



Редакционный совет

СОДЕРЖАНИЕ

Радиоэлектроника и телекоммуникации

- Бабушкина О. А.** Новые конструкции полосно-запирающих фильтров для СВЧ-радиотрактов 3
- Соловьев А. А.** Компенсатор нелинейности амплитудных характеристик усилительных трактов 12

Информатика, управление и компьютерные технологии

- Смирнова В. А.** Мягкое календарное планирование 19
- Кутуан Ака Атаназ.** Современные аппаратные средства для систем атмосферного мониторинга 27

Автоматизация и управление

- Овчинникова Е. А., Скороходов Д. А.** Принципы безопасного маневрирования судна в штормовых условиях 33
- Приходько И. А., Фадеева И. И.** Повышение точности прогнозирования на основе нейросетевых моделей 39

Электротехника

- Прокофьев Г. И.** Перспективы развития процессов проектирования и технологической подготовки производства предприятий низких уровней зрелости 45
- Новиков В. А., Тризна И. Д.** Управление соотношениями моментов механически взаимосвязанных электроприводов 60

Биотехнические системы в медицине и экологии

- Маркузина Н. Н., Дмитриева И. В.** Применение электропроводящего полимера полианилина для стабилизации потенциала твердоточных электродов 69

Современные технологии в образовании

- Веселовская Н. С.** Модульно-функциональная модель системы управления профессиональным образовательным учреждением как механизм подготовки высококвалифицированных специалистов 75

- Пузанков Д.В.** (*председатель*)
- Кутузов В.М.** (*заместитель председателя*)
- Мейев В.А.** (*ответственный секретарь*)
- Малышев В.Н.** (*«Радиоэлектроника и телекоммуникации»*)
- Соломонов А.В.** (*«Физика твердого тела и электроника»*)
- Герасимов И.В.** (*«Информатика, управление и компьютерные технологии»*)
- Путов В.В.** (*«Автоматизация и управление»*)
- Прокофьев Г.И.** (*«Электротехника»*)
- Филатов Ю.В.** (*«Приборостроение и информационно-измерительные технологии»*)
- Попечителей Е.П.** (*«Биотехнические системы в медицине и экологии»*)
- Степанов С.А.** (*«Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент»*)
- Маркова О.Ю.** (*«Гуманитарные науки»*)
- Вендик О.Г.** (*«История науки, образования и техники»*)
- Лысенко Н.В.** (*«Современные технологии в образовании»*)

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
тел.: 234-02-23

Учредитель:

Государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Санкт-Петербургский государствен-
ный

электротехнический
университет "ЛЭТИ"
им. В. И. Ульянова (Ленина)»
197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-44-87
Факс: (812) 346-27-58

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС2 – 8390 от 04 декабря 2006 г.
выдано Управлением Федеральной
службы по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного
наследия по Северо-Западному феде-
ральному округу

Редакторы

*Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина,
И. Г. Скачек*
Комп. верстка:
*Е. Н. Паздниковой,
М. В. Егоровой, А. А. Веселова*

Подписано в печать 18.11.09 г.

Формат 6084 1/8.

умага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 10,25.

Тираж 300 экз. (1-й завод 1–150 экз.)

Заказ 97.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-45-23
Факс: (812) 346-28-56

Гуманитарные науки

Филиппова Ю. В. Понятие "коннотация" и соотношение
категорий "экспрессивность", "эмоциональность",
"оценочность" 79

Преображенская О. А. Петербурженка на границе XIX–XX вв.
в аспекте гендерной лингвистики 83

Сведения об авторах 91

Правила представления рукописей авторами 93

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ
КАТАЛОГУ "ПРЕССА РОССИИ", ТОМ 1
"ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ" 45821**

Подписка производится в любом почтовом отделении России



УДК 621.372.544.3

О. А. Бабушкина

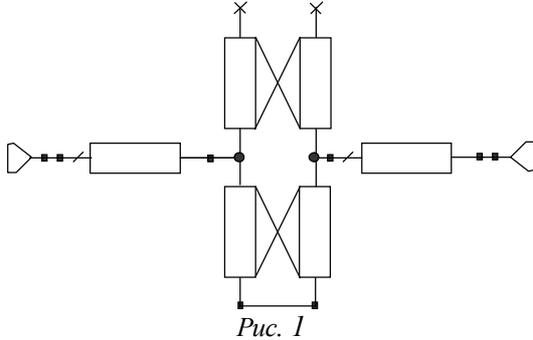
НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛОСНО-ЗАПИРАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СВЧ-РАДИОТРАКТОВ

Представлены новые схемы полосно-запирающих фильтров (ПЗФ) СВЧ-диапазона для использования в приемопередающей аппаратуре, отличающиеся простотой изготовления и широкими полосами задерживания. Определены оптимальные параметры линий передачи для получения равноколебательных характеристик модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ в полосе пропускания и задерживания.

Подавление паразитных полос пропускания, полосно-запирающие фильтры, анализ коэффициента передачи

При разработке фильтров для радиочастотных трактов СВЧ-диапазона на основе отрезков линий передачи возникают проблемы с подавлением паразитных полос пропускания в таких фильтрах. Аналогичные проблемы зачастую возникают и в синтезаторах частоты, когда приходится ограничивать уровень комбинационных составляющих, например на выходе смесителей. Для подавления отклика фильтров на высоких частотах широко используются структуры с отрезками неоднородных линий передачи, фильтры на основе балансных связанных линий, фильтры с резонаторами различной структуры, полосно-запирающие структуры различной степени сложности [1]–[3]. Как следует из литературы, каждое из этих решений имеет свои достоинства и недостатки. В статье предлагаются 2 варианта компактных полосно-запирающих структур на отрезках линий передачи, которые удобно вписываются в конструкции фильтров на отрезках линий передачи. Первая из предлагаемых структур не содержит потерь и может одновременно использоваться в качестве частотно-избирательного элемента в полосовых фильтрах. Вторая структура содержит балластное сопротивление и имеет в полосах пропускания и задерживания близкое к волновому сопротивлению тракта вещественное входное сопротивление и коэффициент отражения, близкий к нулю. Это позволяет использовать ее в любых местах радиочастотных трактов СВЧ.

СВЧ-фазовая цепь первого порядка может послужить основой для построения структур с периодическими полосами задерживания, включаемых каскадно с основной схемой фильтра для подавления паразитных полос пропускания на высоких частотах. Схема такой полосно-запирающей структуры без потерь представлена на рис. 1.



Для анализа частотных характеристик полосно-запирающей структуры ее можно представить в виде параллельного соединения двух четырехполюсников, один из которых представляет пару связанных линий со свободными вторыми концами проводников, а второй – пару этих же линий с замкнутыми вторыми концами. Для упрощения анализа связанные линии будем считать однородными по всей длине с волновыми сопротивлениями четного Z_{oe} и нечетного Z_{oo} видов колебаний с

электрической длиной θ_1 у связанных линий со свободными концами и θ_2 – у линий с замкнутыми концами. Матрицы $[Y_1]$ и $[Y_2]$ для каждого из параллельно соединенных четырехполюсников будут иметь вид:

$$[Y_1] = \begin{bmatrix} j \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1 & -j \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1 \\ j \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1 & -j \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$[Y_2] = \begin{bmatrix} j \frac{\rho \cos 2\theta_2 + r}{(r^2 - \rho^2) \sin 2\theta_2} & -j \frac{r \cos \theta_2 + \rho}{(r^2 - \rho^2) \sin 2\theta_2} \\ j \frac{r \cos 2\theta_2 + \rho}{(r^2 - \rho^2) \sin 2\theta_2} & -j \frac{\rho \cos 2\theta_2 + r}{(r^2 - \rho^2) \sin 2\theta_2} \end{bmatrix},$$

где $\rho = \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2}$, $r = \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2}$, остальные переменные определены ранее [4].

Матрица проводимости этой цепи $[Y] = [Y_1] + [Y_2]$, и ее элементы с учетом свойств симметрии и взаимности могут быть получены из (1):

$$Y_{11} = -Y_{22} = -j \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo} \operatorname{tg} 2\theta_2} - j \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo} \sin 2\theta_2} + j \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1, \quad (2)$$

$$Y_{21} = -Y_{12} = -j \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo} \operatorname{tg} 2\theta_2} - j \frac{Z_{oe} + Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo} \sin 2\theta_2} + j \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{2Z_{oe}Z_{oo}} \operatorname{tg} \theta_1.$$

Матрица $[Y]$ в (2) является ненормированной. Нормировка элементов матрицы $[Y]$ в случае равных значений сопротивлений генератора и нагрузки $R_i = R_l = Z_i$ определится выражением

$$[Y'] = \begin{bmatrix} Y_{11} \cdot Z_i - Y_{21} \cdot Z_i \\ Y_{21} \cdot Z_i - Y_{11} \cdot Z_i \end{bmatrix}.$$

Коэффициент передачи полосно-запирающей структуры находится из нормированных значений матрицы $[Y]$ и с учетом (2) и нормирующих соотношений будет равен:

$$S_{21} = \frac{2Y'_{21}}{(1 + Y'_{11})^2 - (Y'_{21})^2}, \quad (3)$$

где Y'_{ij} – нормированные элементы матрицы $[Y]$ (2).

Выражения (2), (3) позволяют выявить все нули передачи предлагаемой полосно-запирающей структуры, которые совпадают с нулями Y_{21} , однако для аналитического анализа они слишком громоздки. Предварительное моделирование цепи показало, что характеристики с наибольшей полосой задерживания соответствуют случаю $\theta_2 = 2\theta_1 = 2\theta$, поэтому в дальнейшем рассматривается только оптимальное соотношение электрических длин отрезков линий передачи.

Для упрощения дальнейших преобразований в (3) перейдем к нормированным значениям уровней сопротивлений:

$$r_i = \frac{Z_i}{\sqrt{Z_{oe}Z_{oo}}}; z_{oe} = \frac{Z_{oe}}{\sqrt{Z_{oe}Z_{oo}}}; z_{oo} = \frac{Z_{oo}}{\sqrt{Z_{oe}Z_{oo}}}. \quad (4)$$

Используя известные тригонометрические соотношения нетрудно получить следующие выражения:

$$\frac{1}{\operatorname{tg} 2\theta_2} = \frac{16\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^4\theta}{4\operatorname{tg} \theta (1 - \operatorname{tg}^2\theta)}, \quad \frac{1}{\sin 2\theta_2} = \frac{1 + 2\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^4\theta}{4\operatorname{tg} \theta (1 - \operatorname{tg}^2\theta)}. \quad (5)$$

На основании выражений (2)–(5), опуская промежуточные выкладки, для Y'_{21} получим следующее соотношение:

$$Y'_{21} = -j \frac{r_i}{4} \frac{\operatorname{ctg} \theta}{1 - \operatorname{tg}^2\theta} \left[z_{oe} - 2(2z_{oe} - 3z_{oo}) \operatorname{tg}^2\theta + (3z_{oe} - 2z_{oo}) \operatorname{tg}^4\theta \right]. \quad (6)$$

Из (6) видно, что в исследуемой цепи существует две группы нулей передачи, частоты которых определяются уравнениями:

$$\begin{cases} \frac{\operatorname{ctg} \theta}{1 - \operatorname{tg}^2\theta} = 0, \\ z_{oe} - 2(2z_{oe} - 3z_{oo}) \operatorname{tg}^2\theta + (3z_{oe} - 2z_{oo}) \operatorname{tg}^4\theta = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Из первого уравнения (7) следует, что нули передачи первой группы соответствуют частотам, на которых электрическая длина разомкнутых отрезков линий передачи

$$\theta = \theta_0 \frac{f}{f_0} = (2n + 1) \frac{\pi}{2}, \quad n = 0, 1, \dots, \infty,$$

где f_0 – резонансная частота, на которой электрическая длина разомкнутых отрезков линий передачи равна θ_0 . Положим, что на этой частоте $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$, тогда из последнего соотношения получим:

$$f'_0 = f_0 (2n + 1), \quad n = 0, 1, \dots, \infty. \quad (8)$$

Таким образом, частоты первой группы нулей передачи (8) f'_0 соответствуют нечетным гармоникам резонансной частоты f_0 разомкнутых на свободном конце отрезков линий передачи.

Нули передачи второй группы определяются из решения второго уравнения в (7) относительно электрической длины значений θ . Решение уравнения имеет вид

$$[\operatorname{tg}^2 \theta]_{1,2} = \frac{2z_{oe} - 3z_{oo}}{3z_{oe} - 2z_{oo}} \pm \sqrt{\left(\frac{2z_{oe} - 3z_{oo}}{3z_{oe} - 2z_{oo}}\right)^2 - \frac{z_{oe}}{3z_{oe} - 2z_{oo}}}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что нули передачи этой группы будут вещественными только в случае положительности подкоренного выражения, откуда следует ограничение $\frac{z_{oe}}{z_{oo}} = \frac{Z_{oe}}{Z_{oo}} \geq 2,8$.

Таким образом, нули передачи второй группы будут появляться только при достаточно сильной связи линий, образующих полосо-запирающую структуру.

Из (9) после несложных преобразований получим соотношения для частот нулей передачи второй группы:

$$f''_0 \approx \frac{2}{\pi} f_0 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{2z_{oe} - 3z_{oo}}{3z_{oe} - 2z_{oo}} \left[1 \pm \left(1 - \frac{1}{2} \frac{z_{oe}(3z_{oe} - 2z_{oo})}{(2z_{oe} - 3z_{oo})^2} \right) \right]}, \quad (10)$$

где f_0 – резонансная частота, на которой электрическая длина разомкнутых отрезков линий передачи $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$.

Из (10) следует, что нули передачи второй группы полосо-запирающей структуры будут располагаться попарно симметрично справа (f''_{n0}) и слева ($f''_{л0}$) относительно нулей передачи первой группы (f'_0) и при подборе связи линий (значений Z_{oe} , Z_{oo}) могут быть получены равноволновые частотные характеристики S_{21} как в полосе задерживания, так и в полосе пропускания полосо-запирающей структуры. Типичные частотные характеристики S_{21} предлагаемой ПЗФ-структуры, полученные в результате моделирования для двух уровней связи, показаны на рис. 2. Рис. 2, а соответствует параметрам $f_0 = 1$ ГГц, $\theta_1 = \theta_0 = \frac{\pi}{2}$, $\theta_2 = 2\theta_0$, $Z_{oe} = 99$ Ом, $Z_{oo} = 63$ Ом, а рис. 2, б – $f_0 = 1$ ГГц, $\theta_1 = \theta_0 = \frac{\pi}{2}$, $\theta_2 = 2\theta_0$, $Z_{oe} = 113$ Ом, $Z_{oo} = 46$ Ом.

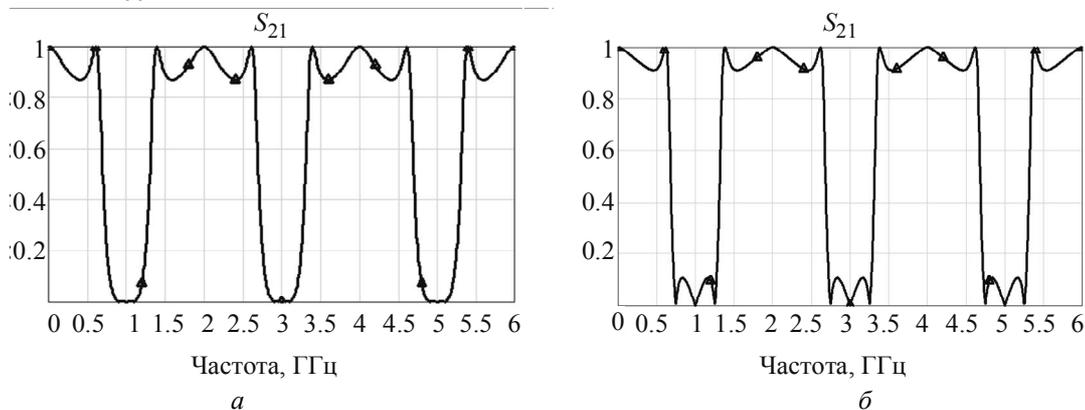


Рис. 2

Результаты моделирования, представленные на рис. 2, подтверждают ранее изложенные теоретические предпосылки о влиянии связи между линиями на наличие второй группы нулей передачи в полосе задерживания.

На основании (10) было рассчитано относительное положение правого ($f_1 = f_{п0}''/f_0'$) и левого ($f_2 = f_{л0}''/f_0'$) нулей передачи второй группы в зависимости от отношения сопротивлений четного и нечетного видов колебаний связанных линий передачи $r = \frac{z_{oe}}{z_{oo}} = \frac{Z_{oe}}{Z_{oo}}$. Графически эти результаты показаны на рис. 3.

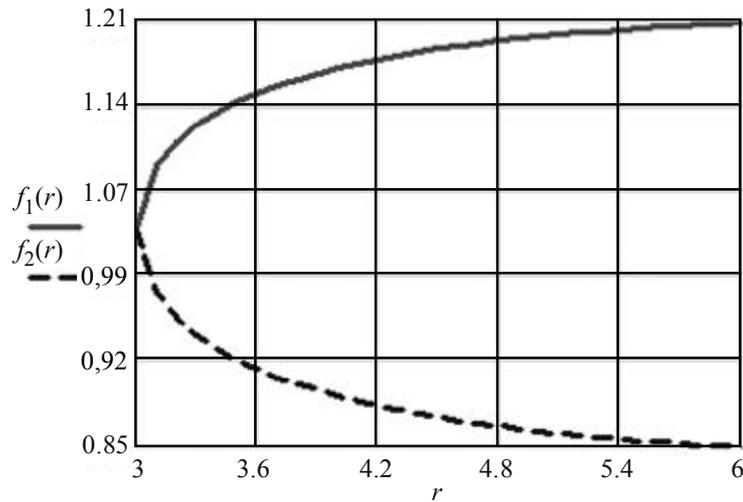


Рис. 3

Как видно из рис. 3, увеличение связи линий приводит к росту расстояния между нулями передачи второй группы, т. е. к расширению полосы задерживания ПЗФ. Однако увеличение расстояния более чем на $\pm 15\%$ приводит к сильному увеличению связи, которое трудно реализовать.

