоммерческими организациями и гражданами — потребителями образовательных услуг и товаров образовательного назначения, складывающиеся и развивающиеся в ИКОП;

логическая структура деятельности:

субъекты: органы государственной власти и местного самоуправления, политические партии и общественные организации, институциональные субъекты, хозяйствующие субъекты, входящие в состав РОК;

объект: экономические процессы формирования и организации эффективного функционирования инновационной сферы РО;

предмет: управленческие отношения, возникающие в процессе инновационного развития РО в условиях информационного общества;

формы: традиционные формы управленческой деятельности в образовании, а также современные формы сетевого менеджмента;

средства: традиционные средства инновационного менеджмента, а также проблемно-ориентированный информационно-аналитический Интернет-портал РОК и построенная на его основе интеллектуальная система управления инновационным развитием РО;

методы: традиционные методы управления процессами в системе образования, а также метод построения интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО, предполагающий реализацию механизма синтеза цели управления, динамической экспертной системы, методов самоорганизации, принятия решений и прогнозирования, объединённых в рамках функциональной структуры П.К. Анохина;

результаты: перспективная интеллектуальная система управления инновационным развитием РО, обладающая способностью к опережающей подготовке специалистов с профессиональными умениями и навыками, которые позволят им работать в тех областях знания и компетенций, которые ещё только появятся к моменту их выпуска;

временна́я структура деятельности:

1-й этап: изучение особенностей инновационного развития РО в условиях информационного общества, исследование условий формирования и развития ИКОП, оценка его инновационного потенциала;

2-й этап: создание проблемно-ориентированного информационно-аналитического Интернет-портала РОК как ключевого системообразующего элемента инновационной инфраструктуры ИКОП, образование на базе портала РОК виртуальных и реальных инновационных научно-образовательных кластеров;

3-й этап: конструирование перспективной интеллектуальной системы управления инновационным развитием РО, обладающей способностью к опережающей подготовке специалистов с профессиональными умениями и навыками, которые позволят им работать в тех областях знания и компетенций, которые ещё только появятся к моменту их выпуска.

Концепция информационно-аналитического Интернет-портала РОК. Жизненно важным для российской экономики сегодня является вопрос: отвечает ли созданная в России инновационная инфраструктура сложившейся модели экономического развития и её развитию на среднесрочную перспективу? Исследование "Повестка развития инновационной инфраструктуры в Российской Федерации" констатирует отсутствие в РФ институциональной основы инновационной деятельности и инновационной инфраструктуры [20].

Новый положительный импульс инновационному развитию образования должно придать создание единого общероссийского информационно-аналитического Интернет-портала РОК — ключевого системообразующего элемента инновационной инфраструктуры ИКОП [12]. Важнейшей общественно-политической задачей портала РОК является содействие реализации государственной образовательной политики. Главная научно-практическая задача портала заключается в содействии формированию и развитию ИКОП, накоплении, хранении и актуализации информации по вопросам обеспечения социальной и духовной консолидации, конкурентоспособности и безопасности нации, личности, общества и государства воспитанием, социально-педагогической поддержкой становления и развития высоконравственного, ответственного, творческого, инициативного, компетентного гражданина, создании уникальной по содержанию и объёму базы данных по проблемам образования.

Стратегия развития портала РОК предполагает активизацию деятельности органов государственной власти и местного самоуправления, субъектов РОК, научно-исследовательских и производственных организаций и граждан в ИКОП. На стадиях роста и зрелости портала основной вклад в формирование контента портала будут вносить своими действиями его участники и пользователи по схеме краудсорсинга. Финансирование функционирования и развития портала в значительной мере должно осуществляться по схеме краудфандинга. Взаимоотношения портала с участниками портала строятся по схеме аутсорсинга. Как аутсорсер, портал РОК предлагает всем своим участникам самый широкий спектр услуг и ресурсов, вплоть до создания и обеспечения функционирования их автономных Интернет-представительств в рамках портала. Участники портала, заключившие с порталом договор на создание, техническую поддержку и развитие их Интернет-представительств, приобретают широкий комплекс конкурентных преимуществ.

На базе портала РОК образуются системы виртуальных и реальных инновационных научно-образовательных кластеров — динамических объединений юридически независимых субъектов РОК, научно-исследовательских и производственных организаций, а также соответствующих институциональных субъектов, основанных на их общих экономических и иных интересах и согласованных представлениях о содержании совместно реализуемых ими инновационных процессов в образовательной сфере, системы средств и компетенций которых образуются пересечением автономных систем целей их участников, отношения между которыми, а также между ними и другими экономическими субъектами, возникают и развиваются преимущественно в информационно-коммуникационном пространстве.

Основными направлениями взаимодействия между субъектами РОК и научно-исследовательскими и производственными организациями в рамках инновационных научно-образовательных кластеров являются: реализация образовательных программ по приоритетным для производственных организаций направлениям опережающей подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров, прежде всего инженерных; совместное проведение прикладных научных исследований; интеграция и кооперативное использование научно-информационных ресурсов, инновационной инфраструктуры субъектов РОК и материально-технической базы научных и производственных организаций в интересах науки и бизнеса.

В результате развития интеграционных процессов, инициируемых порталом РОК, в ИКОП

возникает мощный позитивный синергетический эффект. Реализация синергизма в ИКОП способствует повышению эффективности функционирования рынка образовательных услуг и товаров образовательного назначения.

Большое положительное влияние на развитие РОК будет оказывать организованная по схеме ноосорсинга инновационная деятельность формирующегося на базе портала РОК экспертного профессионального Интернет-сообщества.

Библиографические ссылки

1. **Указ** Президента Российской Федерации от 01.04.1996 г. № 440 "О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию".

2. **Николаев А.И.** Инновационное развитие и инновационная культура // Проблемы теории и практики управления. 2001. № 5. С. 75—79.

3. **Кастельс М.** Галактика Интернет: Размышления об Интернете, бизнесе и обществе. Екатеринбург: У-Фактория, 2004. 328 с.

4. **Прогноз** долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf (дата обращения: 04.03.2016).

5. **Урсул А.Д.** Информатизация общества и переход к устойчивому развитию цивилизации // Вестник российского общества информатики и вычислительной техники. 1993. № 1—3. С. 35—45.

6. **Колин К.К.** Информатика в системе опережающего образования. Доклад на II межд. Конгрессе ЮНЕСКО "Образование и информатика" // Вестник российского общества информатики и вычислительной техники. 1996. № 3. С. 19—39.

7. **Урсул А.Д.** Образовательная революция XXI века в перспективе устойчивого будущего: Образование для устойчивого развития: футуризация и инновационно-опережающие процессы // Знание. Понимание. Умение. 2009. № 2. С. 11—19.

8. **W. Chan Kim, Renée Mauborgne**. Blue ocean strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make Competition Irrelevant. Boston: Harvard Business School Press, 2005. 240 p.

9. **Путин В.В.** Послание Президента Федеральному Собранию (4 декабря 2015 г.) [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://kremlin.ru/events/president/news/47173 (дата обращения: 04.03.2016).

10. **О Национальной** технологической инициативе: Стенограмма Заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (16 октября 2015 г.) [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.i-russia.ru/all/weekthemes/28698 (дата обращения: 04.03.2016).

11. **Мешков Н.А., Матвеев А.С.** Концепция инновационного развития регионального масс-медийного комплекса в условиях информационного общества // Бизнес-информатика. 2013. № 2. С. 19—26.

12. **Мешков Н.А.** Методология управления инновационным развитием образования в условиях информационного общества // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 11 (77). С. 16—26.

13. **Мешков Н.А.** Постановка и решение задачи прогнозирования в интеллектуальной системе управления инновационным развитием российского образовательного комплекса в условиях информационного общества // Качество. Инновации. Образование. 2013. № 12 (103). С. 3—8.

14. **Мешков Н.А.** Применение подхода самоорганизации при решении задачи прогнозирования в интеллектуальной системе управления инновационным развитием российского образовательного комплекса в условиях информационного общества // Качество. Инновации. Образование. 2014. № 1 (104). С. 18—23.

15. **Meshkov N.A.** Application of self-organization approach for solving the problem of forecasting in an intelligent management system of innovative development of the russian medical-industrial complex in the information society // Инновационные информационные технологии. 2014. № 3. С. 346—350.

16. **Мешков Н.А.** Пути и перспективы модернизации и инновационного развития российского образования в условиях информационного общества // Инновации в образовании. 2014. № 3. С. 141—150.

17. **Мешков Н.А.** Методологические основы построения интеллектуальной системы управления инновационным развитием российского образовательного комплекса в условиях информационного общества // Инновации в образовании. 2014. № 4. С. 163—173.

18. **Мешков Н.А.** Развитие и модернизация библиотечного дела в информационном обществе // В сб.: Актуальные проблемы современного российского общества: труды межд. науч.-практ. конф. М., 2014. С. 49—55.

19. **Рогачёва Л.И., Фадеева О.М.** Формирование и развитие регионального информационно-коммуникационного образовательного пространства // В сб.: Современные аспекты фундаментальных наук: труды второго межд. симпозиума. М., 2015. С. 179—184.

20. **Повестка** развития инновационной инфраструктуры в Российской Федерации: Резюме отчёта о деятельности Проектного офиса ОАО "РВК" и Минэкономразвития России по развитию объектов инновационной инфраструктуры за период 08.2014—06.2015 / А.Е. Шадрин, Е.Б. Кузнецов, В.Н. Княгинин и др. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.csr.ru/assets/%D0 %94 %D0 %BE%D0 %BA%D0 %BB%D0 %B0 %D0 %B4_%D0 %98 %D0 %98_%D0 %A0 %D0 %A4_%D0 %A6 %D0 %A1 %D0 %A0.pdf (дата обращения: 04.03.2016).

УДК 519.816:681.51

В.А. Елисеев, д-р техн. наук, проф.
(ЗАО "Институт инновационно-технологического менеджмента", г. Москва)
dr.ye@mail.ru

ВЕДОМСТВЕННАЯ ЭКСПЕРТИЗА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ

Проведён анализ особенностей слабоструктурированности, онтологии и когнитивности (в задачах поддержки управляющих решений в сфере инновационного развития), методов экспертных оценок и математико-статистических процедур получения групповых экспертных оценок. Отмечены принципы и система организации отечественной научно-технической экспертизы. Рассмотрены ведомственная научно-техническая экспертиза на железнодорожном транспорте, а также экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий для строительства и реконструкции объектов, финансируемых за счёт средств инвестиционного бюджета ОАО "РЖД".

Ключевые слова: инновация; принятие решения; слабоструктурированность; когнитивность; экспертиза; железнодорожный транспорт.

The features analysis of the weak structuring, ontology and cognition (in the support tasks of the management decisions in the field of innovative development), methods of expert estimations and mathematical and statistical procedures for obtaining of the expert group estimates is carried out. The organization principles and system of the national scientific and technical expertise are noted. The departmental scientific and technical expertise in railway transport, as well as the project documentation and engineering investigation results examination for the objects construction and reconstruction, financed at the expense of the investment budget of JSC "Russian Railways" are considered.

Keywords: innovation; decision-making; weak structuring; cognition; expertise; railway transport.

Введение. Одним из важнейших направлений разработки информационных систем организационного управления инновационным развитием является разработка систем поддержки принятия решений (СППР). Поскольку процесс принятия решений во многих реальных СППР несёт в себе высокую степень неопределённости, то в большинстве случаев акцент сделан на поддержке процесса выбора (наилучшей альтернативы из совокупности альтернатив) экспертом или лицом, принимающим решение.

Таким образом, предполагается, что возможные альтернативные решения уже существуют и могут быть проанализированы кем-либо (и/или компьютером) на предмет сравнения их преимуществ и недостатков. Однако в реальной ситуации эти альтернативные варианты необходимо отыскать. Трудности, возникающие при решении конкретных проблем, привели к появлению способов снижения существующей неопределённости и тем самым оказания помощи соответствующим лицам в принятии решений.

В статье сделана попытка раскрыть специфику и особенности ведомственной экспертизы в ОАО "РЖД" для поддержки управляющих решений в сфере инновационного развития существующими методами экспертных оценок в системе организации отечественной научно-технической экспертизы.

Слабоструктурированность, онтология и когнитивность в задачах поддержки управляющих решений в сфере инновационного развития. Методы экспертных оценок, метод Дельфи, математико-статистические процедуры получения групповых экспертных оценок. Задачи инновационного развития группируют и подразделяют на три составляющие: неструктурированные, структурированные и слабоструктурированные.

Неструктурированные задачи — это когда количественные зависимости между основными характеристиками таких задач неизвестны, задачи имеют только качественное описание, основанное на суждениях лица, принимающего решения (в цели статьи не входит рассмотрение таких задач и волюнтаристических подходов к их решению).

Структурированные задачи характеризуются определёнными зависимостями, которые могут быть выражены количественно. Известно, что, например, исследование операций используется как научный метод выработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию решений, при этом важность количественного фактора и целенаправленность сформулирован-

ных рекомендаций превращают искусство принятия решений в математическую дисциплину и позволяют определить метод уже в качестве теории принятия оптимальных решений.

Большинство практически реализованных СППР акцентированы на решение задачи принятия решений в условиях многокритериальности. Процесс принятия решений состоит из двух этапов: формирования решения (разработка альтернатив) и выбора альтернатив. Кроме того, эффективная СППР должна быть совместима с компьютерными приложениями поддержки и решения проблем. Взаимодействие таких приложений может быть рассмотрено на основании *онтологического подхода* к созданию СППР. Понятие "*онтология*" многозначно.

В настоящее время под *онтологией* понимают формализованное представление некоторой предметной области, её структурное описание, которое представляет собой систему понятий (объектов), свойств этих объектов, отношений между этими объектами и утверждений (основанных на свойствах этих объектов и отношениях между ними). Возможность формализации конкретной области знаний даёт широкий простор для деятельности разработчиков систем, но вместе с тем их различные целевые установки привели к различным акцентам построения онтологий. В частности, слово "онтология" стали использовать как средство: классификации объектов предметной области — "Онтология как классификация..."; разработки структур баз знаний — "Онтология как база знаний"; выработки единых понятий и моделей предметной области для общения специалистов с различной профессиональной подготовкой (например, аналитика и лица, принимающего решение) — "Онтология как средство общения различных специалистов" [1]. Для корректности следует отметить, что в теории принятия решений дополнительно рассматриваются модели и иерархия онтологий.

Слабоструктурированные задачи занимают промежуточное положение между предыдущими двумя составляющими и являются задачами, сочетающими количественные и качественные зависимости, причём малоизвестные и неопределённые стороны задач имеют тенденцию доминировать (а в этом случае исследование операций и онтология "работать" не могут — математика и компьютеры бессильны).