Дальнейшим развитием предложенной структуры полосно-запирающего фильтра является структура на связанных линиях, эквивалентная электрическая схема которой представлена на рис. 4, а, а схематическое изображение топологии – на рис. 4, б.

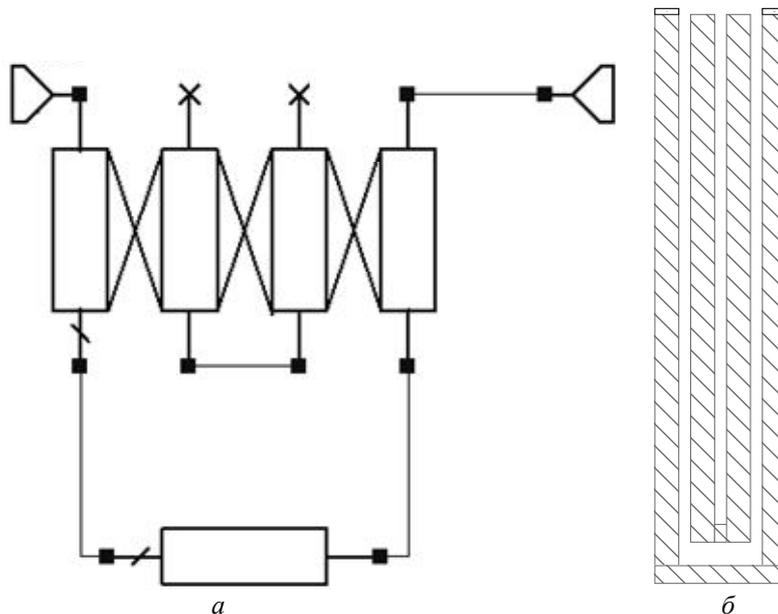


Рис. 4

Частотная характеристика данной структуры представлена на рис. 5. При добавлении короткого замыкания в месте соединения центральных связанных линий можно получить полосно-запирающую структуру, у которой полосы задерживания будут соответствовать только нечетным гармоникам.

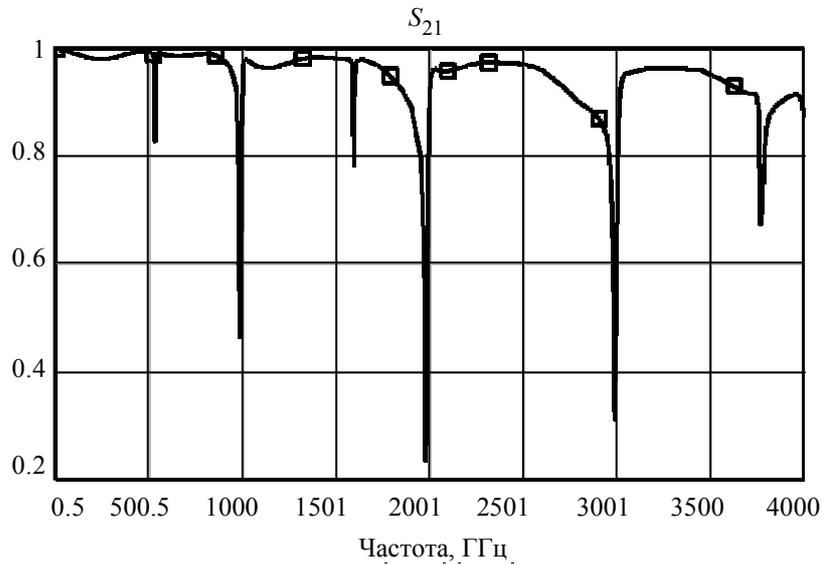


Рис. 5

Как видно из рис. 5, полосы задерживания данных фильтров очень узки, что ограничивает их использование для подавления паразитных полос пропускания полосно-пропускающего фильтра с широкой паразитной полосой пропускания. На основе таких фильтров возможно построение узкополосных режекторных фильтров.

Предыдущие полосно-задерживающие структуры характеризуются большим мнимым входным сопротивлением в полосах задерживания, что может негативно сказаться при согласовании их с цепями, стоящими до и после них. От этого недостатка свободна структура, эквивалентная электрическая схема которой представлена на рис. 6, а.

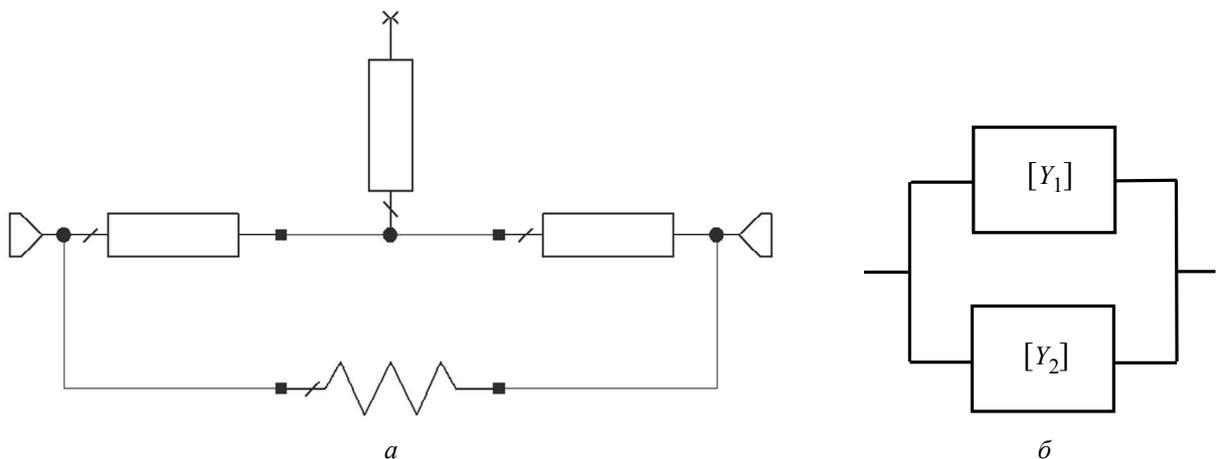


Рис. 6

Для анализа данную структуру удобно представить в виде четырехполюсников, как показано на рис. 6, б. Здесь $[Y_1]$ – матрица проводимости каскадно-соединенных микрополосковых линий, $[Y_2]$ – матрица проводимости балластного сопротивления. Матрицу $[Y_1]$ легко получить каскадным соединением линий, входящих в этот четырехполюсник (рис. 7).

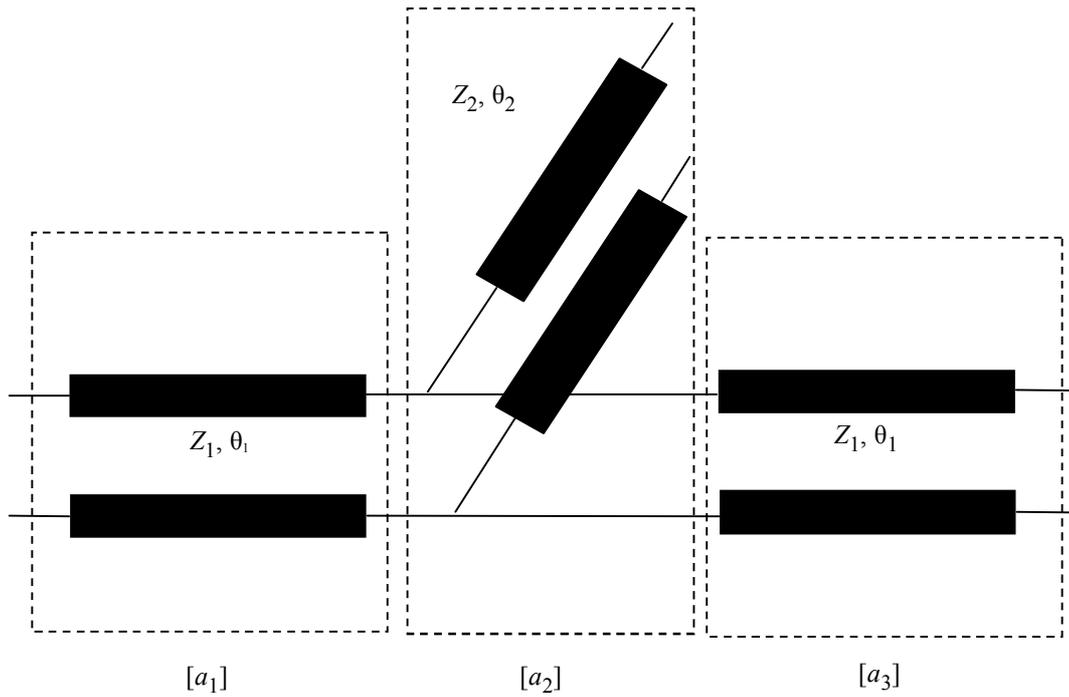


Рис. 7

Результирующая ненормированная матрица $[a_\Sigma]$ данной структуры будет равна произведению $[a_\Sigma] = [a_1] \cdot [a_2] \cdot [a_3]$, где

$$[a_1] = [a_3] = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & jZ_1 \sin \theta_1 \\ j \frac{\sin \theta_1}{Z_1} & \cos \theta_1 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$[a_2] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{-jZ_2 \operatorname{ctg} \theta_2} & 1 \end{bmatrix}.$$

Как и для предыдущей схемы ПЗФ, предварительное моделирование данной цепи показало, что характеристики с наибольшей полосой задерживания соответствуют случаю $\theta_1 = \theta_2 = 2\theta$. Поэтому дальнейший анализ будет выполняться только для такого оптимального соотношения электрических длин отрезков линий передачи.

Результирующая нормированная матрица структуры, представленной на рис. 7, с использованием (11) имеет вид [4]:

$$[A_\Sigma] = \begin{bmatrix} \cos 4\theta - \frac{Z_1 \sin 4\theta}{2Z_2 \operatorname{ctg} \theta} & \frac{j}{Z_i} \left(Z_1 \sin 4\theta - \frac{Z_1^2 \sin^2 2\theta}{Z_2 \operatorname{ctg} \theta} \right) \\ jZ_i \left(\frac{\sin 4\theta}{Z_1} + \frac{\cos^2 2\theta}{Z_2 \operatorname{ctg} \theta} \right) & \cos 4\theta - \frac{Z_1 \sin 4\theta}{2Z_2 \operatorname{ctg} \theta} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Используя известное из классической теории многополюсников соотношение между матрицами из (12) получим матрицу проводимости четырехполюсника. Элементы нормированной матрицы проводимости с учетом свойств симметрии и взаимности могут быть записаны следующим образом:

$$\begin{aligned}
Y'_{11} = -Y'_{22} &= -jZ_i \frac{Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \cos 4\theta - \frac{Z_1}{2} \sin 4\theta}{Z_1 Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin 4\theta - Z_1^2 \sin^2 2\theta}, \\
Y'_{12} = -Y'_{21} &= jZ_i \frac{Z_2 \operatorname{ctg} \theta}{Z_1 Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin 4\theta - Z_1^2 \sin^2 2\theta}.
\end{aligned} \tag{13}$$

Нормированная матрица проводимости балластного сопротивления

$$[Y_2] = \begin{bmatrix} \frac{Z_i}{R} - \frac{Z_i}{R} \\ \frac{Z_i}{R} - \frac{Z_i}{R} \end{bmatrix}. \tag{14}$$

Суммарная матрица проводимости всей цепи $[Y] = [Y_1] + [Y_2]$. Соответственно суммируя полученные элементы матриц проводимости (13) и (14) получаем элементы искомой нормированной матрицы проводимости цепи:

$$\begin{aligned}
Y_{11} = -Y_{22} &= -jZ_i \frac{Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \cos 4\theta - \frac{Z_1}{2} \sin 4\theta}{Z_1 Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin 4\theta - Z_1^2 \sin^2 2\theta} + \frac{Z_i}{R}, \\
Y_{12} = -Y_{21} &= jZ_i \frac{Z_2 \operatorname{ctg} \theta}{Z_1 Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin 4\theta - Z_1^2 \sin^2 2\theta} - \frac{Z_i}{R}.
\end{aligned}$$

Нормированная входная проводимость полосо-запирающей цепи (рис. 6, а)

$$Y_{\text{вх}} = Y_{11} + \frac{Y_{21} Y_{12}}{Y_{22} - Y_{\text{н}}}. \tag{15}$$

Так как проводимость нагрузки $Y_{\text{н}} = \frac{Z_i}{Z_i} = 1$, то (15) можно преобразовать к виду:

$$Y_{\text{вх}} = Y_{11} + \frac{Y_{21} Y_{12}}{Y_{22} - 1} = -Y_{22} + \frac{(Y_{21})^2}{1 - Y_{22}}.$$

Условие нулевой передачи цепи (рис. 6, а) можно записать следующим образом:

$$Y_{\text{вх}} = \begin{cases} 0 - \text{холостой ход на входных зажимах,} \\ \infty - \text{короткое замыкание на входных зажимах.} \end{cases}$$

Поскольку Y_{21}, Y_{22} включают слагаемое $\frac{Z_i}{R}$, то $Y_{\text{вх}}$ обратиться в ноль не может, так как цепь пассивна. Значит, остается только одно условие запираия $Y_{\text{вх}} = \infty$. Это условие соответствует частоте, на которой знаменатель в выражениях для Y_{21}, Y_{22} $Z_1 Z_2 \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin 4\theta - Z_1^2 \sin^2 2\theta = 0$, что выполняется при $\theta = \frac{\pi}{2}$. При этом условии числитель в выражениях для Y_{21}, Y_{22} также обращается в ноль.

Так в точке $\theta = \frac{\pi}{2}$ на входе полосно-запирающего фильтра имеется короткое замыкание, т. е. цепь имеет нуль передачи первого порядка. Этот нуль будет во всех точках, удовлетворяющих условию $\theta = \frac{\pi}{2}(2n+1), n \in N$.

Обозначим $\theta = \theta_0 \frac{f}{f_0}$, где f_0 – частота, на которой $\theta = \theta_0$. Пусть $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$, тогда условие нуля передачи

$$f = f_0(2n+1), n \in N,$$

т. е. нули передачи при коротком замыкании на входе структуры будут на частотах, кратных нечетной частоте f_0 . Это подтверждает и частотная характеристика данной структуры (рис. 8).

Рассмотрим вторую группу характерных частотных точек, когда $\theta \rightarrow \pi$. Для упрощения выкладок воспользуемся выражением для коэффициента передачи по напряжению K_U .

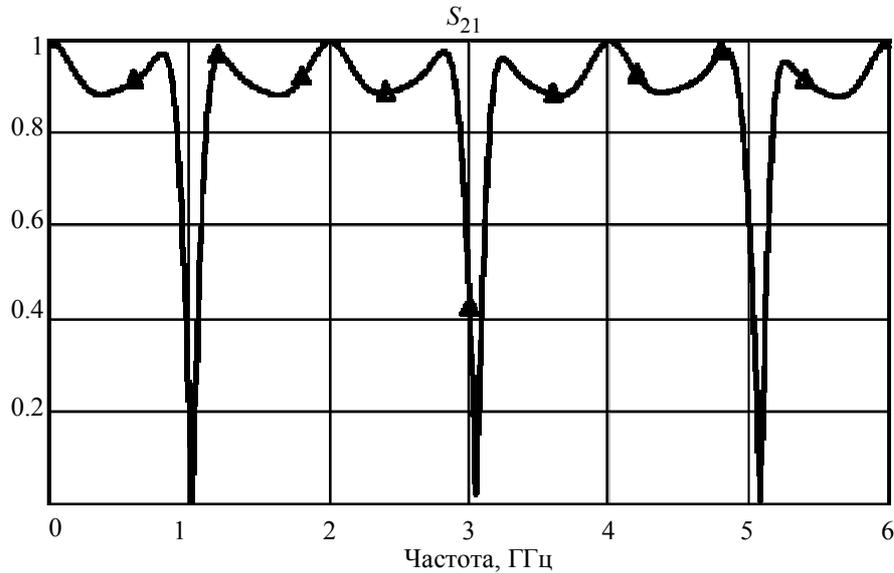


Рис. 8

В нормированных Y -параметрах

$$K_U = \frac{Y_{21}}{1 - Y_{22}} = \frac{-jZ_i Z_2 \operatorname{ctg} \theta + \frac{Z_i}{R_H} (Z_1 Z_2 \sin 4\theta \cdot \operatorname{ctg} \theta - Z_1^2 \sin^2 \theta)}{-j \left(Z_i Z_2 \cos 4\theta \cdot \operatorname{ctg} \theta - \frac{Z_1 Z_2}{2} \sin 4\theta \right) + \left(1 + \frac{Z_i}{R_H} \right) (Z_1 Z_2 \sin 4\theta \cdot \operatorname{ctg} \theta - Z_1^2 \sin^2 \theta)} \quad (16)$$

После дифференцирования (16) и предельного перехода в окрестности $\theta = \pi$ имеем

$$K_U(\theta) \underset{\theta \rightarrow \pi}{\cong} \frac{-j \frac{Z_i Z_2}{\sin^2 \theta}}{-j \frac{Z_i Z_2}{\sin^2 \theta}} \rightarrow 1.$$

Таким образом, $\theta = \theta_0 \frac{f}{f_0} = \frac{\pi}{2} \frac{f}{f_0} = n\pi, n \in N$.