Слабоструктурированный — плохо или частично структурированный; имеющий неполную, незаконченную структуру; плохо или трудно поддающийся структуризации, формализации. Сложности реализации процедур решения трудно формализуемых задач связаны с наличием неполной и нечёткой информации (как о создаваемой технической системе, так и о методах её синтеза), и поэтому эти задачи плохо поддаются математическому моделированию.

При принятии решений в *слабоструктурированных* ситуациях лицо, принимающее решение, или эксперт сталкиваются, с одной стороны, с отсутствием формальных моделей, адекватно соответствующих проблемной ситуации, а с другой — его знания и опыт помогают ему сформировать некую гипотетическую ситуацию, руководствуясь которой он и принимает решение. Вот эта гипотетическая образная модель, построенная в основном на некоторых базовых понятиях, характеризующих ситуацию, и на причинно-следственных связях между ними, и образует *когнитивный* образ ситуации — её *когнитивную* модель.

Другими словами, *когнитивный* образ ситуации, существующий в сознании конкретного эксперта или лица, принимающего решение, можно формализовать, используя математический аппарат теории графов и построив *когнитивную карту*, выявляющую причинно-следственные связи между определёнными факторами в задачах поддержки решений в слабоструктурированных ситуациях, так как эти карты позволяют отобразить в формальном виде упрощённое, схематическое состояние проблемной ситуации, как её видят эксперты или лицо, принимающее решение. *Когнитивные карты* могут быть получены путём прямого опроса экспертов (или лиц, принимающих решение) и отражать описательный подход к сложившейся ситуации в принятии решения.

Перспективным для построения когнитивных карт является использование онтологий предметной области решений и построение соответствующих справочников факторов (переменных, параметров, концептов), характеризующих проблемную ситуацию. В этом случае эксперт, просматривая справочники, может выделить из них перечень тех понятий (факторов), которые, как он считает, влияют на решение проблемы, затем разделить факторы на классы (в соответствии с их ролью в решении задачи) и из списка базисных факторов выделить класс целевых факторов (отражающих в той или иной мере поставленные цели; при этом какие-то целевые факторы могут быть управляющими, внешними или индикаторами), рассматривая целевые факторы в качестве "выходных" параметров системы.

Другой подход к выделению базисных факторов основан на применении PEST-анализа, выделяющего четыре основные группы факторов, которые определяют поведение исследуемого объекта: Policy (политика), Economy (экономика), Society (общество, социокультурный аспект), Technology (технология).

Ещё один подход к решению проблемы представляет SWOT-анализ. Он предполагает анализ проблемной ситуации с точки зрения

рассмотрения сильных и слабых сторон сложившейся ситуации, а также возможности и угрозы: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (недостатки, слабые стороны), Opportunities (возможности), Threats (угрозы).

Пока отсутствует единая методология когнитивного моделирования, но можно выделить шесть этапов его проведения: 1) когнитивная структуризация задачи (шаг 1 — анализ конкретной ситуации и выделение базисных факторов, шаг 2 — группирование факторов по классам: целевым, управляющим, внешним, индикаторам); 2) установление и обоснование связей между факторами; 3) структурный анализ когнитивной карты проблемной ситуации; 4) исследование тенденций развития ситуации; 5) оценка результатов моделирования и отбор альтернатив для анализа лицом, принимающим решение; 6) оценка достоверности результатов моделирования [1].

Именно слабоструктурированные задачи особенно характерны для задач организации управления инновационным развитием, которые требуют безусловного решения в рамках аналитической системы управления этим развитием. При этом для эффективного управления инновационным развитием необходим подход, который ориентирован на качественно-количественный анализ сложных многофакторных ситуаций, интерпретируемых как слабоструктурированные системы.

Такой анализ проводится в рамках базирующейся на когнитивном подходе экспертизы, в рамках которой определяются и оцениваются тенденции научно-технического развития, а также вырабатываются принимаемые меры и создаётся информационная база системы управления, призванная формализовать экстремизацию (минимаксность) оценочных величин в слабоструктурированных задачах. Имеется в виду обоснованное группирование и перераспределение инновационного потенциала в определённых/заданных начальных и граничных условиях. Таким образом, вследствие слабоструктурированности задач (определяемой сложностью проблемы, её новизной, недостаточностью имеющейся информации, невозможностью математической формализации процесса решения) приходится обращаться к рекомендациям компетентных специалистов,— экспертам. Решение задачи экспертами, аргументация, формирование количественных оценок, обработка этих оценок формальными методами получили название метода экспертных оценок.

Основные понятия метода экспертных оценок. Метод экспертных оценок включает в себя три составляющие:

1. *Интуитивно-логический анализ задачи (когнитивный подход).* Строится на логическом мышлении и интуиции экспертов, основан на их знании и опыте. Этим объясняется высокий уровень требований, предъявляемых к экспертам.

2. *Решение и выдача количественных или качественных оценок.* Эта процедура представляет собой завершающую часть работы эксперта, который формирует решение по рассматриваемой проблеме и даёт оценку ожидаемых результатов.

3. *Обработка результатов решения (математические процедуры получения групповых оценок).* Для получения итогового результата все экспертные оценки должны быть математически обработаны. В зависимости от поставленной задачи определяется количество выполняемых на этом этапе расчётных и логических процедур, а для обеспечения оперативности и минимизации ошибок целесообразно использование вычислительной техники.

В условиях недостаточно полной и недостоверной информации метод экспертных оценок, как правило, даёт вполне приемлемые результаты. В настоящее время, характеризующаяся ускорением инновационного развития, появлением новых проблем организационного, технического, технологического, экономического, социального и другого плана сфера применения метода расширяется [2].

Приведём некоторые примеры задач, при решении которых могут использоваться экспертные оценки: выбор вариантов технического и социально-экономического развития железных дорог; отбор проектов при проведении тендеров; отбор заявок на получение грантов; формирование тематики НИОКТР; уточнение стратегических целей (например, ОАО "РЖД") и т. п. Для решения подобных задач могут использоваться различные формы проведения экспертизы: дискуссия, анкетирование, интервьюирование, "мозговой штурм", совещание, деловая игра и др. Иногда различные формы используются в комплексе.

Распространённой формой проведения экспертного оценивания признан ***метод Дельфи*** — систематический способ обобщения оценок экспертов, являющийся наиболее формальным из всех экспертных. Он наиболее часто используется в технологическом прогнозировании. Метод Дельфи, реализуя заочность, многоуровневость и анонимность, имеет несомненные преимущества по сравнению с методами, основанными на статистической обработке результатов индивидуальных опросов; позволяет уменьшить колебания по всей совокупности индивидуальных ответов, ограничивает колебания внутри групп, когда с помощью серии последовательных действий (опросов, интервью, мозговых штурмов) добиваются максимального консенсуса при определении правильного решения.

Базовый принцип метода — наличие некоторого количества независимых экспертов (часто

не знающих друг друга), которые лучше оценивают и предсказывают результаты, чем структурированная группа (коллектив). Используемые процедуры характеризуются регулируемой обратной связью, проводимой в несколько туров опроса, причём результаты каждого тура обрабатываются статистическими методами и сообщаются экспертам.

Во втором и последующих турах эксперты аргументируют свои ответы, получая возможность пересмотреть первоначальные ответы. От тура к туру ответы экспертов носят всё более устойчивый характер и, в конце концов, перестают изменяться, что служит основанием для прекращения опросов.

Практика показывает, что обычно проводится три-четыре тура опросов, так как в дальнейшем оценки перестают изменяться.

Особенность коллективного нахождения перспективных решений методом Дельфи заключается в экстерриториальном индивидуальном опросе экспертов (без их сбора в одном месте и опросе, например, посредством электронной почты), исключая непосредственный контакт экспертов между собой. Это позволяет избежать прямых дискуссий с открытым контрпродуктивным взаимодействием носителей противоположных мнений/позиций и внутригруппового влияния (которое возникает при совместной работе и состоит в произвольном или непроизвольном принятии мнения авторитетов или большинства).

Собранные при опросе экспертов варианты их ответов подвергаются статистической обработке и в обобщённом виде направляются каждому эксперту при личном общении с ним или по почте (например, электронной) с предложением пересмотреть/уточнить своё мнение (процедура, как отмечалось, может повторяться).

Считается, что метод Дельфи наиболее применим, во-первых, если к работе привлекаются эксперты, компетентные не по всей проблеме, а по её различным составляющим, и, во-вторых, он способствует выработке независимости мышления членов группы, обеспечивает групповую объективность оценки. Однако из-за субъективности оценок каждым экспертом реализация метода требует много времени и организационных усилий, поэтому на уровне, например, ведомственной экспертизы используют альтернативные методики, связанные с выбором из числа ожидаемых наиболее реального варианта инновационного развития.

Этапы подготовки и проведения экспертизы. Качество получаемых экспертных оценок в значительной степени определяется подготовкой экспертизы, а также применяемыми методами обработки информации, получаемой от экспертов. Единых правил подготовки и проведения экспертизы нет. Однако можно выделить основные этапы её подготовки и проведения. К ним относятся:

формулирование цели экспертного анализа;

формирование группы организаторов экспертизы (т. е. рабочей группы для сбора и обобщения мнений экспертов);

разработка процедур проведения экспертной оценки;

подбор экспертов (формирование экспертной группы из специалистов, владеющих спецификой обсуждаемой темы);

подготовка анкеты с обозначением в ней проблемы и уточняющих вопросов (формулировки должны быть чёткими и однозначно трактуемыми, предполагать однозначные ответы);

получение экспертных оценок (проведение опроса экспертов в соответствии с методикой, предполагающей при необходимости повторение процедуры; полученные ответы служат основой для формулирования вопросов для следующего этапа);

обработка результатов опроса, обобщение экспертных заключений и анализ полученных данных;

установление степени достижения цели экспертизы и выдача рекомендаций по выдвинутой проблеме.

Получение экспертных оценок, понятие шкалы и типы шкал. Рациональное использование информации, получаемой от экспертов, возможно при условии преобразования её в форму, удобную для дальнейшего анализа. Формализация информации должна быть направлена на подготовку решения таких задач в рамках СППР, которые не могут быть в полной мере описаны математически.

Одна из главных трудностей при оценивании состоит в том, что помимо явлений, объектов, факторов, состояние которых может быть выражено количественно (в руб., долл., кг, км, процентах и т. п.), приходится оценивать качественные факторы, уровень которых нельзя точно определить. Часть информации, не поддающуюся количественному измерению, необходимо представить в виде косвенных оценок. Если эксперт способен сравнить и оценить какие-либо объекты, явления, факторы, варианты действий, приписав каждому из них какое-либо число, то говорят, что он обладает определённой системой предпочтений. В зависимости от того, по какой шкале заданы эти предпочтения, экспертные оценки содержат больший или меньший объём информации и обладают различной способностью к математической формализации.

Различают четыре типа шкал как инструмента (принятой системы правил) оценки (измерения) каких-либо объектов или явлений: номинальную, порядковую, интервальную и шкалу отношения.

Способы измерения объектов. Формирование экспертных оценок зависит от способов (техники) измерения объектов, позволяющих расположить объекты на порядковой или интервальной шкале, поскольку именно такой тип оценок чаще всего используется при проведении экспертизы. Это объясняется тем, что оценка по номинальной шкале предполагает лишь два варианта ответов — "да" или "нет", а по шкале отношения измеряются факторы, имеющие количественный характер, значения которых можно получить расчётным путём без использования экспертных оценок. Из способов оценки по порядковой или интервальной шкале наиболее часто применяют ранжирование, парное сравнение и непосредственную оценку.

Процедуры обработки результатов опроса экспертов. На базе количественных и качественных методов индивидуальных экспертных оценок получают обобщённую информацию об исследуемом объекте (явлении) и формируют решение, задаваемое целью экспертизы. Выбор того или иного метода зависит от сложности решаемой проблемы, формы, в которой представлены мнения экспертов, целей экспертизы. Чаще всего при обработке результатов опроса используют методы математической статистики.

В зависимости от целей экспертизы при обработке оценок могут решаться проблемы формирования обобщённой оценки, определения относительных весов факторов (объектов); установления степени согласованности мнений экспертов и др. При формировании обобщённой оценки группы экспертов обычно используют средние величины (например, медиана) или точечную оценку для группы экспертов (среднее арифметическое). Иногда требуется определить, насколько тот или иной фактор (объект) важен (существенен) с точки зрения какого-либо критерия (т.е. нужно определить относительный вес каждого фактора, объекта): один из методов определения весов состоит в оценке среднего арифметического весов, подсчитанных по оценкам каждого эксперта.

Установление степени согласованности мнений экспертов необходимо в случае участия в опросе нескольких экспертов, когда расхождения в их оценках неизбежны, но величина этого расхождения имеет существенное значение. Групповая оценка может считаться достаточно надёжной только при условии согласованности ответов отдельных специалистов. Для анализа разброса и согласованности оценок применяют статистические характеристики — так называемые меры разброса (меры согласованности мнений экспертов): вариационный размах, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, методы ранжирования с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмэна или коэффициента конкордации.

Принципы и система организации отечественной научно-технической экспертизы [3]. В последнее время назрела необходимость создания единой системы государственной экспертизы (ГОЭ), которая охватывала бы разные сферы деятельности. Вызвано это, в первую очередь, осложняющимся положением дел с оценкой тех или иных проблемных ситуаций, недостаточным обоснованием соответствующих управленческих решений и, как следствие, снижающейся эффективностью расходования значительных бюджетных средств, выделяемых на развитие отраслей экономики, с очевидными последствиями для планируемых инфраструктурных преобразований, технологической модернизации, достижения социальной стабильности, общей безопасности, роста качества жизни и т. д.

На повестку дня поставлены актуальные вопросы разработки принципов организации и проведения ГОЭ, формирования единого технологического цикла работ, определения главных его участников, утверждения их прав, обязанностей и выполняемых функций, официального закрепления всех этих нормативов в стандартах, регламентах, положениях и, в конечном счёте, — в модельных (желательно и в федеральных) законах. На концептуальном уровне Многоотраслевая система государственной экспертизы (*система*) будет определена, если определены её цель, состав, структура, задачи и функции, объекты экспертизы, субъекты — участники экспертного процесса, принципы организации, методология, технологическая база, материально-техническая база, правовое обеспечение.

В общем представлении целью (или главной целевой установкой) системы должно стать возможно более полное устранение неопределённостей, возникающих в ходе подготовки и принятия ответственных управленческих решений применительно к складывающимся обстоятельствам, и повышение благодаря этому качества и объективности таких решений. Экспертиза должна не только выступать в качестве инструмента поддержки и улучшения принимаемых решений, но и в значительной степени способствовать их понятности и объяснимости.