Точки $f = f_0 2n$ соответствуют полной передаче, т. е. входной импеданс чисто вещественен и равен Z_i .

В зависимости от соотношений между Z_i, Z_1, Z_2, R_H возможно появление еще двух точек с единичной передачей, расположенных симметрично относительно $f = f_0 2n$. Между точками с коротким замыканием на входе лежат диапазоны, где входной импеданс близок к вещественному и равному Z_i , что и требуется от полосно-запирающей структуры.

Предложенные полосно-запирающие структуры достаточно просты в конструктивном исполнении и найдут широкое применение в СВЧ-цепях различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкина О. А., Головков А. А. СВЧ полосовые фильтры с подавлением паразитных полос пропускания // Вопросы радиоэлектроники. Сер. "Радиолокационная техника". 2008. № 4. С. 51–59.
2. Wang H., Chu. Q. -X. An EM-Coupled Triangular Open-Loop Filter with Transmission Zeros Very Close to Passband // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. 2009. № 2. P 71–74.
3. Luo S., Zhu L., Sun S. Stopband-Expanded Low-Pass Filters Using Microstrip Coupled-Line Hairpin Units // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. 2008. № 8. P. 506–509.
4. Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р., Смирнов В. П. Справочник по элементам волноводной техники. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Сов.радио, 1967.

O. A. Babushkina

NEW CONSTRUCTIONS OF BAND-STOP FILTER FOR MICROWAVE RADIOCHANNEL

New constructions of microwave band-stop filters with wide stopband for transmitter-receiver system are presented. Optimal parameters of transmission lines for equal-ripple characteristic $|S_{21}|$ in stop-band and bandwidth are determined.

Spurious bandwidths suppression, band-stop filters, analysis of transfer coefficient

УДК 621.396.6 (024)

A. A. Соловьев

КОМПЕНСАТОР НЕЛИНЕЙНОСТИ АМПЛИТУДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ

Нелинейность амплитудной характеристики усилительного тракта является одной из основных причин возникновения нелинейных искажений при усилении сигналов с изменяющейся амплитудой. Показано, что использование компенсатора позволяет обеспечить высокую линейность амплитудной характеристики всего устройства. Рассмотрены методы построения компенсаторов и получены необходимые расчетные соотношения для параметрического синтеза его основных узлов.

Амплитудная характеристика, нелинейные искажения, радиопередающие устройства, амплитудно-фазовая конверсия

Одной из основных качественных характеристик любого усилительного тракта (УТ) является его комплексная амплитудная характеристика (КАХ), под которой понимается зависимость комплексной амплитуды первой гармоники выходного сигнала от амплитуды моногармонического входного воздействия.

При усилении сигналов с изменяющейся амплитудой нелинейность КАХ приводит не только к искажению огибающей усиливаемого сигнала, но и к появлению паразитной угловой модуляции, вызванной явлением амплитудно-фазовой конверсии [1]. Если подобный УТ входит в состав радиопередатчика, то следствием нелинейности его КАХ является не только

искажение передаваемой информации, но и возникновение внеполосных спектральных составляющих, излучение которых может нарушить нормальное функционирование других радиоэлектронных устройств. В связи с этим обеспечение высокой линейности КАХ УТ вытекает не только из необходимости неискаженной передачи информации, но и из требований, обусловленных реализацией электромагнитной совместимости радиопередатчика с другими радиоэлектронными устройствами.

В данной статье описан метод синтеза универсальных компенсаторов нелинейности (КН) КАХ УТ различного назначения. При этом под КН будем понимать нелинейное устройство, подключенное к УТ и обладающее такой собственной КАХ, что результирующая КАХ всего устройства становится более линейной [2]. В отличие от отрицательной обратной связи по огибающей, используемой для аналогичных целей, применение КН позволяет устранить вредное влияние амплитудно-фазовой конверсии и не способствует самовозбуждению УТ [3].

На рис. 1 приведены наиболее типичные методы подключения КН к УТ. При выборе конкретного варианта, ориентируясь на тот факт, что УТ, как правило, достаточно мощный, необходимо учесть следующее. Более предпочтительным будет считаться тот, использование которого позволит сохранить КПД всего устройства близким к КПД УТ. Естественно, важным требованием является и простота практической реализации компенсатора.

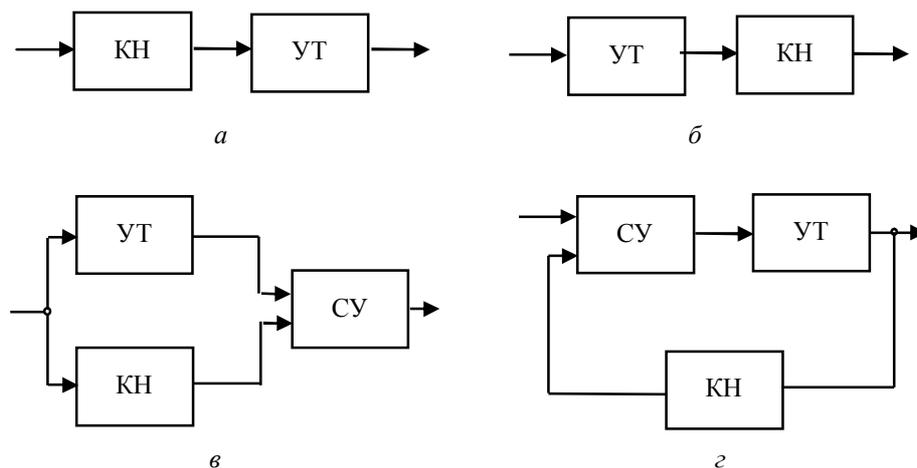


Рис. 1

При использовании схемы на рис. 1, а КН каскадно подключен к входу УТ. Мощность проходящего через него сигнала мала, поэтому он прост в реализации и практически не снижает КПД всего устройства.

В схеме на рис. 1, б КН имеет такую же КАХ, как и предыдущий, но устанавливается на выходе УТ. Следовательно, он работает с большим уровнем мощности проходящего сигнала, что резко усложняет его реализацию и приводит к существенному снижению результирующего КПД.

На рис. 1, в входные зажимы КН и УТ соединены параллельно, а их выходные сигналы суммируются с помощью суммирующего устройства СУ. С целью повышения результирующего КПД СУ должно обеспечивать взаимную электрическую развязку между выходами КН и УТ. Снижение результирующего КПД будет таким же, как и при использовании «связи вперед» [3]. Если УТ является широкополосным и возможна работа на рассогласованную нагрузку, реализация СУ достаточно сложна.

Включение КН в цепь обратной связи (рис. 1, *з*), хотя и не снижает общий КПД, как правило связано с дополнительными трудностями, вызванными необходимостью обеспечения устойчивости.

С учетом изложенного, в дальнейшем будем ориентироваться только на использование схемы на рис. 1, *а*.

При решении поставленной задачи будем считать, что связь между входным воздействием и выходным откликом УТ с достаточной степенью точности описывается отрезком ряда Вольтерра [4], [5]. Сделанное допущение позволяет рассматривать УТ ВЧ- и СВЧ-диапазонов, использующие электровакуумные и полупроводниковые приборы, работающие с целью повышения КПД в существенно нелинейном режиме. С учетом сказанного КАХ УТ представляется в виде степенного полинома с комплексными коэффициентами [4]:

$$\dot{U}_{\text{ВЫХ}} = \left[\sum_m^M A_m(j\omega) U_{\text{ВХ}}^{m-1} \right] \dot{U}_{\text{ВХ}}, \quad (1)$$

где $A_m(j\omega)$ – дробно-рациональные функции; ω – частота входного воздействия; $\dot{U}_{\text{ВХ}}$ и $\dot{U}_{\text{ВЫХ}}$ – комплексные амплитуды входного и первой гармоники выходного сигналов; $m = 2n + 1$; $n = 0, 1, 2, \dots, 0.5(M-1)$; M – максимальная степень полинома (как правило, $M \leq 7$).

Аналогичным образом может быть представлена и КАХ КН:

$$\dot{U}_{\text{ВЫХКН}} = \left[\sum_m^M B_m(j\omega) U_{\text{ВХКН}}^{m-1} \right] \dot{U}_{\text{ВХКН}}, \quad (2)$$

где $B_m(j\omega)$ – дробно-рациональные функции; $\dot{U}_{\text{ВХКН}}$ и $\dot{U}_{\text{ВЫХКН}}$ – комплексные амплитуды входного и первой гармоники выходного сигналов КН.

Процесс проектирования КН включает в себя 2 этапа. На первом этапе определяются коэффициенты полинома (2), описывающего КАХ КН. На втором этапе разрабатывается устройство, обладающее требуемой КАХ.

В зависимости от степени нелинейности КАХ УТ возможны различные методы определения коэффициентов полинома (2). Будем считать, что КАХ УТ слабо нелинейна, если коэффициенты полинома (1) удовлетворяют условию

$$A_1(j\omega) \gg A_3(j\omega) \gg \dots \gg A_M(j\omega) \quad (3)$$

при любом ω . В противном случае КАХ обладает существенной нелинейностью.

При малой нелинейности КАХ достаточно потребовать, как это сделано в [2], чтобы в полиноме, описывающем КАХ всего устройства, присутствовали только линейный член и слагаемые, пропорциональные высоким степеням входного сигнала $U_{\text{ВХКН}}$, влиянием которых можно пренебречь. Применительно к этому случаю в [2] было показано, что если КАХ УТ (1) с требуемой точностью описывается полиномом пятой степени ($M = 5$), то коэффициенты $B_m(j\omega)$, входящие в (2), должны удовлетворять соотношениям:

$$B_1(j\omega) = U_{\text{ВЫХ.макс}} / U_{\text{ВХ.макс}} A_1(j\omega);$$

$$B_3(j\omega) = -4A_3(j\omega)A_1^3(j\omega)/3A_1(j\omega);$$

$$B_5(j\omega) = \frac{24A_3^2(j\omega)B_1^5(j\omega)}{5A_1^2(j\omega)} - \frac{8A_5(j\omega)}{5A_1(j\omega)},$$

где $U_{\text{вх.мах}}$ – амплитуда сигнала на входе УТ, обеспечивающая максимальное значение первой гармоники сигнала на его выходе $U_{\text{вых.мах}}$.

При выполнении приведенных равенств КАХ всего устройства не будет содержать слагаемых, пропорциональных третьей и пятой степеням $\dot{U}_{\text{вхКН}}$, а влиянием более высоких степеней в силу «малой» нелинейности исходного УТ можно пренебречь (см. (1) и (3)). Естественно, что последнее утверждение несправедливо для усилителя, КАХ которого существенно нелинейна, так как все $A_m(j\omega)$ сравнимы друг с другом и неравенство (3) не выполняется.

В этом случае для определения коэффициентов $B_m(j\omega)$ целесообразно воспользоваться обратной КАХ, под которой будем понимать зависимость $\dot{U}_{\text{вх}}$ от $\dot{U}_{\text{вых}}$:

$$\dot{U}_{\text{вх}} = \left[\sum_m^M C_m(j\omega) U_{\text{вых}}^{m-1} \right] \dot{U}_{\text{вых}}. \quad (4)$$

Коэффициенты $C_m(j\omega)$ могут быть определены аппроксимацией КАХ (1). При этом необходимо поменять местами функцию и аргумент. Подчеркнем также, что $U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{вых}}$ должны лежать только в области возрастающего участка КАХ УТ. В противном случае зависимость $U_{\text{вх}}$ от $U_{\text{вых}}$ перестанет быть однозначной.

Далее потребуем, чтобы результирующая КАХ УТ с КН стала линейной, а фазы сигналов на входе и выходе всего устройства отличались на целое число 2π , т. е.

$$U_{\text{вых}} = k U_{\text{вх КН}}, \quad (5)$$

где $k \leq U_{\text{вых.мах}}/U_{\text{вх.мах}}$.

Подставив $U_{\text{вх КН}}$ из (5) в (2), получим:

$$\dot{U}_{\text{вх}} = \dot{U}_{\text{вых КН}} = \left[\sum_m^M B_m(j\omega) \frac{U_{\text{вых}}^{m-1}}{k^m} \right] \dot{U}_{\text{вых}}. \quad (6)$$

Нетрудно заметить, что соотношения (4) и (6) описывают одну и ту же зависимость $U_{\text{вх}}$ от $U_{\text{вых}}$ в виде степенного полинома, поэтому коэффициенты обоих полиномов при одинаковых степенях $U_{\text{вх}}$ должны быть равны между собой. Следовательно,

$$B_m(j\omega) = C_m(j\omega) k^m. \quad (7)$$

Таким образом, знание обратной КАХ УТ является достаточным условием для синтеза КН с заданной характеристикой.

В соответствии с соотношением (2) КН должен содержать $(M+1)/2$ каналов: первый – линейный ($m=1$), остальные – нелинейные ($3 \leq m \leq M$). Номер канала i ($i=1, 2, \dots, I$) связан с m очевидным соотношением: $i = (m+1)/2$. Входные зажимы всех каналов соединены параллельно, а их выходные сигналы суммируются в общей нагрузке с помощью СУ. Для

исключения влияния каналов друг на друга суммирующее устройство должно обеспечить взаимную электрическую развязку. Схема КН представлена на рис. 2.

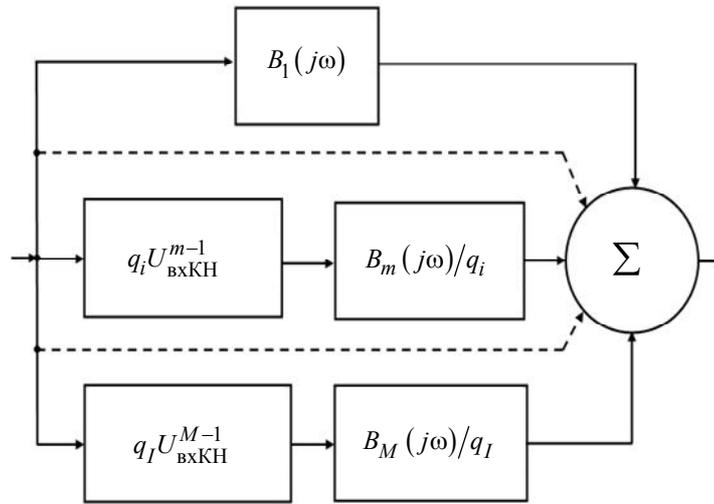


Рис. 2

При этом каждый из нелинейных каналов представляет собой каскадное соединение резистивного нелинейного и линейного четырехполосников. Сигнал на выходе нелинейного четырехполосника должен быть пропорционален нечетной степени его входного сигнала: $q_i u^m$, а коэффициент передачи линейного четырехполосника равен $B_m(j\omega)/q_i$.

Синтезировать нелинейные четырехполосники с подобными характеристиками достаточно сложно, поэтому воспользуемся рекомендациями, предложенными в [2]. В качестве нелинейного четырехполосника в каждом из каналов используем устройство, принципиальная схема которого приведена на рис. 3. Катушки индуктивности и конденсаторы, включенные в схему, выполняют роль разделительных элементов и не влияют на коэффициент передачи четырехполосника на частоте ω . Амплитудная характеристика такой схемы в каждом i -м канале

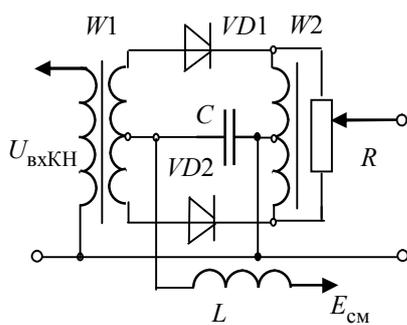


Рис. 3

имеет вид: $U_{\text{ВЫХ. } i} = \sum_m a_{im} U_{\text{ВХКХ}}^m$, а коэффициенты a_{im} должны быть известны.

Для того чтобы КАХ такого КН совпадала с требуемой, коэффициенты передачи линейной части каждого из каналов $D_i(j\omega)$ должны удовлетворять следующей системе линейных уравнений:

$$\begin{cases} a_{11}D_1(j\omega) + a_{21}D_2(j\omega) + \dots + a_{I1}D_I(j\omega) = B_1(j\omega); \\ a_{23}D_2(j\omega) + \dots + a_{I3}D_I(j\omega) = B_3(j\omega); \\ \vdots \\ a_{2M}D_2(j\omega) + \dots + a_{IM}D_I(j\omega) = B_M(j\omega). \end{cases} \quad (8)$$

Единственность решения системы уравнений (8) легко реализуется на практике выбором различных значений напряжения смещения $E_{\text{см}}$ в каждом из каналов (рис. 3).

При моногармоническом входном воздействии в выходном сигнале синтезированного нелинейного четырехполюсника будут присутствовать только нечетные гармоники с частотой $(2n + 1)\omega$, поэтому для обеспечения фильтрации высших гармоник на выходе КН необходимо включить соответствующий фильтр. Это ограничивает широкополосность КН и приводит к тому, что его коэффициент перекрытия по частоте становится меньше трех. Попутно отметим, что задача фильтрации высших гармоник может быть возложена и на линейные четырехполюсники, входящие в состав каждого из каналов КН.

Синтез самих линейных четырехполюсников с заданной частотной характеристикой $D_i(j\omega)$ подробно описан в литературе и в настоящей статье не рассматривается. Укажем только, что в процессе реализации целесообразно воспользоваться рекомендациями, изложенными, например, в [5]. Кроме того, необходимо также учитывать, что возможность физической реализуемости и сложность самого линейного четырехполюсника могут наложить дополнительные существенные ограничения на широкополосность КН.