Состав системы должен представлять собой объединение отраслевых (специализированных, профильных, предметных) систем ГОЭ, функционирование которых связано со спецификой тех отраслей экономики и направлений деятельности государства и общества, которые нуждаются в экспертных исследованиях и оценках (например, "региональное развитие", "транспорт", "образование и наука", "промышленность и торговля", "экологическая безопасность" и др.).

Отраслевые системы становятся подсистемами всей системы, построенными по единым организационным принципам, использующими

присущие им технологические приёмы проведения экспертиз, взаимодействующими с профессиональными экспертными сообществами, ориентированными на унифицированные формы представления результатов, базирующимися на применении автоматизированных систем поддержки экспертного процесса и управления им. В свою очередь, каждая отраслевая система (далее — подсистема первого уровня или *подсистема-1*) подразделяется на собственные подсистемы ("рабочие" или "обеспечивающие"), к числу которых могут относиться блоки взаимодействия с экспертами, анализа и обработки получаемых данных, технического сопровождения проводимых работ и т. д. (*подсистемы-2, 3, ...*).

Структура рассматриваемой системы характеризуется множественностью и разветвлённостью информационных, функциональных, административных связей между составляющими её подсистемами. В какой-то мере прообразом этой схемы могут служить начальные варианты проекта Государственной системы учёта результатов интеллектуальной деятельности (РИД) и научно-технической деятельности (РНТД), не получившего пока окончательного завершения, но позволившего заметно продвинуться в разработках средств автоматизации решения организационных задач.

Теоретически, каждая экспертная система призвана решать задачи распознавания, ответив на вопрос: обладает ли данный экспертируемый объект (ЭО) соответствующими свойствами (особенностями, характерными признаками) и в какой мере?

Контуры задач ГОЭ, а также сведения о сопровождающих её процессах позволяют судить о функциях системы как исполнительных механизмах достижения поставленной перед ней главной цели. При этом необходимо различать административные, производственные, контрольные и даже вспомогательные функции, выполняемые разными звеньями сложной системы. Значительную их часть легко представить, исходя из имеющегося опыта экспертной работы, какая-то часть определяется концептуально и связывается с дополнительно появляющимися задачами системы, поэтому подробный анализ функций станет возможным лишь позднее, при проведении конкретных разработок.

Объекты экспертизы (многоотраслевой) не только определяют её "лицо" во многих отношениях, но и служат основой формирования каждой отдельно взятой подсистемы-1 (т.е. основой структурирования системы) применительно к текущим и прогнозируемым запросам (вызовам, обстоятельствам), отражаемым в проводимой государством политике. В качестве примеров можно назвать и материальные, и нематериальные объекты — инфраструктурные решения, производственные комплексы, разного рода проекты, фундаментальные научные результаты, технологические платформы и многое другое. Группируемые по характерным признакам они становятся продуктом развития отраслей экономики (машиностроение, транспорт, энергетика), направлений профессиональной деятельности (образование, наука, законотворчество), общественных движений (экология, культурные традиции и др.).

При всех явных различиях здесь присутствует главный объединяющий фактор: подвергаясь (если необходимо) экспертному оцениванию, эти объекты должны рассматриваться как сложные системы, трудно поддающиеся описанию "в деталях" и потому исследуемые специально в рамках задач, обсуждавшихся выше. Это открывает перспективы унификации подходов к экспертизе, казалось бы, в несопоставимых условиях с последующим созданием средств её поддержки на единой функциональной основе, но с сохранением своеобразия каждого ЭО, что находит своё отражение в предмете конкретного экспертного исследования (т.е. в том, что нужно обнаружить и изучить в данном ЭО). В итоге возникают системные эффекты, приводящие сначала к построению подсистем-1, а затем — и всей системы.

Что касается субъектов — участников экспертного процесса, есть все основания сохранить вполне понятную и оправдавшую себя на практике схему взаимодействия заказчика экспертизы, её организатора и экспертов — непосредственных исполнителей оценочной работы. Заказчиком, как правило, является юридическое лицо (например, орган исполнительной власти федерального уровня), заинтересованное в независимом экспертном оценивании определённого ЭО и располагающее необходимым административным, финансовым, информационным ресурсом. В роли организатора выступает другое юридическое лицо, выполняющее организационно-технические и аналитические функции по поручению заказчика. Коллектив экспертов представляют специалисты в соответствующей области знания, приглашаемые для изучения материалов, относящихся к ЭО, их обобщения и подготовки заключений о возможной дальнейшей судьбе ЭО.

Все вместе указанные субъекты обязаны обеспечить соблюдение общих принципов государственной экспертизы, к числу которых относятся как уже встречавшиеся (сформулированные) в разных источниках (публикациях, документах, законодательных инициативах, относящихся к сфере науки), так и отражающие предлагаемую идею системы. В качестве необходимых должны быть приняты следующие принципы:

статусность экспертизы ("государственная"), отражённой в её названии и устанавливающих её актах;

ГОЭ, предусматривающая необходимость её проведения при подготовке решений органами власти и другими структурами;

повторяемость ГОЭ в случаях возникновения спорных (конфликтных) ситуаций, нарушения требований нормативных документов, появления иных непредвиденных препятствий;

независимость и правовая защищённость участников экспертного процесса при выполнении ими своих функций;

единство нормативно-методической и организационной базы экспертной деятельности как системообразующего фактора, способствующего сопоставимости и объяснимости оценок и заключений, получаемых от разных источников;

объективность, научная обоснованность, доказательность выводов экспертизы, приравнивающих её к разновидности научного исследования, проводимого в определённой обстановке;

кадровая обеспеченность экспертной работы, требующей внимательного профессионального отбора претендентов для её выполнения и взаимодействия с ними в рамках устанавливаемых служебных, договорных и иных отношений;

"прозрачность" экспертного процесса на всех его этапах при соблюдении условий и ограничений, устанавливаемых законодательством РФ;

введение необходимых норм безопасности при изучении, испытаниях, эксплуатации объектов, прошедших ГОЭ;

информационное и иное взаимодействие подсистем-1 в ходе выполнения ими совместных или родственных экспертных заданий, а также других предметных и организационных задач;

унификация правил, способов, средств отображения и представления результатов экспертизы её заказчикам и другим заинтересованным лицам согласно действующим (утверждённым) нормативным документам;

экономическая эффективность экспертизы, позволяющей достичь приемлемого соотношения затрат на её организацию и проведение с получаемой экономией (бюджетных) средств при отрицательных выводах относительно ЭО и отклонении предложений о дальнейшей работе над ним;

использование современных информационных технологий и средств автоматизации процессов взаимодействия участников организационных и экспертных работ как основы эффективного функционирования системы.