В ряде случаев более предпочтительным может оказаться другой подход к построению линейной части каждого из каналов КН. Напомним, что одной из задач, решаемых с помощью включения КН, является устранение зависимости фазы выходного сигнала УТ от амплитуды входного воздействия, вызванной явлением амплитудно-фазовой конверсии. В рассмотренном методе построения КН изменение фазы сигнала на выходе УТ компенсировалось соответствующим изменением фазы сигнала на его входе. Это достигалось за счет того, что коэффициенты полинома, описывающего КАХ КН, были комплексными.

Однако аналогичного результата можно добиться и при вещественных коэффициентах полинома, если сигнал возбуждения УТ формировать как сумму двух квадратурных составляющих, каждая из которых проходит через собственный КН. Функциональная схема такого устройства представлена на рис. 4. При этом сигнал на входе всего устройства также должен быть первоначально представлен в виде двух квадратурных составляющих, формирующихся с помощью фазорасщепителя ФР, каждая из которых поступает на вход своего КН. Для определения коэффициентов передачи линейных частей отдельных каналов каждого из КН можно воспользоваться системой уравнений (8), подставив в их правую часть $\text{RE}[B_i(j\omega)]$ для косинусного канала и $\text{IM}[B_i(j\omega)]$ – для синусного. Здесь $\text{RE}[\dots]$ и $\text{IM}[\dots]$ – вещественная и мнимая составляющие выражения в квадратных скобках. Полученные при этом значения коэффициентов D_i станут вещественными.

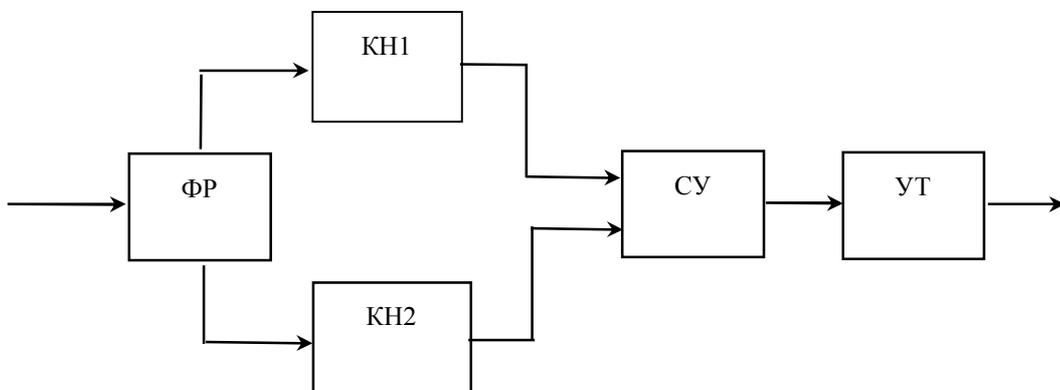


Рис. 4

Если при смене рабочей частоты ω изменяется КАХ УТ, соответствующим образом должны быть изменены и коэффициенты D_i . При небольшом числе возможных рабочих частот все необходимые значения D_i могут быть вычислены заранее. Тогда при смене частоты одновременно следует изменять и D_i .

Использование современных микропроцессоров, амплитудных и фазовых детекторов (АД и ФД) и делителей с электронно-управляемыми коэффициентами передачи D_i позволяет построить адаптивный КН. В этом случае при смене рабочей частоты на вход УТ сначала должен подаваться тестовый испытательный сигнал с требуемой несущей частотой и со ступенчатым законом изменения амплитуды. По данным измерений с помощью АД и ФД амплитуд и фаз сигналов на входе и выходе УТ строится полином (4), описывающий обратную КАХ. Затем, используя соотношение (7), находятся требуемые значения $B_m(j\omega)$ и определяются и устанавливаются нужные коэффициенты передачи D_i . Затем на вход устройства подается подлежащий усилению сигнал.

Наиболее часто необходимость использования КН может возникнуть при построении усилительных трактов радиопередатчиков. Сигнал, поступающий на вход его УТ, формируется в возбuditеле и обычно имеет стандартное максимальное значение амплитуды. В связи с этим КН, включенный между возбuditелем и УТ, также будет работать в фиксированном диапазоне входных и выходных сигналов вне зависимости от выходной мощности самого радиопередатчика. Кроме того, диапазон возможных значений несущей частоты, в пределах которого конкретные АД и ФД сохраняют свои характеристики, достаточно широк. Изложенное позволяет утверждать, что один и тот же адаптивный КН может с успехом использоваться в УТ радиопередатчиков с различным уровнем выходной мощности и работающих в различных диапазонах частот. Таким образом, КН является универсальным средством линеаризации КАХ широкого класса УТ различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафин В. Г., Соловьев А. А. Особенности использования метода амплитудных характеристик для спектрального анализа процессов в инерционных нелинейных радиоустройствах // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2000. Вып. 2. С. 37–43.
2. Соловьев А. А., Володченко С. Л. Основы синтеза устройств, линеаризующих амплитудную характеристику усилительного тракта // 6-й Междунар. симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии, СПб., 21–24 июня 2005. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. С. 239–241.
3. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О. В. Алексеева. М.: Радио и связь, 1987.
4. Алексеев О. В., Асович П. Л., Соловьев А. А. Спектральные методы анализа нелинейных радиоустройств с помощью ЭВМ. М.: Радио и связь, 1985.
5. Данилов Л. В. Ряды Вольтерра-Пикара в теории нелинейных электрических цепей. М.: Радио и связь, 1987.

A. A. Solovyov

COMPENSATOR OF NONLINEARITY OF AMPLIFICATION PATHS AMPLITUDE CHARACTERISTICS

Nonlinearity of amplitude characteristic of radiotransmitters amplification path is one of the rationales causing nonlinear distortions and out-of-band spectral components. Using of amplitude-and-phase compensator ensures high linearity of amplitude characteristic even if the original one was essentially nonlinear. Some methods of amplitude-and-phase compensator designing are considered. Necessary design formulas are taken for parametric synthesis of its crucial components.

Amplitude characteristic, nonlinearity distortion, radiotransmitter, amplitude-and-phase conversion



УДК 001.891.573:658.519.6

В. А. Смирнова

МЯГКОЕ КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Предлагается методика календарного планирования, не основанная на теории расписаний. Планы строятся по оригинальным математическим моделям с использованием линейного программирования.

Мягкое календарное планирование, максимальный поток

Проблема календарного планирования. Распространение компьютеров породило желание использовать их в оперативном управлении производством. Так возникла проблема календарного планирования (КП). В 60-е гг. XX в. широкое распространение получили пакеты программ, реализующих функции КП. Современные пакеты превосходят их в техническом отношении, но не отличаются по существу. Это наводит на мысль, что теория КП с тех пор не развивалась, т. е. пошла по неправильному пути.

По-видимому, дело в том, что КП не поддается традиционной научной методологии. Последняя сформировалась на базе естественных наук. Самое главное в этой области – построить математическую модель известного явления. Одним из главных критериев ее корректности является однозначность результата расчета, поскольку модель описывает закон, установленный, существующий от природы. В КП устанавливать нечего. Здесь требуется построить план, устраивающий людей (исполнителей, их руководителей, заказчиков) при определенных ограничениях, опять-таки созданных людьми. Таким образом, занимаясь КП, очень важно суметь преодолеть стереотипы, часто – неосознанные.

Все эти годы математической основой КП была теория расписаний, изучающая задачи построения оптимальных расписаний. Эти задачи заинтересовали математиков, специалистов по целочисленному программированию, посвятивших им множество работ. Не имея ничего иного, практики положили эти модели в основу своих разработок, и такой подход стал господствующим.

Подразумевается следующий метод управления процессами производства. После ввода информации о производственной программе (ПП) в виде набора сетевых моделей с трудоемкостями каждой работы и сроками выполнения и информации об ограничениях производ-

ственных мощностей рассчитывается расписание работ, определяющее состояние каждой работы на каждый момент планируемого периода. Этого расписания затем стараются придерживаться. Периодически расписание пересчитывается заново после приведения исходной информации в соответствие с состоянием производства на расчетный момент.

Здесь, как отмечалось ранее, сильно ощущается привычка к однозначности. Между тем КП вовсе не требует однозначности. Она даже вредна, поскольку ни в какой формальной постановке не учесть всех факторов, влияющих на выполнение ПП. К тому же критерий оптимальности не обоснован и не существует практически пригодного метода решения задачи, в связи с чем в существующих пакетах планы-графики (ПГ) строятся эвристическими алгоритмами, создающими псевдооптимальный, по сути – случайный вариант ПГ.

КП применяется не только на производстве. Обратимся к области деятельности, в которой КП используется давно и разнообразно. Это пассажирский транспорт, который дает поучительные примеры КП. Далеко не всегда приходится иметь дело с расписаниями. Например, в метро расписания составляются только для собственных служб, а для пассажиров их нет, но интервалы между поездами меняются с изменением пассажиропотока, а иногда урезают и пассажиропоток, частично или полностью перекрывая входы на станцию. Расписание поездов на железной дороге действует на согласуемые потоки по-разному: пассажиры должны прийти не позже определяемого расписанием момента, поезд не имеет права отправиться раньше, тогда как некоторая задержка допустима. Можно привести примеры, когда сроки, указанные в расписании, требуется соблюдать с высокой точностью. Бывает, что они служат ограничениями сверху или снизу. В производственном планировании многие сроки являются ориентирами и практически могут нарушаться в любую сторону. В одном и том же расписании могут встречаться сроки разных типов. Так что мало составить расписание, надо еще решить, как им пользоваться. Таким образом, проблема КП явно выходит за рамки разработки расписаний.

По-видимому, под КП следует понимать совокупность приемов, обеспечивающих соответствие между производственными ресурсами и ПП в ходе ее выполнения.

Вообще-то в КП различают 2 вида ресурсов: складированные и нескладированные. Складированные – это те, которые, не будучи израсходованы сегодня, не пропадают и могут быть израсходованы впоследствии (материалы, деньги). КП в основном занимается нескладированными ресурсами, поскольку учет складированных достаточно прост. Нескладированные ресурсы – это мощности: неиспользованные сегодня человеко-часы или так называемые нормочасы (оборудования) пропадают.

Основную роль играет прогноз потребности в ресурсах в течение периода планирования. Если он показывает недостаточность какого-либо ресурса на некотором отрезке времени, то несоответствие может быть устранено либо уменьшением потребности в используемом ресурсе, либо увеличением его количества на соответствующем отрезке времени. Уменьшение потребности может, в частности, быть достигнуто организацией потока потребности в ресурсе, одним из методов которой является построение расписаний. Таким образом, теория расписаний в КП имеет отношение к важной, но достаточно узкой его части.

Основную роль в КП нужно отвести математическим моделям объемного КП (ОКП). Искомыми переменными здесь являются не интенсивности работ в каждый момент планируемого периода, а части (объемы) работ, приходящиеся на выделенные пользователем интервалы. Входная информация здесь та же, что и для планирования на основе теории расписаний, но понимается она по-другому. Если объем работы составляет, например, 120 человеко-дней, а длительность – 30 дней, то это означает не то, что 4 человека должны работать на ней 30 дней подряд, а то, что 30 дней – ее минимальная длительность, т. е. на эту работу нельзя ставить больше четырех человек. И планируется не интенсивность на каждый день, а только объемы работ, приходящиеся на интервалы разбиения периода планирования, сделанного пользователем на данный расчет. Разбиение это является одним из регуляторов точности планирования. Обычно начало периода разбивается мельче, дальше интервалы увеличиваются, а в конце предусматривается большой интервал для остатков работ.

Календарное планирование на основе объемных моделей назовем мягким (МКП) в отличие от планирования на основе теории расписаний, которое будем называть жестким. В МКП гибко взаимодействуют две основные функции: оценка выполнимости программы, построение и ведение ПГ. Вначале выясняется, можно ли выполнить заданный объем работ с заданными сроками при имеющихся производственных мощностях. В постановке этой задачи условия технологической зависимости между работами ослабляются, и задача сводится к задаче о максимальном потоке (см. далее). Если выполнить все работы невозможно, метод подсказывает изменения исходных данных, ведущие к разрешению проблемы. Это могут быть изменения в ПП (увеличение сроков выполнения некоторых заказов или отказы от них), а также решения об увеличении некоторых производственных мощностей в определенных интервалах времени. Достигнутое соответствие теоретически не гарантирует существования ПГ, по которому вся программа будет выполнена при данных ограничениях, но модельные и реальные расчеты показали, что практически это так.

При расчете и ведении ПГ могут сочетаться программные и ручные функции. ПГ внешне представляет собой обычный линейный график, отрезки которого отображают части заданных работ, характеризуемые наименованием производственного ресурса, моментом начала, длительностью и объемом. ПГ может полностью вестись вручную. Программный расчет ПГ осуществляется оригинальными методами. В рассчитанных ПГ могут быть сделаны любые изменения. ПГ более детально вблизи расчетной даты, слева от нее отображаются фактически выполненные объемы работ. Соблюдать ПГ, полученный в процессе диалога, намного естественнее и легче, чем построенный с помощью эвристического алгоритма. Учет отклонений и внесение желательных изменений в ПГ производятся естественным образом в ходе периодических или специальных пересчетов ПГ.

Возникает вопрос, чем объясняется широкое использование жесткого планирования в практике управления производством. Дело в том, что построенное расписание какое-то время может использоваться непосредственно. Но, главное, оно позволяет определить загрузку ресурсов, усредненную, например, ежемесячно, а это и есть те переменные, с которыми работает МКП. Однако жесткое планирование не обладает ни достоверным прогнозом, ни мето-

дами управления загрузкой ресурсов. Пользователь вынужден удовлетворяться прогнозом загрузки, полученным с использованием одного, по сути дела случайного, расписания. Кроме того, даже не очень хорошее планирование лучше его отсутствия.

Важность ОКП была понятна давно, однако математические модели здесь не очевидны, шаблонные подходы вели к неуклюжим моделям с целочисленными переменными, для которых не удается построить удовлетворительных методов решения. Искусство разработки моделей ОКП состоит в умении найти способ учета технологических зависимостей, не требующий введения целочисленных переменных, и подходящую декомпозицию задачи, чтобы уменьшить размерность. Далее будут показаны примеры решения этих проблем.

Математическая модель ОКП технологически независимых работ. Эта модель используется как ядро в нижеследующих задачах. Здесь каждая работа или технологический этап (ТЭ) имеет независимые временные ограничения: раннее начало e_i и позднее окончание s_i . Кроме того, работа характеризуется минимальной длительностью t_i , $i \in (1: I)$, объемом v_i и фронтом $f_i = v_i / t_i$. Объем и фронт могут быть и векторами, но пока рассматривается случай одного ресурса.

Задается также разбиение периода планирования $[0: L]$ на K интервалов числами $0 = l_1 < l_2 < \dots < l_k = L$, на каждом из которых задано ограничение b_k на потребление ресурса.

Задача, которую в дальнейшем будем обозначать задачей 1, является задачей о максимальном потоке в транспортной сети S , состоящей из следующих элементов:

- Источника o ; ряда узлов, соответствующих работам $i \in (1: I)$; ряда узлов, соответствующих интервалам разбиения $k \in (1: K)$; стока w .
- Дуг u_{oi} с пропускными способностями $c_{oi} = v_i$, соединяющих источник o с узлами $i \in (1: I)$; дуг u_{ik} , ведущих от узлов $i \in (1: I)$ в узлы $k \in (1: K)$, с пропускными способностями $c_{ik} = f_i \max(0, \min(s_i, l_k) - \max(e_i, l_{k-1}))$, определяемыми фронтом работ и длиной отрезка – пересечения интервала (l_{k-1}, l_k) с интервалом (e_i, s_i) ; дуг u_{kw} с пропускными способностями $c_{kw} = b_k$, соединяющих узлы $k \in (1: K)$ со стоком w .

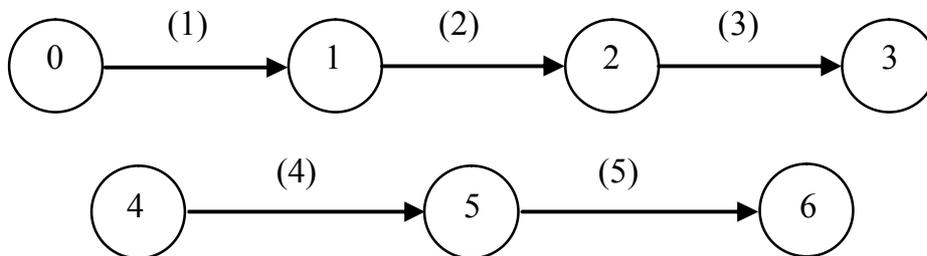


Рис. 1

Следующий пример будет полезен при дальнейшем изложении.

На рис. 2 представлена соответствующая рис. 1 транспортная сеть S . В ней не проведены дуги с нулевыми пропускными способностями. Пропускные способности проставлены около начальных (верхних) частей дуг, потоки – возле концов дуг. Нулевые потоки не проставляются.

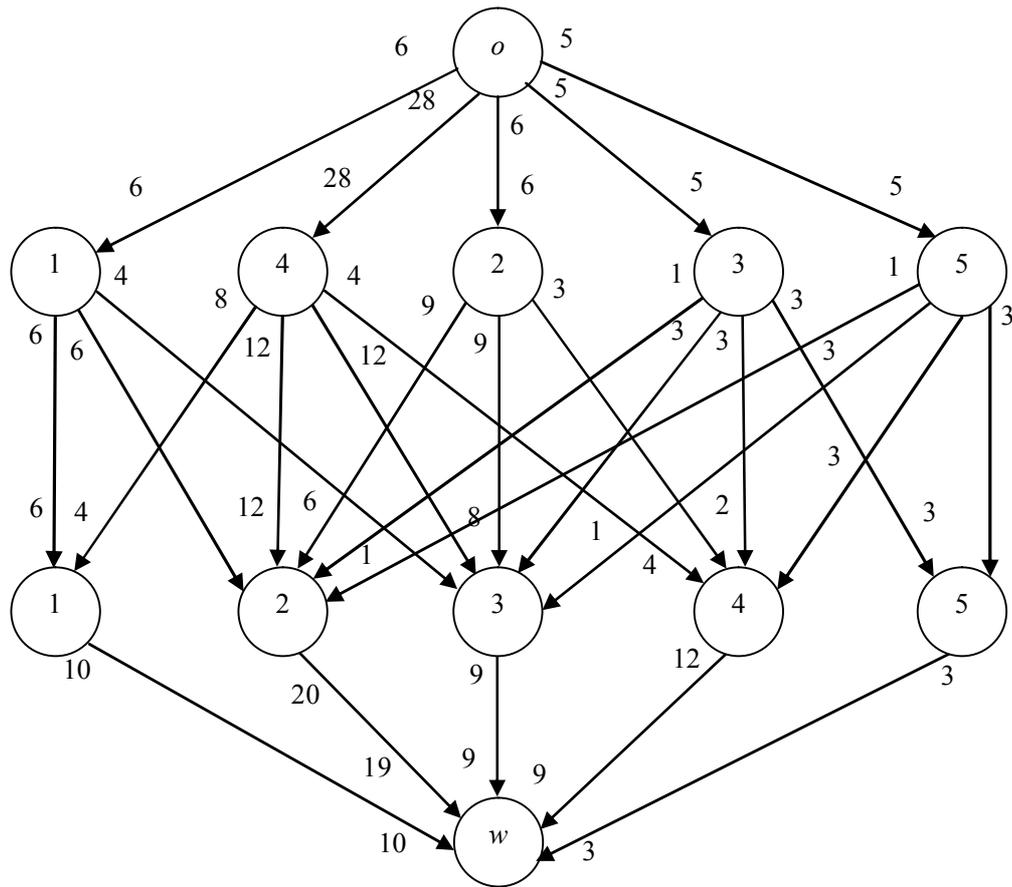


Рис. 2

Максимальный поток в сетях обычно вычисляют методом Форда–Фалкерсона, использующим следующий способ пометок узлов сети.

Источник считается помеченным. Далее пометки присваиваются по нижеследующим правилам.

Если из помеченного узла v в непомеченный узел v_1 ведет ненасыщенная дуга (v, v_1) , то узел v_1 получает пометку $+v$. Если из непомеченного узла v в помеченный узел v_1 ведет дуга (v, v_1) с положительным потоком, то узел v получает пометку $-v_1$. Это дает возможность перераспределять поток между путями. Положительная пометка означает, что в данный узел может быть доставлен из источника дополнительный поток. Для восстановления баланса надо или увеличить поток по одной из исходящих дуг, или уменьшить его на одной из входящих (именно эта возможность обозначается отрицательными пометками).

Если в процессе пометки помечается сток, то поток можно увеличить. Для этого обратным ходом по пометкам отыскивается цепь от источника к стоку, на дугах которой поток изменяется на одно и то же значение ε : увеличивается, если ориентация дуги в цепи совпадает с ее ориентацией в сети, и уменьшается в противном случае. Значение ε выбирается как минимум из разностей $c_{ij} - x_{ij}$ на прямых дугах и значений x_{ij} – на обратных.

Если при некотором потоке X сток пометить не удастся, то этот поток максимален.

Из правил пометки вытекает, что при максимальном потоке дуги, ведущие в помеченные узлы из непомеченных, имеют нулевой поток, а дуги, ведущие из помеченных узлов в непомеченные, всегда насыщены. Последние составляют минимальный разрез сети, ближайший к ис-

точнику. Разрезом называется любое подмножество дуг сети, удаление которого нарушает связь источника со стоком. Пропускная способность разреза – это сумма пропускных способностей его дуг. Минимальным называется разрез, имеющий минимальную пропускную способность. Очевидно, в сети может существовать более одного минимального разреза. Уровень потока через транспортную сеть не превосходит пропускной способности ее минимального разреза. Теорема Форда–Фалкерсона утверждает, что эти 2 значения равны.

Сети, соответствующие рассматриваемой задаче, имеют специальную структуру: в узлы $i \in (1 : I)$ заходят дуги только из источника, выходят из них дуги только в узлы $k \in (1 : K)$; в последние не заходят более никакие дуги, а выходят из них лишь дуги к стоку w .

Следовательно, узлы $i \in (1 : I)$ могут иметь положительную пометку только от источника, а отрицательную – только от узлов $k \in (1 : K)$; последние могут иметь лишь положительные пометки от узлов $i \in (1 : I)$.

Эти свойства используются как при анализе задач, так и при построении вычислительных процедур. Учитывается также и то обстоятельство, что в рассматриваемых сетях из того, что $c_{ik-1} > 0$ и $c_{ik+1} > 0$, следует, что $c_{ik} > 0$.

Что касается дуг, соединяющих помеченные узлы, то поток на них может быть различным, т. е. наличие таких дуг указывает на неединственность максимального потока, так как поток на них может принимать различные значения.

ОКП определяет объемы работ, приходящиеся на интервалы разбиения, которые однозначно интерпретируются только в случаях достижения одной из границ в ограничениях. Внутри же ограничений они не интерпретируются вовсе, и это является существенным отличием от позиции жесткого планирования, предписывающего интенсивность каждой работы в каждый момент времени. ОКП же исходит из идеи, что если усредненные объемы удовлетворяют производственным ограничениям, то в ходе выполнения плана с большой вероятностью найдется способ реализовать объемы, близкие к запланированным. Отклонения от них просто учитываются при очередной корректировке плана.

Учет технологических зависимостей. В этой практически важной и математически трудной задаче ключевую роль играет простой способ учета технологических зависимостей.

Каждый ТЭ, $i \in (1 : i)$, имеет левое и правое события $j1(i)$ и $j2(i)$, причем правое событие ТЭ совпадает с левым событием непосредственно следующего ТЭ. События подразделяются на начальные (левые события первых ТЭ), конечные (правые события ТЭ, завершающих работы по объекту) и промежуточные. Если сопоставить начальным событиям сроки начала ТЭ по объектам, конечным – сроки окончания, а каждому промежуточному событию $j = (i1, i2)$, где $i1, i2$ – инцидентные ТЭ, – момент r_j , раньше которого нельзя начать ТЭ $i2$ и к которому нужно закончить ТЭ $i1$, то каждый ТЭ получает временные границы.

Множество событий обозначим через J , а совокупность сопоставленных им моментов $r = \{r_j\}$, $j \in J$, назовем расписанием. В отличие от жесткого планирования здесь расписание является лишь составной частью ПГ.

Расписание называется допустимым, если

$$r_{j2(i)} - r_{j1(i)} \geq t_i, \quad i \in (1: I),$$

т. е. каждому ТЭ отведен отрезок времени, не меньший его минимальной длительности. Множество допустимых расписаний обозначается через R .

При каждом $r \in R$, заменив e_i, s_i компонентами расписания $r_{j1(i)}$ и $r_{j2(i)}$, имеем задачу

1. Требуется отыскать допустимое расписание, при котором в решении задачи 1 максимальный поток имел бы наибольшую величину.

Если для некоторого $r^* \in R$ решение задачи 1 предусматривает выполнение всех объемов ТЭ, то расписание r^* называется реализуемым.

Задача формирования программы (ФП). Строится сеть S , в которой пропускные способности c_{ik} вычисляются при независимых временных ограничениях для ТЭ – ранних началах и поздних окончаниях. Сеть S не соответствует какому-либо расписанию $r \in R$. Очевидно, максимальный поток через сеть $S(r)$ для любого $r \in R$ не превосходит максимального потока через сеть S . Таким образом, задача 1 на сети S является оценочной задачей (ОЗ) для задачи с технологическими зависимостями.

Решение задачи 1 не гарантирует выполнения всех объемов работ. Оно является промежуточным результатом и предусматривает дальнейшую работу с ним, которой помогает то обстоятельство, что метод Форда–Фалкерсона расчета максимального потока находит и минимальный разрез в сети. Это позволяет определить ограничения, ослабление которых может привести к увеличению потока.

Если решение ОЗ не дает выполнения всех ТЭ, то вычисляются перегрузки (оптимальные в заданном смысле (см. [1])), при которых вся программа может быть выполнена. Пользователь может согласиться на них полностью или частично, а также выяснить влияние увеличения сроков и других возможных изменений условий задачи, а затем выбрать среди них устраивающие его. Таким образом, в режиме диалога достигается соответствие между ограничениями и программой. Возможен и автоматический режим. При этом план выполнения ПП не строится, что является достаточно непривычным. Поэтому данная простая задача возникла позже других излагаемых здесь задач.

Непривычной является идея, что наличие решения ОЗ, при котором выполняется весь объем работ, по существу обеспечивает существование такого решения при расчете ПГ. Это проверялось на модельных и реальных расчетах и связано с основной идеей объемного подхода: соответствие объемных показателей по существу обеспечивает реализуемость плана.

Алгоритмы построения ПГ при технологически зависимых работах. Первый алгоритм решения задачи работает только с технологическими моделями в виде последовательностей ТЭ, в каждом из которых могут участвовать несколько учитываемых ресурсов. Начиная с расписания r^0 , у которого все промежуточные события стоят в ранних началах, алгоритм старается построить цепочку сдвигов, приводящую к увеличению максимального потока через самый левый ненасыщенный ТЭ. Если учитываются несколько ресурсов, то

при отыскании цепочки сдвигов итерация работает с тем из них, по которому рассматриваемый ТЭ не насыщен в наибольшей степени. Потоки по остальным ресурсам пересчитываются после реализации цепочки сдвигов.

Такой алгоритм приближенного решения задачи оказался вполне удовлетворительным для практики. Специальные испытания показали (см. [2]), что он находит реализуемое расписание или близкое к нему всегда, когда таковое существует.

Хотя идея алгоритма проста, разработке его предшествовал тонкий анализ связей между сдвигами событий и максимальным потоком, а также других свойств задачи. Программная реализация потребовала значительных усилий, особенно трудно было точно согласовать величины сдвигов в цепочке. Несмотря на сложность, алгоритм работает достаточно быстро, его трудоемкость возрастает линейно с ростом числа ТЭ. Число учитываемых ресурсов на трудоемкость влияет незначительно. В связи с этим следует заметить, что в системах МКП редко возникает нужда в решении задач большого объема, так как перепланируется обычно лишь небольшая часть ПП.

Опыт применения ОЗ навел на мысль о дальнейшем усовершенствовании алгоритма. Новый алгоритм построения ПГ начинается с решения ОЗ. Затем последовательно устанавливаются события, однако не все, а только не слишком удаленные (горизонт задает пользователь). Алгоритм устанавливает события, учитывая их технологическую последовательность в пределах горизонта. При определении положений событий существенно используется максимальный поток, полученный при решении ОЗ. А именно: находится самый правый объем x_{ik} для ТЭ, правым концом которого является рассматриваемое событие. Момент события определяется этим объемом: либо от l_k (добавлением величины x_{ik}/f_i), либо от положений предшествующих событий (если они также находятся в интервале k). Подробнее этот алгоритм описан в [3].

Данный алгоритм имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с алгоритмом, реализованным ранее. Он гораздо проще и работает намного быстрее. Он легко реализовался для общего случая технологической зависимости ТЭ. Кроме того, в разработанной программе задачи формирования ПП и расчета ПГ объединены.

Модели для мелкосерийного производства. Мелкосерийное производство отличается от единичного, рассмотренного ранее, тем, что для каждого объекта кроме технологической схемы и сроков задается еще размер партии g_n , т. е. количество одинаковых изделий, которое нужно изготовить. При этом существенно, что допускается последовательно-параллельное изготовление. Это означает, что изделие (или иная малая часть партии), прошедшее обработку на какой-либо операции, поступает на следующую операцию, не дожидаясь необработанных изделий. Иначе применима модель единичного производства.

При такой организации труда стыки между операциями (события) распадаются на много мелких, и учет технологических зависимостей через расписание не проходит. Однако оказывается, что данное обстоятельство делает задачу математически проще, так как в этом случае модель становится чисто линейной, поскольку условия, наложенные на расписание, заменяются линейными условиями на сами переменные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А. Н. Задача о равномерной загрузке // Кибернетика. 1967. № 2. С. 60–62.
2. Смирнов А. Н. Математическая модель объемного календарного планирования технологически зависимых операций // Автоматика и телемеханика. 1985. № 10. С. 108–115.
3. Смирнов А. Н. Объемное календарное планирование – основа оперативного управления // Вестник СПбГУ. Прикладная математика, информатика. Процессы управления. 2005. Сер. 10. Вып. 1–2.

V. A. Smirnova

SOFT CALENDAR PLANNING

The technique of the calendar planning not based of construction of the optimum schedules. The plans are under construction of the basis of original mathematical models of linear programming.

Soft calendar planning, the maximal flow

УДК 681.3

Кутуан Ака Атаназ

СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СИСТЕМ АТМОСФЕРНОГО МОНИТОРИНГА

Рассматривается возможность построения систем атмосферного мониторинга на базе современных полупроводниковых детекторов и цифровых сигнальных микроконтроллеров. Также приводится структура и описывается функционирование современного вычислительного устройства атмосферного мониторинга на базе этих средств.

Атмосферный мониторинг, полупроводниковый детектор, цифровой сигнальный микроконтроллер, метод $\Delta E-E$, логика совпадений-антисовпадений

В связи с возрастающим воздействием человеческой деятельности на окружающую среду в числе важнейших общечеловеческих проблем оказалась задача охраны окружающей среды, сохранения в допустимых пределах уровня загрязнения. Решение этой задачи как в отдельных регионах, так и в масштабах всей планеты невозможно без создания соответствующего оборудования для мониторинга окружающей среды, отвечающего современным требованиям науки и техники. В последнее десятилетие задача эффективного контроля и защиты воздушного бассейна от промышленных загрязнений приобретает еще большую актуальность [1], [2].

Существенную трудность при анализе качества воздуха и выработке действенных мероприятий по поддержанию чистоты воздушного бассейна представляет фиксация и оперативная оценка как временных, так и пространственных колебаний концентраций и энергий отдельных ингредиентов. Временной фактор может быть обеспечен автоматизацией и непрерывностью процесса измерения. Пространственная плотность измерений в каждом конкретном случае выбирается на основе компромисса между требуемой точностью и экономическими возможностями.

Современные портативные устройства атмосферного мониторинга в основном строятся на базе радиационных и газовых полупроводниковых детекторов и с использованием современных цифровых сигнальных микроконтроллеров. Эти средства позволяют увеличить точность и быстродействие устройств, уменьшить временные и финансовые затраты на их разработку, а также создавать унифицированные схемы устройств атмосферного мониторинга и вести их проектирование и программирование независимо от характера анализируемого вещества (радиация, газ или другое). Такой подход расширяет функциональные возможности устройств атмосферного мониторинга, делает их многофункциональными [3], [4].

Рассмотрим подробнее современные полупроводниковые детекторы и цифровые сигнальные микроконтроллеры, а также структуру и функционирование современного вычислительного устройства атмосферного мониторинга на их основе.

Полупроводниковые детекторы. Полупроводниковый детектор (ПД) в ядерной физике – прибор для регистрации ионизирующих излучений, основным элементом которого является кристалл полупроводника. ПД работает подобно ионизационной камере с тем отличием, что ионизация происходит не в газовом промежутке, а в толще кристалла. ПД представляет собой полупроводниковый диод, на который подано обратное (запирающее) напряжение ($\sim 10^2$ В). Слой полупроводника вблизи границы p – n -перехода с объемным зарядом «обеднен» носителями тока (электронами проводимости и дырками) и обладает высоким удельным электросопротивлением. Заряженная частица, проникая в него, создает дополнительные (неравновесные) электронно-дырочные пары, которые под действием электрического поля «рассасываются», перемещаясь к электродам ПД. В результате во внешней цепи ПД возникает электрический импульс, который далее усиливается и регистрируется (рис. 1).

Заряд, собранный на электродах ПД, пропорционален энергии, выделенной частицей при прохождении через обедненный (чувствительный) слой. Поэтому, если частица полностью тормозится в чувствительном слое, ПД может работать как спектрометр. Средняя энергия, необходимая для образования одной электронно-дырочной пары в полупроводнике, мала (у Si 3,8 эВ, у Ge $\sim 2,9$ эВ). В сочетании с высокой плотностью вещества это позволяет получить спектрометр с высокой разрешающей способностью ($\sim 0,1\%$ для энергии ~ 1 МэВ). Если частица полностью тормозится в чувствительном слое, то эффективность ее регистрации $\sim 100\%$. Большая подвижность носителей тока в Ge и Si позволяет собрать заряд за время ~ 10 нс, что обеспечивает высокое временное разрешение ПД.

В первых ПД (1956–57 гг.) использовались поверхностно-барьерные или сплавные p – n -переходы в Ge. Эти ПД приходилось охлаждать для снижения уровня шумов (обусловленных обратным током), они имели малую глубину чувствительной области и не получили распространения. Практическое применение в 60-е гг получили ПД в виде поверхностно-барьерного перехода в Si (рис. 1, а). Глубина чувствительной области W в таких ПД определяется значением запирающего напряжения U :

$$W = 5,3 \cdot 10^{-5} \sqrt{\rho U},$$

где ρ – удельное сопротивление полупроводника в Ом·см. Для поверхностно-барьерных переходов в Si с $\rho = 10^4$ Ом·см при $U = (1 \dots 2)10^2$ В $W = 1$ мм. Эти ПД имеют малые шумы при комнатной температуре и применяются для регистрации короткопробежных частиц и для измерения удельных потерь энергии dE/dx .