Несмотря на декларативный характер обозначенных принципов, их принятие помогает выстраивать *методологию* экспертизы, которая всегда привлекала внимание исследователей, даже если была абстрагирована от какой-либо практики. Методологические вопросы всегда будут актуальны. В общем виде они находят отражение и объяснение в перечне основных этапов экспертного процесса, реализация которых возлагается на систему и её подсистемы-1 независимо от содержания решаемых предметных задач. Такими этапами должны стать:

выбор ЭО и представляющей его информации заказчиком экспертизы (описание ЭО, заявленные характеристики, заложенный потенциал и т. п.); этим определяются направления дальнейшей работы и информационные рамки, в которых она будет проводиться;

разработка организатором экспертизы анкеты эксперта с перечнем вопросов и вариантов ответа на них применительно к ЭО, а также инструкций по заполнению анкеты и оформлению результатов оценивания ЭО;

согласование разработанных форм анкеты и инструкций с заказчиком экспертизы и их утверждение в качестве официальных документов;

формирование организатором экспертизы группы (коллектива) экспертов для оценки ЭО в соответствии с утверждёнными документами и обсуждение её состава с заказчиком;

получение согласия экспертов на выполнение работы по оценке ЭО и заключение договоров с ними от имени организатора экспертизы;

выдача организатором экспертизы заданий экспертам согласно заключённым договорам и всех сопутствующих материалов (анкет, инструкций, исходной информации об ЭО);

подготовка экспертами ответов на вопросы анкеты путём выбора альтернативных вариантов (из содержащихся в анкете), выставление оценок с краткими комментариями к своим решениям;

оформление экспертами подготовленных решений относительно ЭО в форме, установленной инструкцией (с приложением краткого комментария), передача (в электронном виде) этой информации организатору экспертизы и завершение договорных отношений с ним;

анализ организатором экспертизы результатов, полученных экспертами, и подготовка на их основе исходных данных для окончательной машинной обработки;

машинная обработка данных экспертизы и отображение итогового результата в удобной для восприятия (желательно графической) форме; анализ организатором экспертизы указанного результата, подготовка аналитической записки для заказчика с приложением всех полученных материалов и их окончательное документальное оформление;

создание архивной копии оформленного пакета документов и официальная передача его заказчику экспертизы.

Серьёзного внимания требует также необходимость (целесообразность) разделения экспертного процесса на "быструю" и "медленную" составляющие. Ещё один проблемный момент

возникает при расхождениях между выводами обязательной ГОЭ и какими-либо дополнительными соображениями, влияющими определённым образом на позиции её заказчика, принимающего соответствующие (управленческие) решения. Приемлемым выходом из подобных спорных ситуаций считается организация повторной экспертизы, которая должна (в идеале) устранить наметившиеся разногласия.

Следует отметить, что *технологическая база системы* формируется как площадка для применения современных и различных по своему назначению информационных технологий, поскольку сама система представляет собой, по сути, систему преобразований информации и организации информационных обменов.

Материально-техническая база рассматриваемой системы строится в соответствии с применяемыми технологическими приёмами решения стоящих перед системой задач и представляет собой объединение технических средств, относящихся к подсистемам второго и последующих уровней.

Вопросы *правового обеспечения* многоотраслевой ГОЭ экспертизы сложны, многоаспектны и могут стать предметом серьёзного обсуждения. Наилучшим вариантом следовало считать законодательную инициативу, которая привела бы к началу разработки и последующему принятию соответствующего Федерального закона подобно тому, как это сделала 10 лет назад Межпарламентская Ассамблея государств-участников СНГ, принявшая Модельный закон "О государственной экспертизе" (постановление № 20-7 от 07.12.02 г.), переданный затем и в Государственную Думу Федерального собрания РФ. За прошедшее с тех пор время многое изменилось, но остался невостребованным тот законотворческий опыт двенадцатилетней давности, который не утратил своей актуальности и сейчас, когда вновь обостряется проблема совершенствования многих направлений экспертной деятельности.

Нормативный документ такого высокого уровня, скорее всего, может появиться лишь в отдалённой перспективе, поэтому имеет смысл добиваться принятия предлагаемой концепции (после обсуждений) как рабочего документа с последующей подготовкой отраслевых Положений о ГОЭ, приказов Министерств (например, согласованного межведомственного приказа) и, наконец, правительственных постановлений, но главную роль всё-таки играет законодательная база.

Ведомственная научно-техническая экспертиза на железнодорожном транспорте. Экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий для строительства и реконструкции объектов, финансируемых за счёт средств инвестиционного бюджета ОАО "РЖД". Проведения ведомственной экспертизы в ОАО "РЖД" (в рамках рассмотренных методов экспертных оценок и системы), прямо или косвенно касается целый ряд организационно-распорядительных документов СППР (см. официальный Интернет-сайт ОАО "РЖД"), основные из которых хронологически представлены в документах [4—13].

В основном к вопросам ведомственной экспертизы имеют отношение два структурных подразделения центрального аппарата управления ОАО "РЖД" — *Департамент технической политики* и *Управление экспертизы проектов и смет*.

Деятельность Департамента технической политики связана с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), включая: организацию и проведение технической политики ОАО "РЖД". В своей экспертной деятельности Департамент технической политики в основном руководствуется документами [4—12], а также проводит первоначальную экспертизу заявок с привлечением экспертов.

Под заявкой понимается представленный функциональным заказчиком документ, включающий следующие сведения о предлагаемом к реализации инновационном проекте (работе): целевая задача, на решение которой направлен проект; перечень и описание совершенствуемых производственных и управленческих процессов; техническое задание на выполнение работ; план работ с указанием примерного размера необходимых денежных средств для каждого этапа; перечень объектов интеллектуальной собственности, которые должны быть созданы в результате выполнения работ; технико-экономическое обоснование или бизнес-план.

Функциональный заказчик — это структурное подразделение аппарата управления, дочернее общество ОАО "РЖД", инициирующее выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. В качестве эксперта могут выступать уполномоченные, осуществляющие экспертизу результатов инновационных проектов: филиал, другое структурное подразделение, дочернее общество ОАО "РЖД", сторонняя организация, обладающая необходимой компетенцией, или физическое лицо из числа учёных либо специалистов-практиков, имеющих признанный общественностью высокий уровень квалификации и авторитет.

Предметом экспертизы могут являться любые документы и процессы, относящиеся к выполнению инновационного проекта (работы), если это не противоречит нормам и правилам ограниченного обращения информации, установленным в ОАО "РЖД" и РФ. Эксперты могут

привлекаться на любом этапе подготовки и реализации инновационного проекта и выполнения работ, а также при анализе результатов по их завершении.

Департамент технической политики организует сплошной или выборочный контроль научно-технической продукции на всех стадиях реализации инновационных проектов с привлечением функционального заказчика, Центра инновационного развития, служб технической политики железных дорог, независимых экспертов.

В план научно-технического развития включаются относящиеся к основной деятельности ОАО "РЖД" следующие работы: разработка инновационных технических решений и приоритетных технологий; разработка нормативной, технической и технологической документации общекорпоративного значения; испытания и экспертиза технических средств (в том числе, предназначенных для пассажирских перевозок).

Параметрами отбора приоритетных работ являются: возможность инновационных преобразований на основе внедрения результатов работ; высокий коммерческий потенциал; способность к правовой охране результатов интеллектуальной деятельности; перспективы массового внедрения результатов работ; возможность осуществлять принципиально новые проекты; реальные сроки достижения целевых параметров; степень прогрессивности и новизны; необходимость научно-технической кооперации — в рамках компании, группы компаний, глобальная кооперация; преодоление зависимости от конкретного производителя, импорта продукции и услуг, высокой чувствительности к состоянию рынка.

Комплексом организационно-распорядительных документов предусмотрена разнообъектная (многоуровневая, разноплановая, многоаспектная, для полноты каждого документа часто повторяющаяся в формулировках) ведомственная экспертиза, показательным примером которой является экспертиза, проводимая в рамках Стандарта ОАО "РЖД" [10]. В стандарте отмечается, что научно-техническая экспертиза инновационных проектов проводится для установления их соответствия требованиям высокого технического уровня, новизны, перспективности, практической реализуемости, достижения заявленных технико-экономических характеристик и конкурентоспособности.