Для регистрации длиннопробежных частиц в 1970–71 гг. были созданы ПД p – i – n -типа (рис. 1, б). В кристалл Si p -типа вводится примесь Li. Ионы Li движутся в p -области перехода (под действием электрического поля) и, компенсируя акцепторы, создают широкую чувствительную i -область собственной проводимости, глубина которой определяется глубиной диффузии ионов Li и достигает 5 мм. Такие дрейфовые кремний-литиевые детекторы используются для регистрации протонов с энергией до 25 МэВ, дейтронов – до 20 МэВ, электронов – до 2 МэВ и др.

Дальнейший шаг в развитии ПД был сделан при возвращении к Ge, обладающему большим порядковым номером Z и, следовательно, большей эффективностью для регистрации гамма-излучения. Дрейфовые германий-литиевые плоские (планарные) ПД применяются для регистрации γ -квантов с энергией в несколько сотен килоэлектрон-вольт. Для регистрации γ -квантов с энергией до 10 МэВ используются коаксиальные германий-литиевые детекторы (рис. 1, в) с чувствительным объемом до 100 см^3 . Эффективность регистрации γ -квантов с энергией $< 1 \text{ МэВ}$ составляет десятки процентов и падает при энергиях $> 10 \text{ МэВ}$ до $0,1 \dots 0,01 \%$. Для частиц высоких энергий, пробег которых не укладывается в чувствительной области, ПД позволяют помимо акта регистрации частицы определить удельные потери энергии dE/dx , а в некоторых приборах – координату x частицы (позиционно-чувствительные ПД).

Недостатки ПД: малая эффективность при регистрации γ -квантов больших энергий; ухудшение разрешающей способности при нагрузках $> 10^4$ частиц / с; конечное время жизни ПД при высоких дозах облучения из-за накопления радиационных дефектов. Малость размеров доступных монокристаллов (диаметр $\sim 3 \text{ см}$, объем $\sim 100 \text{ см}^3$) ограничивает применение ПД в ряде областей.

Дальнейшее развитие ПД связано с получением «сверхчистых» полупроводниковых монокристаллов больших размеров и с возможностью использования GaAs, SiC, CdTe. ПД широко применяются в ядерной физике, физике элементарных частиц, а также в химии, геологии, медицине и в промышленности.

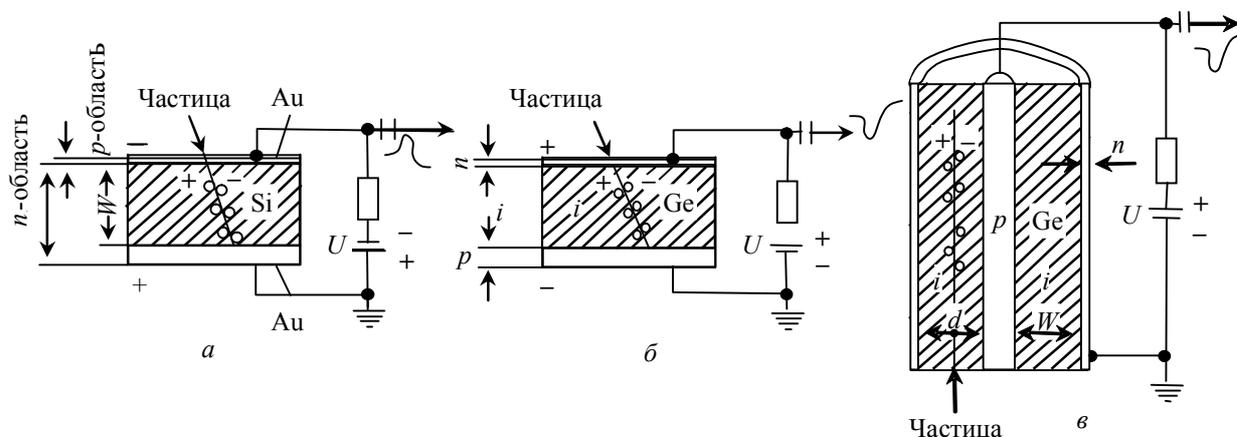


Рис. 1

На рис. 1 штриховкой выделена чувствительная область; n – область полупроводника с электронной проводимостью, p – с дырочной, i – с собственной проводимостями; а – кремниевый поверхностно-барьерный детектор; б – дрейфовый германий-литиевый планарный детектор; в – германий-литиевый коаксиальный детектор.

Цифровые сигнальные микроконтроллеры. Цифровая обработка сигналов позволяет более полно, по сравнению с аналоговой обработкой, использовать потенциал детекторных систем.

Задача цифровой обработки сигнала – как можно более раннее (в идеале сразу после предусилителя) преобразование сигнала детектора в цифровой поток данных без потери содержащейся в нем информации. Цифровые данные далее могут запоминаться и извлекаться

для обработки. В принципе многие параметры, которые традиционно извлекаются с помощью аналоговой электроники, могут быть получены при использовании различных алгоритмов цифровой обработки. В частности, могут быть получены энергия, время, координаты, параметры идентификации частиц. Цифровая обработка сигналов позволяет использовать оптимальные фильтры и сложные алгоритмы, учитывающие специфические свойства детекторных систем, извлекать информацию, которую сложно или вообще невозможно получить с помощью аналоговых систем. Так как данные оцифровываются на раннем этапе, информация меньше искажается за счет шумов и наводок. Кроме того, цифровая обработка допускает работу при более высоких нагрузках и позволяет уменьшить или совсем устранить мертвое время. Наконец, использование цифровой обработки делает аппаратуру гораздо более компактной, что немаловажно в установках для физики высоких энергий, где задействованы тысячи различных детекторов.

Рассмотрим цифровую обработку сигналов при амплитудном (энергетическом) анализе. Аналоговые сигналы предусилителя оцифровываются быстрым параллельным АЦП, интегрированным в цифровой микроконтроллер, так, что их существенные параметры преобразуются в поток чисел. Далее программным образом в микроконтроллере производятся цифровые преобразования, сходные с выполняемыми в аналоговых усилителях (компенсация полюса нулем, высоко- и низкочастотная фильтрация и т. д.). Цифровая фильтрация позволяет получить результаты, недостижимые при аналоговой фильтрации, в частности плоскую вершину (пример функции отклика цифрового фильтра показан на рис. 2), которая позволяет компенсировать баллистический дефект, а если он не существует – сделать вершину точечной. Это форма идеального фильтра с максимальным отношением сигнал/шум.

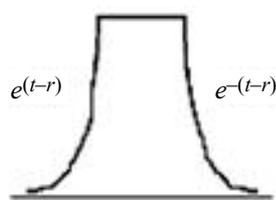


Рис. 2

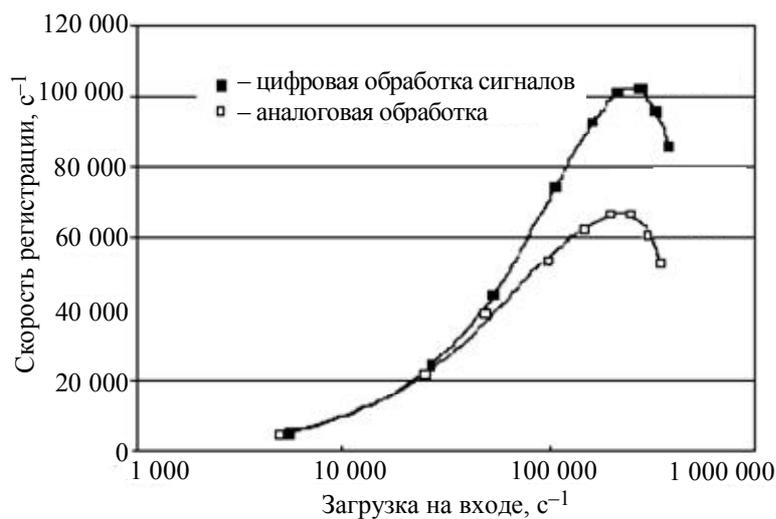
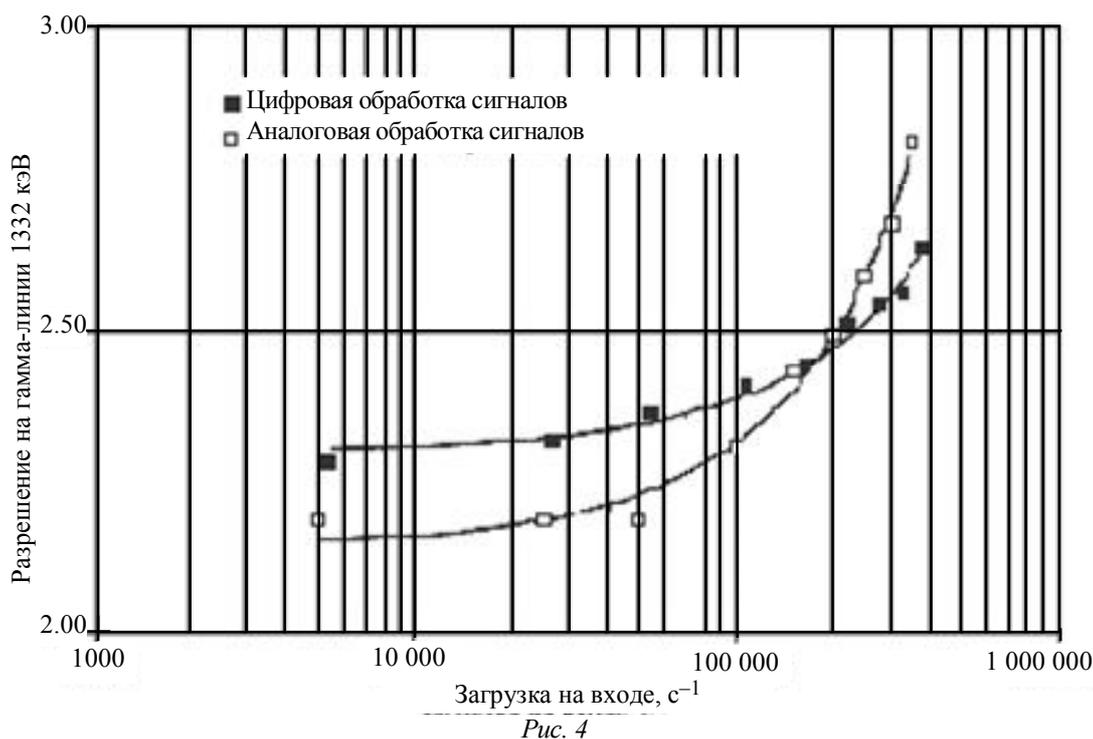


Рис. 3

На рис. 3 и 4 сравниваются характеристики двух спектрометров. В одном из них используется аналоговая обработка сигналов, а в другом – цифровая.

В обоих случаях оптимизировались характеристики для достижения максимальной скорости регистрации. В аналоговом спектрометре был использован усилитель со стробируемым интегратором с постоянной времени фильтров 0.25 мкс и АЦП с поразрядным взвешиванием и мертвым временем 0.9 мкс. В цифровом процессоре использовался трапецеидальный фильтр со временем нарастания переднего фронта 0.72 мкс и плоской вершиной с длительностью 0.68 мкс.



Видно, что цифровой процессор позволяет достичь заметно большей максимальной скорости регистрации, чем аналоговая система. При этом энергетическое разрешение цифровой системы вполне сравнимо с энергетическим разрешением аналоговой системы. При оптимизации шумовых свойств цифровые системы позволяют получить даже лучшее, чем у аналоговых спектрометров, отношение сигнал/шум во всем диапазоне входных загрузок, обеспечивая при этом заметно большую скорость регистрации. Цифровые системы по сравнению с аналоговыми также имеют лучшую температурную стабильность, что может оказаться существенным при длительных измерениях.

Структура и функционирование современного вычислительного устройства атмосферного мониторинга. В основу работы устройства положен принцип поочередной перекрестной обработки входной информации и синхронной параллельной обработки выходной информации, благодаря чему функции автоматизации измерений реализуются одним, а функции анализа результатов – другим вычислительным средством, имеющим эффективную связь с внешними системами.

Преобразования во всех каналах происходят независимо. В одних каналах можно разбивать регистрируемый диапазон энергий на ряд уровней, что позволяет производить анализ регистрируемых альфа-, бета- и гамма-излучений по их спектральному, энергетическому и изотопному составу, используя программно реализованные метод $\Delta E-E$, логику совпадений-антисовпадений, а также определять дозу как суммарную, так и по каждому виду излучений. В других каналах можно выполнять режимы детектирования наличия, оценки типа и измерения изменений концентрации галоидсодержащего газа в атмосфере, используя при этом программно реализованные алгоритмы управления и анализа при повышенном и неизменном напряжении. Все результаты измерения и анализа могут быть представлены в приемнике (например, в карманном персональном компьютере со встроенным мобильным сотовым телефоном) в нужном виде и переданы с помощью встроенного мобильного сотового телефона в нужное место.

Таким образом, данное устройство (рис. 5) обладает расширенными функциональными возможностями при сохранении полной автоматизации измерений.

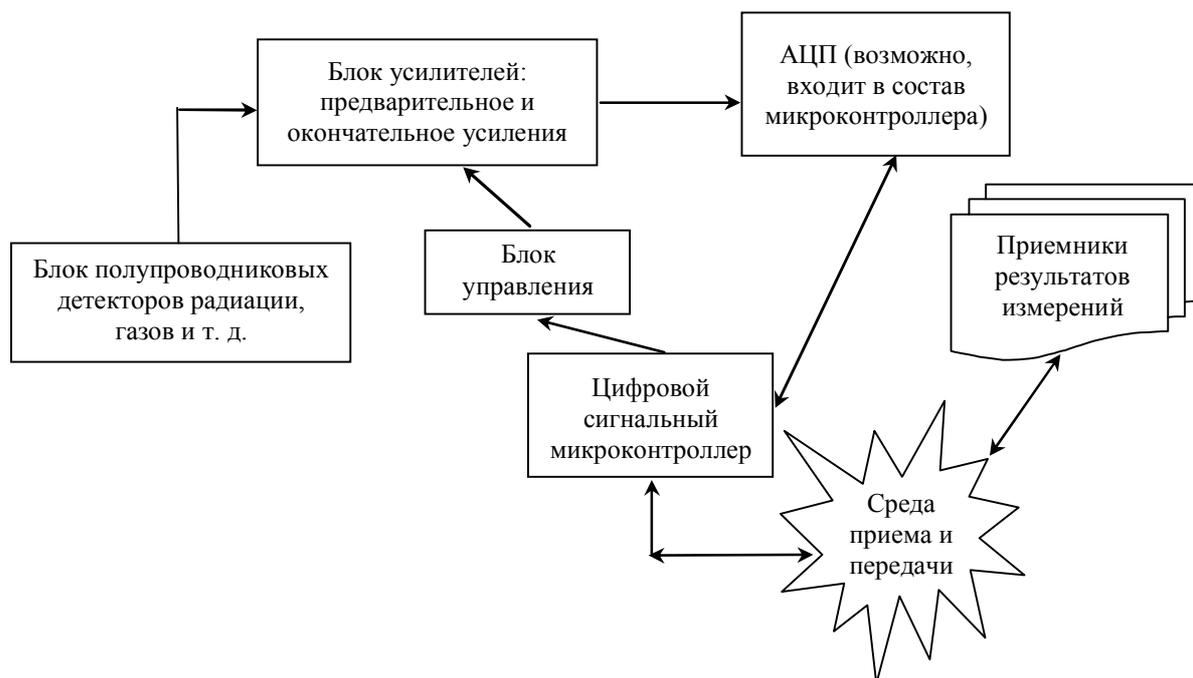


Рис. 5

В данной статье были представлены основные аппаратные средства современных вычислительных устройств атмосферного мониторинга. В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод: применение полупроводниковых детекторов и цифровых сигнальных микроконтроллеров при проектировании систем атмосферного мониторинга позволит повысить функциональные возможности данных систем, что непосредственно приведет к повышению качества атмосферного мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аварийность и травматизм на предприятиях и объектах, подконтрольных Управлению технического надзора: Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006. № 1. (16).
2. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеиздат, 1991.
3. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1991.
4. Гудариян Р. Загрязнение воздушной среды / Пер. с англ.; Под ред. Г. М. Илькуна. М.: Мир, 1979.

Kutuan Aka Atanaz

MODERN HARDWARE FOR SYSTEMS OF ATMOSPHERIC MONITORING

The opportunity of construction of systems of atmospheric monitoring on the basis of modern semi-conductor detectors and digital signals microcontrollers is considered. Also the structure and functioning of a modern computer of atmospheric monitoring on the basis of these means is resulted.

The atmospheric monitoring, the semi-conductor detector, the digital signal microcontroller, the $\Delta E-E$ method, the logic of concurrences-anticoncurrences



УДК 629.5.062.13

Е. А. Овчинникова, Д. А. Скороходов

ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ СУДНА В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ¹

Определены особенности поворота корабля в штормовых условиях, а также особенности влияния параметров волнения на маневрирование корабля. В качестве примера рассмотрена линейная математическая модель движения надводного корабля и определены частотные характеристики корабля по крену и дифференту. Представлены амплитуды возмущающего момента для бортовой и килевой качек, а также амплитуды инерционной составляющей дифракционной части возмущающего момента для бортовой качки. Приведены зависимости составляющих приведённого возмущающего момента от угла встречи с волной и выводы о резонансах бортовой и килевой качках.

Амплитуда, возмущающий момент, волнение, движение, дифферент, инерционная составляющая, крен, корабль, маневрирование, математическая модель, море, параметры, поворот, частотные характеристики, штормовые условия, угол встречи с волной

Дифференциальные уравнения, описывающие бортовую и килевую качки корабля на регулярном волнении, имеют следующий вид [1], [2]:

$$a_2 \ddot{x} + a_1 \dot{x} + x = M_B(t), \quad (1)$$

где $M_B(t)$ – возмущающий момент;

$$(M_{x_1} - M_{x_2}) \sin \omega t + M_{x_3} \cos \omega t = M'_B(t);$$

$$M_B^\theta = \frac{M'_B}{Dh_0};$$

$$M_y \sin \omega t = M''_B;$$

$$M_B^\psi = \frac{M''_B}{DH_0},$$

где $M_{x_1}, M_{x_2}, M_{x_3}$ – амплитуды главной части возмущающего момента, инерционной и демпфирующей составляющих дифракционной ее части соответственно; ω – кажущаяся круговая частота.

¹ Окончание, начало в № 8.

Амплитуда главной части возмущающего момента принимается в виде [2]:

$$M_{x_1} = D(r - a) k_\theta \alpha_0 \sin \xi, \quad (2)$$

где r – метacentрический радиус; a – возвышение ЦТ над ЦВ; D – весовое водоизмещение корабля; k_θ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние конечных поперечных размеров корабля и курсового угла на величину M_{x_1} ; α_0 – максимальный угол волнового склона и

$$\begin{aligned} r &= \frac{\alpha^2 B^2}{11.68 T}; \\ R &= \frac{\alpha^2 L^2}{148 T}; \\ a &= z_p - z_\omega; \\ z_\omega &= \frac{T}{6} \frac{3\delta + 0.5}{\delta + 0.1}. \end{aligned}$$

Вычислим эти параметры для рассматриваемого корабля:

$$\begin{aligned} r &= 1.56; \\ R &= 84.96; \\ a &= z_p - z_\omega; \\ z_\omega &= 2.6; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_\theta &= \left\{ \left[\frac{r}{T} - r_1 k T + \left(r_2 - r_1 \frac{z_p}{2T} \right) (k T)^2 \right] k_\xi'' - \right. \\ &\left. - \left[\frac{a}{T} - \left(0.3 - \frac{z_p}{T} \frac{z_\omega}{T} \right) k T + \left(0.1 - 0.15 \frac{z_p}{T} \right) (k T)^2 \right] k_\xi' \right\} \frac{T}{r - a}, \quad (3) \end{aligned}$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число; k_ξ, k_ξ' – коэффициенты, учитывающие влияние курсового угла и определяемые по графикам С. Н. Благовещенского [2] в зависимости от коэффициента полноты α и аргумента $U_1 = \frac{\pi L}{\lambda} \cos \xi$; r_1 и r_2 – коэффициенты зависящие от соотношения главных размерений, коэффициента полноты χ и определяется по номограммам [2].

Произведем расчет для главной части возмущающего момента M_{x_1} для бортовой качки при волнении моря 6 баллов и длине волны 75 м, а также при волнении 3 балла и длине волны 40 м.

Пусть $\xi = 90^\circ$, тогда

$$k_\theta = 0,762; \quad M_{x_1} = D h_0 k_\theta \alpha_0 \sin \xi = 3850 \cdot 1.0062 \cdot 0.762 \cdot 1.22 \cdot 1 \cdot \alpha_0.$$

Для других курсовых углов расчеты аналогичны. Результаты расчетов амплитуд главной части возмущающего момента для бортовой качки при волнении моря 6 баллов и длине волны 75 м, при волнении моря 3 балла и длине волн 40 м приведены в табл. 1 и 2. Результаты расчетов амплитуд главной части возмущающего момента для килевой качки при волнении моря 6 баллов и длине волны 75 м, при волнении моря 3 балла и длине волн 40 м приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 1

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|-------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_{x_1} | 0 | $1536.26\alpha_0$ | $3601.3\alpha_0$ | $1536.26\alpha_0$ | 0 |

Таблица 2

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_{x_1} | 0 | $1831.14\alpha_0$ | $4229.92\alpha_0$ | $1831.14\alpha_0$ | 0 |

Таблица 3

| | | | | | |
|-------|------------------|----------------|------------|----------------|------------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_y | $3050.3\alpha_0$ | $1398\alpha_0$ | 0 | $1398\alpha_0$ | $3050.3\alpha_0$ |

Таблица 4

| | | | | | |
|-------|-------------------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_y | $3629.92\alpha_0$ | $1631.14\alpha_0$ | 0 | $1631.14\alpha_0$ | $3629.92\alpha_0$ |

Амплитудные значения инерционной составляющей дифракционной части возмущающего момента определяются по следующей зависимости [2]:

$$M_{x_2} = k_\beta \sin \xi \left[\lambda_{44} k'_\theta - \left(\frac{1}{k} + z p \right) \lambda_{24}^0 \right] \omega^2 \alpha_0, \quad (4)$$

где k_β – коэффициент, учитывающий влияние курсового угла и определяется по графику [2] в зависимости от аргумента kT и курсового угла бега волн ξ ; k'_θ – редуцированный коэффициент инерционной составляющей дифракционной части возмущающего момента, вычисляемый по следующей формуле:

$$k'_\theta = 1 - 0.148 f_1 p_1 s_1 kT - 0.314 f_2 p_2 s_1 (kT)^2, \quad (5)$$

где $s_1 = 1.95\alpha - 0.36$; $f_1\left(\frac{B}{T}\right)$; $f_2\left(\frac{B}{T}\right)$; $p_2(\chi)$; $p_1(\chi)$ – функции, определяемые по графикам [1];

$$\lambda_{24}^0 = -2.34 \cdot 10^4 \cdot LB^2 T^* (10\alpha - 6) f_4, \quad (6)$$

где f_4 определяется по графику.

Рассчитаем амплитуды инерционной составляющей дифракционной части возмущающего момента для курсового угла бега волн $\xi = 90^\circ$:

$$s_1 = 0.537; \lambda_{24}^0 = 195.12; f_1\left(\frac{B}{T}\right) = 2.4; f_2\left(\frac{B}{T}\right) = 3.25; p_2(\chi) = 1.8; p_1(\chi) = 2.4;$$

$$k'_\theta = 0.061; M_{x_2} = 624 \alpha_0 \omega^2.$$

Результаты расчетов амплитуд инерционной составляющей дифракционной части возмущающего момента для бортовой качки при волнении моря 6 баллов и длине волн 75 м и при волнении моря 3 балла и длине волны 40 м приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_{x_2} | 0 | $810\alpha_0\omega^2$ | $2627.54\alpha_0\omega^2$ | $810\alpha_0\omega^2$ | 0 |

Таблица 6

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|
| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| M_{x_2} | 0 | $699\alpha_0\omega^2$ | $2152.64\alpha_0\omega^2$ | $699\alpha_0\omega^2$ | 0 |

Амплитуда демпфирующей составляющей дифракционной части возмущающего момента определяется по формуле

$$M_3 = \lambda_{44} \alpha_0 \omega^2 \bar{M}_3, \quad (7)$$

где $\bar{M}_3 = (0.56p_3 - 0.76p_4kT)f_3s_2k_\xi$ – величина, характеризующая демпфирующую составляющую возмущающего момента

$$s_2 = 2.5 \alpha - 0.75;$$

$f_3\left(\frac{B}{T}\right)$; $p_3(\chi)$; $p_4(\chi)$ – функции, определяемые по графикам [1].

Результаты расчетов амплитуд демпфирующей составляющей дифракционной части возмущающего момента для бортовой качки при волнении моря 6 баллов и длине волн 75 м и при волнении моря 3 балла и длине волны 40 м приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| M_{x_2} | 0 | $178.5\alpha_0\omega^2$ | $318.1\alpha_0\omega^2$ | $178.5\alpha_0\omega^2$ | 0 |

Таблица 8

| ξ | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| M_{x_2} | 0 | $92.58\alpha_0\omega^2$ | $551.3\alpha_0\omega^2$ | $92.58\alpha_0\omega^2$ | 0 |

Проанализируем бортовую и килевую качки на примере модели фрегата в виде передаточных функций, полученных ранее:

$$W_\theta^{M_B}(p) = \frac{\theta(p)}{M_B(p)} = \frac{1}{a_2p^2 + a_1p + 1} = \frac{1}{2.8p^2 + 0.41p + 1};$$

$$W_\psi^{M_B}(p) = \frac{\psi(p)}{M_B(p)} = \frac{1}{b_2p^2 + b_1p + 1} = \frac{1}{0.65p^2 + 0.19p + 1}. \quad (8)$$

Объект управления будем рассматривать на регулярном волнении, которое представлено гармоническими колебаниями определенной амплитуды и фазы. Приведенный возмущающий момент по крену:

$$(M_{x_1} - M_{x_2}) \sin \omega t + M_{x_3} \cos \omega t = M'_B(t), \quad (9)$$

где $M_{x_1}, M_{x_2}, M_{x_3}$ – амплитуды главной части возмущающего момента, инерционной и демпфирующей составляющих дифракционной ее части соответственно, были определены ранее. Эти составляющие аппроксимируем следующими выражениями:

$$M_{x_1} = (-\cos \xi + 1) \frac{3601.3}{2};$$

$$M_{x_2} = (-\cos \xi + 1) \frac{2627.54}{2};$$

$$M_{x_3} = (-\cos \xi + 1) \frac{318.1}{2}. \quad (10)$$

Приведенный возмущающий момент по дифференту

$$M_z \sin \omega t = M_B''(t),$$

где M_z аппроксимирована выражением

$$M_z = (\cos \xi + 1) \frac{3050.3}{2}. \quad (11)$$

Аппроксимации зависимостей составляющих приведенного возмущающего момента от угла встречи с волной приведены на рис. 1 $\omega = \frac{2\pi g}{\lambda}$ – частота волнения; $\alpha_0 = \frac{h_3 \% \omega}{2g}$ – максимальный угол волнового склона ($h_3 \%$ – высота волны 3-процентной обеспеченности, λ – длина волны).

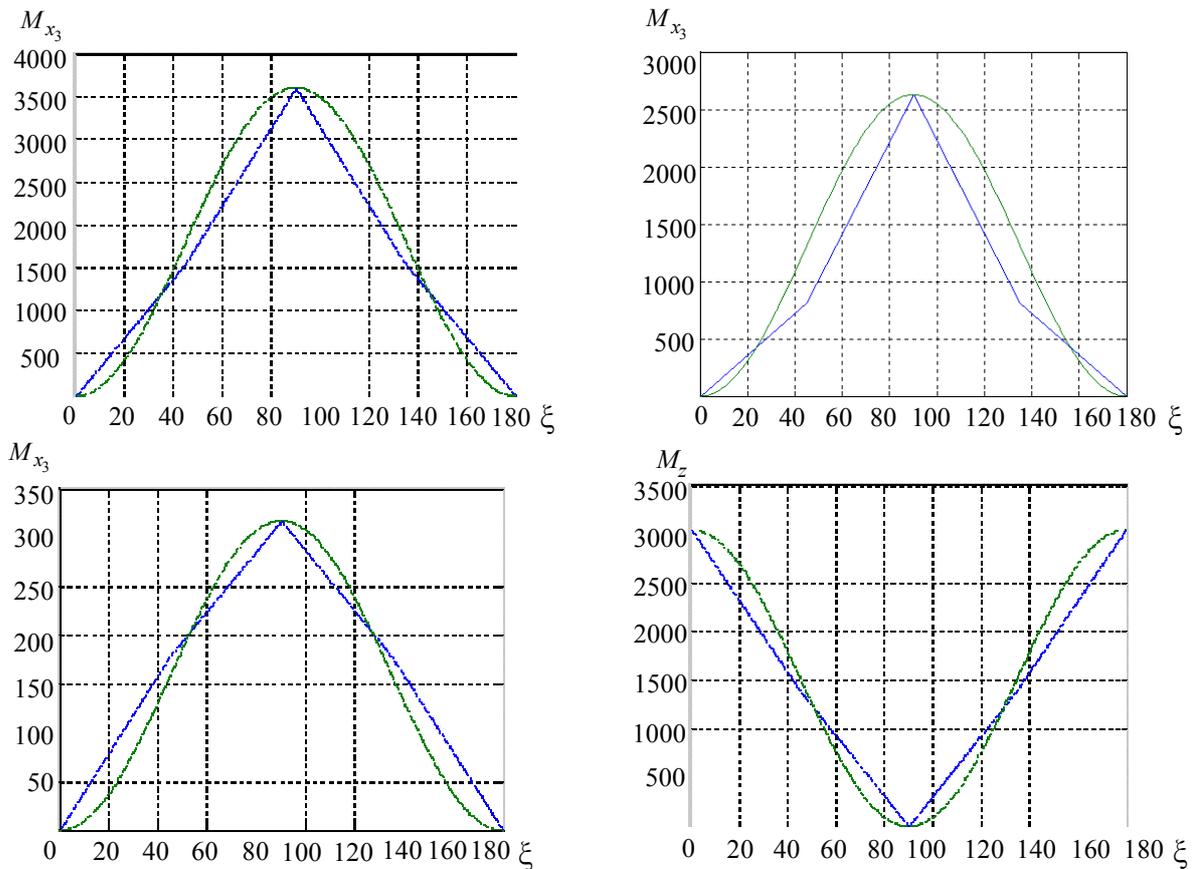


Рис. 1

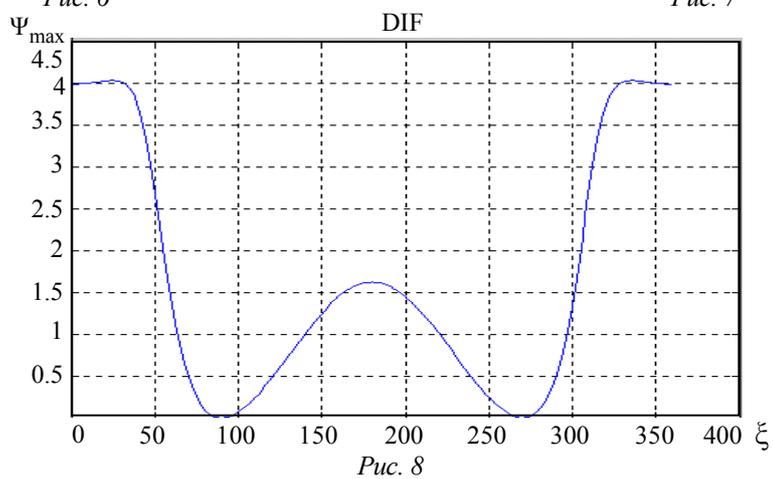
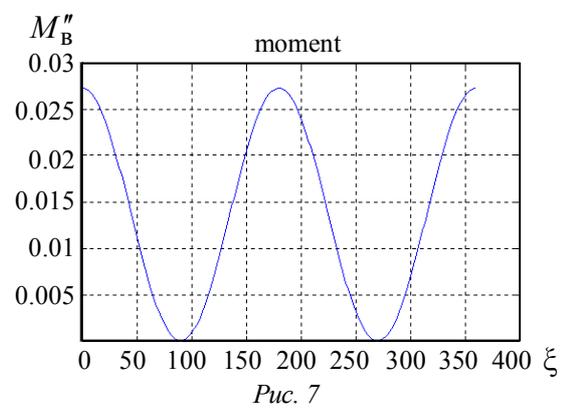
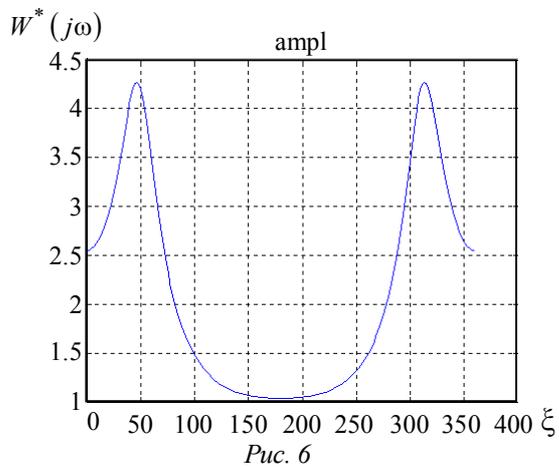
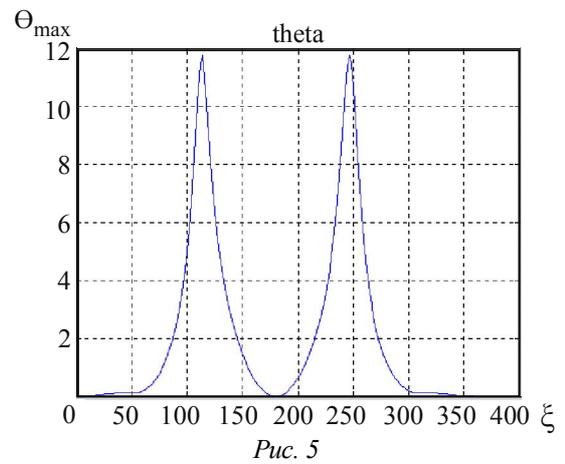
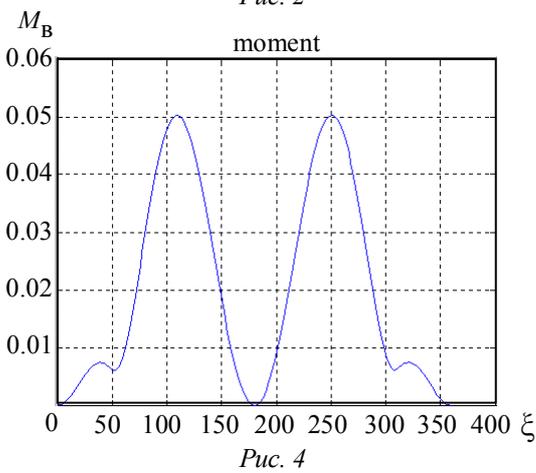
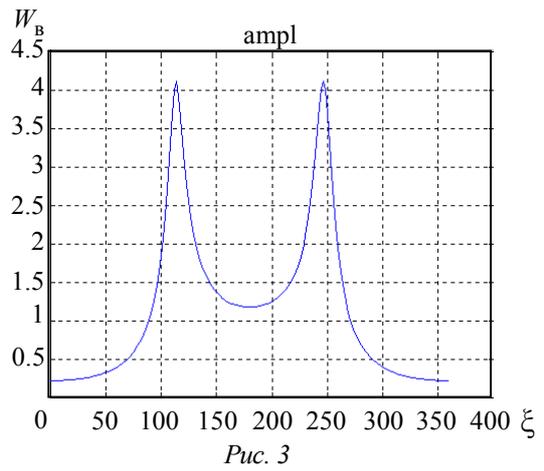
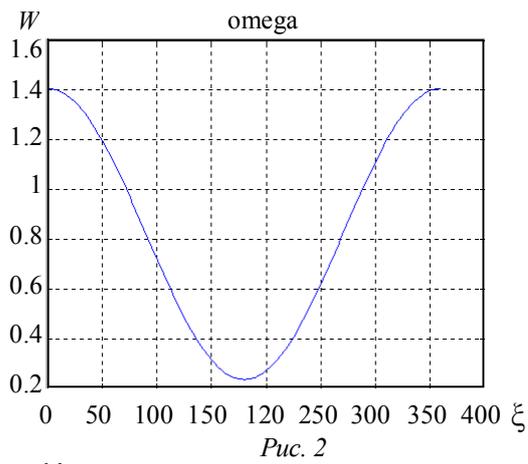
Тогда амплитуда угла крена определяется по формуле

$$\theta_{\max} = \left| W_{M_B}^{\theta}(j\omega) \right| \cdot M_B^{\theta}, \quad (12)$$