Ответственным за проведение научно-технической экспертизы инновационных проектов является Центр инновационного развития ОАО "РЖД". Порядок проведения экспертизы по каждому инновационному проекту и срок представления экспертного заключения определяются также Центром инновационного развития.

Проведение экспертизы может осуществляться одним экспертом или группой экспертов. По решению Центра инновационного развития к рассмотрению представленных в ОАО "РЖД" инновационных проектов могут привлекаться независимые эксперты. Порядок проведения независимой научно-технической экспертизы инновационного проекта осуществляется в соответствии с положениями, изложенными далее.

Центр инновационного развития устанавливает необходимость привлечения независимых экспертов, определяет квалификационные требования и условия привлечения экспертов к сотрудничеству, гарантирует конфиденциальность экспертизы и соблюдение прав на результаты интеллектуальной деятельности, приведённые в материалах заявки.

В случае проведения независимой экспертизы Центр инновационного развития обобщает представленные экспертами заключения. Результатом проведения научно-технической экспертизы инновационного проекта является составленное Центром инновационного развития Заключение о результатах научно-технической экспертизы, содержащее сведения о его технической осуществимости и эффективности. Стадия проведения научно-технической экспертизы с учётом получения заключения независимой экспертизы не должна превышать двух месяцев.

Перечень рассмотренных Центром инновационного развития инновационных проектов (с результатами проведённой научно-технической экспертизы) регулярно, не реже чем один раз в квартал, направляется для сведения руководству ОАО "РЖД". По результатам научно-технической экспертизы инновационного проекта принимается решение о его отклонении или представлении руководству ОАО "РЖД", о чём сообщается заявителю инновационного проекта. Кроме того, в случае положительного Заключения научно-технической экспертизы по инновационному проекту Центр инновационного развития направляет материалы инновационной заявки и обобщённое экспертное заключение по ней в Департамент технической политики ОАО "РЖД" для принятия решения о возможности реализации данного инновационного проекта в системе ОАО "РЖД".

Центр инновационного развития самостоятельно определяет необходимость проведения независимой научно-технической экспертизы, квалификационные требования и условия привлечения экспертов к сотрудничеству. Центр инновационного развития обеспечивает анонимность экспертизы, не раскрывает перед третьими лицами своих экспертов, гарантирует конфиденциальность экспертизы и соблюдение прав на результаты интеллектуальной деятельности, приведённые в материалах инновационной заявки. Независимо от результатов экспертизы Центр инновационного развития

использует аннотацию к инновационному проекту, подготовленную заявителем, и паспорт инновационного проекта для включения в базу данных инновационных проектов ОАО "РЖД". Результатом экспертизы является обоснованное экспертное Заключение.

Порядок экспертизы основывается на принципах, установленных рассматриваемым стандартом. Эксперты, привлекаемые к экспертизе инновационных проектов, должны обладать высокой научной квалификацией, подтверждённой наличием учёных степеней и званий, наличием публикаций в выбранной предметной области, отечественных и зарубежных патентов, обладать обширным опытом учёного-практика, иметь опыт участия в проектах, связанных с практическим использованием научных достижений в производстве. Деятельность экспертов, привлекаемых к экспертизе инновационных проектов, осуществляется на основе установленных правил:

подтверждённая квалификация по тематике материалов, передаваемых на экспертизу;

независимость (эксперт не должен иметь личной заинтересованности в том или ином результате рассмотрения материалов экспертного дела);

завершение работы в установленные сроки (факт согласия эксперта на выполнение работы по конкретному проекту автоматически означает и согласие со сроками);

оплата услуг эксперта ОАО "РЖД" независимо от результатов экспертизы;

обязательное выполнение экспертизы всегда несколькими экспертами;

наличие мнения каждого эксперта независимо от других;

в материалах, представляемых экспертам, не должно содержаться сведений, позволяющих установить заявителя.

В целях обеспечения объективности, профессионализма и независимости экспертизы ОАО "РЖД" может привлекать зарубежных экспертов, обладающих должной квалификацией. Кандидат в эксперты, принявший приглашение или предлагающий себя в качестве эксперта, заполняет специальную анкету, что рассматривается как его согласие на экспертную деятельность. Помимо ответов на вопросы анкеты, кандидат может представить дополнительную информацию, которую он считает важной при рассмотрении вопроса о его привлечении к работе в качестве эксперта. Центр инновационного развития проводит проверку соответствия кандидата в эксперты согласно требованиям стандарта, анализирует другие представленные документы и выносит решение о привлечении кандидата к экспертной деятельности или об отказе в назначении. В любом случае эксперту направляется соответствующее извещение.

Условия привлечения экспертов к проведению работ по экспертизе инновационных проектов для их реализации в ОАО "РЖД", в том числе порядок и условия оплаты выполненных работ, определяются отдельными договорами и соглашениями, заключаемыми Центром инновационного развития с экспертами. Центр инновационного развития может прервать проведение экспертизы инновационного проекта в случаях несоблюдения экспертом требований действующего законодательства РФ, условий конфиденциальности и профессиональной этики или нарушения экспертом условий, оговорённых в подписанных документах, регламентирующих взаимодействие Центра инновационного развития и эксперта.

Деятельность второго структурного подразделения центрального аппарата управления ОАО "РЖД" — Управления экспертизы проектов и смет — связана с экспертизой проектно-сметной документации по реконструкции существующих или строительству новых объектов железнодорожного транспорта, результатов инженерных изысканий для строительства и реконструкции объектов, финансируемых за счёт средств инвестиционного бюджета ОАО "РЖД".

Кроме организационно-распорядительного документа [13] Управление экспертизы проектов и смет в своей деятельности руководствуется следующими Приложениями к нему:

принципиальной схемой организации прохождения экспертизы проектной документации и проверки достоверности определения сметной стоимости в зависимости от источника финансирования;

таблицей процентного соотношения, используемого при расчёте размера платы за проведение дополнительной негосударственной экспертизы в зависимости от стоимости проектных работ;

заявкой (её формой) на проведение ведомственной экспертизы;

заключением (экспертным Заключением, выданным по установленной форме) о достоверности (или недостоверности) определения сметной стоимости объекта капитального строительства.

При организации и проведении экспертиз Управлением экспертизы проектов и смет предусмотрены возможности государственной экспертизы, негосударственной и собственно ведомственной экспертизы ОАО "РЖД".

Государственная экспертиза проектной документации и государственная экспертиза результатов инженерных изысканий проводятся федеральным органом исполнительной власти, органом исполнительной власти субъекта РФ, уполномоченными на проведение государственной экспертизы проектной документации, или подведомственными указанным органам государственными (бюджетными или автономными) учреждениями.

Негосударственная экспертиза проектной документации и/или негосударственная экспертиза результатов инженерных изысканий проводятся юридическими лицами, соответственно требованиям, установленным статьёй 50 Градостроительного кодекса, а порядок проведения установлен организационно-распорядительным документом [14].

Ведомственную комплексную экспертизу проектной документации, включающую технико-технологическую экспертизу, а также (для объектов собственного финансирования ОАО "РЖД") проверку достоверности определения сметной стоимости по объектам строительства и капитального ремонта стоимостью 150 млн руб. и более (в базисном уровне цен по состоянию на 1 января 2000 г.) проводит непосредственно Управление экспертизы проектов и смет. В исключительных случаях ему может быть поручено рассмотрение проектной документации для объектов строительства стоимостью менее 150 млн руб., но имеющих важное отраслевое значение.

По объектам строительства и капитального ремонта стоимостью до 150 млн руб. ведомственная экспертиза проводится в два этапа. Первый (обязательный) — технико-технологическая экспертиза и предварительная оценка соответствия стоимости строительства планируемым показателям инвестиционного бюджета, осуществляемая на железных дорогах (в региональных центрах корпоративного управления — РЦКУ) подразделениями ведомственной экспертизы, а до их образования рабочей экспертной группой специалистов РКЦУ и региональных подразделений производственных дирекций при организующей роли структурного подразделения РЦКУ, определённого приказом начальника железной дороги — филиала ОАО "РЖД". Второй (по проектам, финансируемым из собственных средств ОАО "РЖД") — проверка достоверности определения сметной стоимости строительства, осуществляемая экспертными подразделениями дирекций — заказчиков строительства.

При отсутствии в Дирекциях-заказчиках экспертных подразделений (или при их недостаточной мощности) для проведения проверки достоверности определения сметной стоимости допускается привлекать сторонние организации, имеющие аккредитацию на выполнение негосударственной экспертизы и прошедшие квалификационный отбор в ОАО "РЖД". Стоимость данной работы определяется по нормам соответствующего Положения с оплатой за счёт затрат (предусмотренных главой 10 "Содержание службы заказчика. Строительный контроль" сводного сметного расчёта).

Технико-технологическую экспертизу и предварительную оценку соответствия стоимости строительства планируемым показателям инвестиционного бюджета рекомендуется проводить до передачи материалов на государственную или негосударственную экспертизу, а проверку достоверности определения сметной стоимости — завершать после получения положительного заключения государственной (негосударственной) экспертизы.

Проверка достоверности определения сметной стоимости объектов, строительство и реконструкция которых финансируются из инвестиционного бюджета ОАО "РЖД" с привлечением средств федерального бюджета, осуществляется федеральными органами государственной экспертизы в соответствии с Постановлением Правительства РФ [15].

Характерный пример объекта экспертизы инновационных проектов в ОАО "РЖД" — проект "Умный вокзал". "Умный вокзал" — это вокзальный комплекс, эффективность функционирования которого обеспечивается благодаря максимальному использованию интеллектуальных технологий во всех элементах его технологического процесса. Объектом внедрения технологий "Умного вокзала" является весь вокзальный комплекс, включающий в себя здание вокзала и примыкающую к нему инфраструктуру, как при строительстве, так и при реконструкции существующих вокзалов. "Умный вокзал" объединяет различные инновационные системы, технические средства и технологии:

автоматизированные системы управления процессами жизнедеятельности вокзального комплекса, направленные на снижение энергозатрат, использование альтернативных источников энергии, внедрение устройств для создания благоприятного климата внутри здания вокзала, внедрение новейших информационно-справочных устройств и др.;

автоматизированные системы обеспечения транспортной безопасности и снижения рисков чрезвычайных ситуаций (новейшие системы контроля технической безопасности и системы пожаротушения, автоматическая система мониторинга и состояния здания и др.);

технологии "зелёного здания" (системы обеззараживания воздуха внутри вокзала, системы экологического мониторинга, устройства для сбора дождевой воды, озеленение привокзальной территории и отдельных залов вокзала).

Системы должны быть адаптированы к местным условиям, прежде всего, к географическому положению вокзала, климатическим особенностям района, возможности использования различных видов альтернативных возобновляемых источников энергии.

В холдинге ОАО "РЖД" насчитывается 10 ведомственных инновационных проектов, за экспертизу которых по принадлежности от-

вечают Департамент технической политики и Управление экспертизы проектов и смет: 1. Пассажирские электропоезда и электровозы. 2. Грузовые электровозы. 3. Маневровые тепловозы. 4. Вагоны. 5. Тележки грузовых вагонов нового поколения. 6. Строение пути. 7. Контактная сеть проекта КС-160. 8. Средства контроля и диагностики. 9. Передвижной выставочный комплекс. 10. "Умный вокзал".

Заключение. Анализ особенностей слабоструктурированности, онтологии и когнитивности показал перспективность методов экспертных оценок для поддержки принятия решений в сфере инновационного развития. На основе выдвинутых принципов и структурно сложившейся системы отечественной научно-технической экспертизы требуется дальнейшее развитие её организации. Характерным примером успешно действующей ведомственной экспертизы является научно-техническая экспертиза на железнодорожном транспорте, а также экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий для строительства и реконструкции объектов, финансируемых за счёт средств инвестиционного бюджета ОАО "РЖД".

Библиографические ссылки

1. **Павленко А.И.** Системный анализ и компьютерная поддержка решений. М.: Изд-во МАИ, 2011. 156 с.

2. **Литвак Б.Г.** Разработка управленческого решения: учебник. 3-е изд., испр. М.: Дело, 2002. 392 с.

3. **Белоусов В.Л., Дегтярёв Ю.И., Сергеев М.В.** Концептуальные основы формирования многоотраслевой системы государственной экспертизы // Автоматизация и современные технологии. 2013. № 6. С. 30—38.

4. **Положение** о формировании и реализации плана научно-технического развития ОАО "РЖД" № 23 от 11 июня 2008 г.

5. **Распоряжение** ОАО "РЖД" № 1582р от 24 июля 2008 г. "Об утверждении документов, регламентирующих формирование и реализацию инвестиционной программы ОАО "РЖД".

6. **Положение** об Управлении экспертизы проектов и смет ОАО "РЖД" № 22 от 20 апреля 2009 г.

7. "**Концепция** единой технической политики холдинга "Российские железные дороги" (утв. ОАО "РЖД" 18 июля 2009 г.).

8. **Распоряжение** ОАО "РЖД" № 2752р от 30 декабря 2009 г. "О формировании требований к инновационным проектам и техническим решениям в области железнодорожного транспорта".

9. **Стандарт** ОАО "РЖД". СТО РЖД 08.007—2011 "Инновационная деятельность в ОАО "РЖД". Управление реализацией научно-технических работ".

10. **Стандарт** ОАО "РЖД". СТО РЖД 08.015—2011 "Инновационная деятельность в ОАО "РЖД". Порядок рассмотрения инновационных проектов".

11. **Распоряжение** ОАО "РЖД" № 196р от 31 января 2012 г. "Об утверждении порядка представления информации для формирования и ведения базы данных об инновационных проектах в сфере железнодорожного транспорта и альбома форм представления информации для формирования базы данных инновационных проектов в сфере железнодорожного транспорта".

12. **Распоряжение** ОАО "РЖД" № 2569р от 14 декабря 2012 "Методические рекомендации по отбору и экспертизе инновационных проектов ОАО "РЖД" для реализации на территории стран ЕврАзЭС".

13. **Распоряжение** ОАО "РЖД" № 2218р от 22 сентября 2014 г. "Об утверждении Положения о порядке организации и проведения экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий для строительства и реконструкции объектов, финансируемых за счёт средств инвестиционного бюджета ОАО "РЖД".

14. **Положение** о негосударственной экспертизе проектной документации и результатах инженерных изысканий, утверждённое Постановлением Правительства РФ № 272 от 31 марта 2012 г.

15. **Постановление** Правительства РФ № 427 от 18 мая 2009 г. "О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета" (в действующей редакции).

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении по каталогам:

"Роспечать" — индекс **70537**;

"Пресса России" — индекс **27838**;

"Почта России" — индекс **60267**.