амплитуда угла дифферента – по формуле

$$\psi_{\max} = \left| W_{M_B}^{\psi}(j\omega) \right| \cdot M_B^{\psi}. \quad (13)$$

Рассмотрим изменение амплитуды угла крена и угла дифферента при изменении угла встречи с волной $0 \dots 360^\circ$ при постоянной скорости равной 8.4 узла, т. е. при циркуляции корабля на волнении 6 баллов с длиной волны 75 м. Результаты расчетов кажущейся частоты волнения, коэффициента передачи объекта управления по крену, амплитуды приведенного возмущающего момента по крену, амплитуды угла крена, коэффициента передачи объекта управления по дифференту, амплитуды приведенного возмущающего момента по дифференту и амплитуды угла дифферента приведены на рис. 2–8 соответственно.



На основании проведенного исследования можно сделать выводы:

1. Резонанс бортовой качки наступает при курсовых углах волнения $\xi = 180 \pm 45^\circ$ при этом амплитуда угла крена составляет 12° .
2. Резонанс килевой качки наступает при курсовых углах $\xi = 0 \pm 360^\circ$ при этом амплитуда угла дифферента составляет 4° .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басин А. М. Качка судов. М.: Транспорт, 1969.
2. Жинкин В. Б. Теория и устройство корабля. СПб.: Судостроение, 2002.

E. A. Ovchinnikova, D. A. Skorochodov

PRINCIPLES OF SAFE SHIP MANEUVERING UNDER THE GALE CONDITIONS.

Is about features of turning the ship under the gale conditions. In view of this some features of wave parameters influence on ship maneuvering have been defined. As a case in point there has been taken up linear mathematic model of surface ship movement. Paper includes roll and trim frequency characteristics, amplitudes of perturbation moment for boarding and pitching motions, amplitudes of diffraction part accelerative component of perturbation moment for board motion. Also there have been cited function of perturbation moment components to angle of encounter and some conclusions about board and pitching motions resonances.

Amplitude, perturbation moment, wave, movement, trim, accelerative component, roll, ship, maneuvering, mathematic model, sea, parameters, turn, frequency characteristics, gale conditions, angle of encounter

УДК 681.3.01:621.311

И. А. Приходько, И. И. Фадеева

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Исследовано влияние параметров нейронной сети на точность прогноза и выбрана оптимальная модель. Рассмотрены способы уменьшения ошибки прогнозирования. Проанализированы результаты исследования полученной адаптивной системы прогнозирования.

Нейронные сети, методы искусственного интеллекта, прогнозирование электропотребления, временной ряд

Аппроксимирующие свойства искусственных нейронных и нейронечетких сетей (ИНС и ННС) в ряде работ, например [1]–[5], предлагается использовать в прогнозировании. К достоинствам интеллектуальных методов прогнозирования относят [1]–[3]: нечувствительность к недостатку априорной информации; возможность прогнозирования не наблюдавшихся ранее событий; возможность строгой формализации и алгоритмизации методик прогнозирования; возможность учета старения информации (принцип непрерывности прогнозирования); возможность решения слабо формализованных задач; возможность аппаратной реализации методик.

Согласно известным теоретическим результатам [6], [7] использование как ИНС, так и ННС гарантирует возможность формирования произвольной непрерывной функции с заданной точностью. Полученные практические результаты применения сетей зависят от выполненной реализации сети (число слоев и число нейронов для ИНС; число правил и число функции принадлежности для ННС; алгоритм обучения и т. д.). Согласно данным, приведенным в [1], при решении задач аппроксимации эффективность нечеткого подхода выше, чем при использовании ИНС. Уменьшение погрешности аппроксимации объясняется способностью нечетких систем к гладкой аппроксимации пороговых функций и представлением исходных данных «нечетким» способом, при котором четкие входные векторы принадлежат нескольким нечетким множествам сети.

Преимущества нечетких систем: наличие качественных знаний, допускающих логический анализ и простота обнаружения ошибок. *Ограничение* использования нечетких систем: при наличии более пяти входов реализация систем становится очень сложной, точность решения уменьшается.

Для объектов с большим числом входов необходимо использовать нейронные сети. Другое преимущество ИНС – сохранение свойств при разрушении случайно выбранной части сети в силу полной связности и большого числа искусственных нейронов. К недостаткам ИНС относят сложность обучения и невозможность логической интерпретации полученной структуры сети [1], [3].

В настоящей работе некоторые способы повышения точности прогнозирования рассмотрены на примере расчета предполагаемого потребления электроэнергии.

Поскольку большинство исследователей, например [1]–[3], [5], рекомендуют учитывать при прогнозе электропотребления дополнительную информацию (температура воздуха, облачность, номер часа дня, тип дня и т. д.), в статье оценивается эффективность нейросетевых моделей, позволяющих вводить дополнительные данные без значительного усложнения сети.

Задача прогнозирования формулируется следующим образом [3]: зная предыдущие l значений временного ряда $x(t)$, предсказать последующее значение $x(t + d)$: $x(t + d) = \Psi(x(t), \dots, x(t - l), \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_q)$, где d – шаг прогнозирования, q – количество независимых переменных η .

Для формирования обучающей последовательности временной ряд разбивается на окна длиной l :

$$\left. \begin{array}{l} x(t-l), \dots, x(t-1), x(t) \\ x(t-l+1), \dots, x(t), x(t+1) \\ \dots \\ x(t-l+j), \dots, x(t), x(t+j) \\ \dots \\ x(t-l+n), \dots, x(t-l+n), x(t+n) \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где $j = \overline{0, n}$, n – размерность временного ряда.

Обучающая последовательность при этом выглядит следующим образом:

$$x(t-l+j), \dots, x(t-1+j), x(t+j) \rightarrow x(t+j+d).$$

Обозначим $\mathbf{x} = [x(t-l+j), \dots, x(t-1+j), x(t+j)]^T$ – вектор входа; $\mathbf{y}^{(k)}$ – выход сети (выход k -го слоя), k – номер слоя. В случае рекуррентных сетей на входной слой подаются дополнительно сигналы обратной связи с выходов скрытых и выходного слоев. Значение прогноза $x(t+j+d)$ получается на выходе построенной нейросетевой модели при подаче на вход вектора фактических данных $[x(t-l+j), \dots, x(t-1+j), x(t+j)]^T$.

Выход сети равен [8]:

$$\mathbf{y}^{(k)} = f^{(k)} \left(W^{(k)} f^{(k-1)} \left(W^{(k-1)} \dots f^{(i)} \left(W^{(i)} f^{(i-1)} \dots f^{(1)} \left(W^{(1)} \mathbf{x} + W_0^{(1)} \right) + W_0^{(2)} \right) \right) + \dots + W_0^{(k)} \right), \quad (2)$$

где $f^{(i)}$ – функция активации i -го слоя; $W^{(i)}$ – матрица весовых коэффициентов i -го слоя; \mathbf{x} – вектор входа; $W_0^{(i)}$ – вектор весовых коэффициентов смещения i -го слоя, $i = \overline{1, k}$, k – число слоев.

Построение нейросетевой модели заключается в подборе архитектуры сети; в выборе обучающих данных и структуры входных векторов; в обучении сети; в тестировании сети на контрольном множестве данных и при необходимости – в дообучении [1]. Если структура сети определена, то согласно (2) обучение сети заключается в выборе функций активации и расчете весовых коэффициентов связей между нейронами.

Исследование моделированием выполнено в пакетах Neural Networks Toolbox и Toolbox Simulink среды MATLAB 7.0.1.

ИНС различных типов с точки зрения решения задач прогнозирования взаимозаменяемы, различия – в сложности реализации сети при заданной точности прогноза [1], [2].

Выбор типа ИНС. Необходимо учитывать, что эффективность сети возрастает с увеличением числа нейронов, плотности связей между ними и числа слоев. Введение обратных связей наряду с увеличением возможностей ставит вопрос о динамической устойчивости сети.

В ходе исследований выполнена оценка эффективности нейросетевых моделей прогнозирования на основе: ИНС прямого распространения, частично рекуррентной сети Элмана, радиальной нейронной сети. Отметим основные свойства этих сетей [1]–[3], [8].

В сетях прямого распространения входной сигнал проходит по сети только в одном направлении: от входа к выходу. Рекуррентная сеть Элмана характеризуется частичной рекуррентностью в форме обратной связи между скрытым и входным слоями, реализуемой с помощью единичных элементов запаздывания. Скрытые слои сетей содержат нейроны сигмоидального типа. В качестве функции активации выбран гиперболический тангенс. Радиальная нейронная сеть – двухслойная сеть прямого распространения, которая содержит скрытый слой с радиальными нейронами. Нейроны выходного слоя осуществляют вычисление взвешенной суммы сигналов, генерируемых скрытыми нейронами.

Нейроны сигмоидального типа включают суммирующий блок и блок преобразования сигнала с помощью функции активации. Дополнительный вход с коэффициентом $W_0^{(i)}$ вводят для смещения нейрона. Радиальные нейроны содержат блок вычисления расстояния между вектором весовых коэффициентов W и вектором входа x и блок преобразования с помощью радиальной базисной функции активации.

В табл. 1 приведены результаты прогнозирования при использовании выбранных нейросетевых моделей для прогнозирования на час вперед, в (1) $d = 1$. Число входов сети (число предыдущих значений потребляемой мощности) на основе сравнительного исследования и, учитывая результаты, приведенные в [5], принято равным 3, в (1) $l = 2$. Минимальная ошибка прогноза достигнута при использовании алгоритма обучения Левенберга–Марквардта [1].

Таблица 1

| Структура сети | Ошибка прогноза, % | Ошибка обучения, % | Число нейронов в скрытых слоях |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| Сеть прямого распространения | 2.85 | 2.7 | 5; 5 |
| Сеть Элмана | 3.01 | 2.85 | 4; 9 |
| Радиальная нейронная сеть | 2.6 | 2.88 | 625 |

Принимая во внимание принцип непрерывности прогнозирования (корректировка прогноза при поступлении новых данных, переобучение сети в процессе функционирования), при выборе нейросетевой модели необходимо учитывать наряду с точностью прогноза сложность реализации сети. Поэтому для дальнейших исследований выбрана сеть прямого распространения.

Выбор информационного массива. Обучающая выборка представляет собой почасовые данные электропотребления за все рабочие дни декабря 2004 г., января и февраля 2005 г., полученные на сайте www.np-ats.ru. Максимальный разброс данных электропотребления составляет 72 %. Согласно рекомендации, приведенной в [1], для обеспечения способности к обобщению информации сеть должна тренироваться на избыточном множестве данных, поскольку тогда веса будут адаптироваться не к уникальным выборкам, а к их статистически усредненным совокупностям. Эффективность влияния величины обучающей выборки на точность прогнозирования следует из анализа ошибки прогноза (табл. 2).

Таблица 2

| Объем обучающей выборки | Ошибка обучения | Ошибка прогноза |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| 51 день | 2.47 | 2.35 |
| 25 дней | 2.4 | 3.75 |
| 10 дней | 1.5 | 3.75 |

Введение дополнительных признаков. Из рассмотрения процесса прогнозирования с позиций теории распознавания образов (метод обобщения по преобладанию), можно утверждать [2], что введение дополнительных признаков будет способствовать повышению точности прогноза. В [1]–[3], [5] показано, что введение дополнительной информации положительно влияет на предсказательные способности сети. В табл. 3 приведены рассмотренные способы указания в обучающей выборке времени суток.

Таблица 3

| Дополнительный вход | Уменьшение ошибки обучения, % | Уменьшение ошибки прогноза, % |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| Номер часа (1–24) | 0.63 | 0.2 |
| Разделение суток на участки возрастания и убывания электропотребления (рис. 1) | 0.38 | 0.38 |
| Деление графика нагрузки на 5 равных частей | 0.47 | 0.28 |

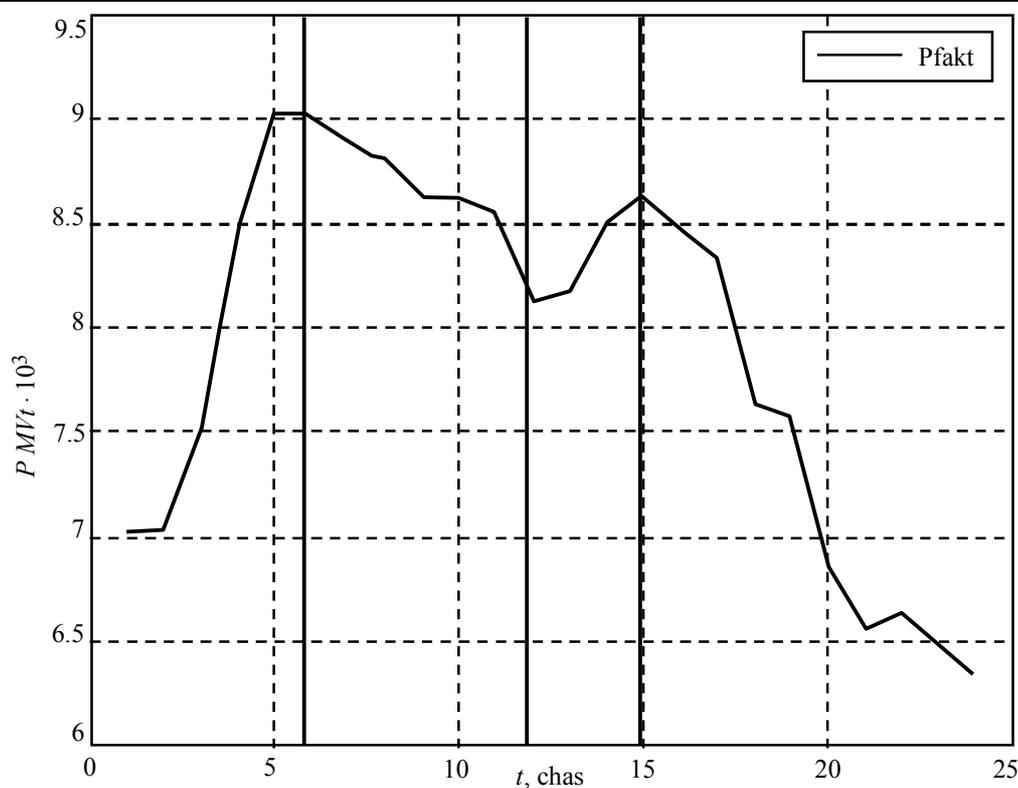


Рис. 1

В результате в обучающую выборку введен дополнительный вход, учитывающий интервалы возрастания и убывания электропотребления (рис. 1).

Выбор структуры ИНС. Согласно результату, приведенному в работе [7], для формирования произвольной непрерывной функции n переменных с помощью ИНС необходимо организовать сеть с двумя скрытыми слоями, имеющую n нейронов в первом скрытом слое и $2n + 1$ во втором. В практических реализациях как число слоев, так число нейронов в каждом слое может различаться [7]. Для ИНС с одним, двумя и тремя скрытыми слоями выполнена серия экспериментов при изменении числа нейронов в слоях. В результате выбрана сеть, содержащая 5 нейронов в первом скрытом слое и 10 во втором. Средняя ошибка обучения и прогноза составила 2.3 %. График фактического и полученного с помощью нейросетевой модели электропотребления показан на рис. 2.

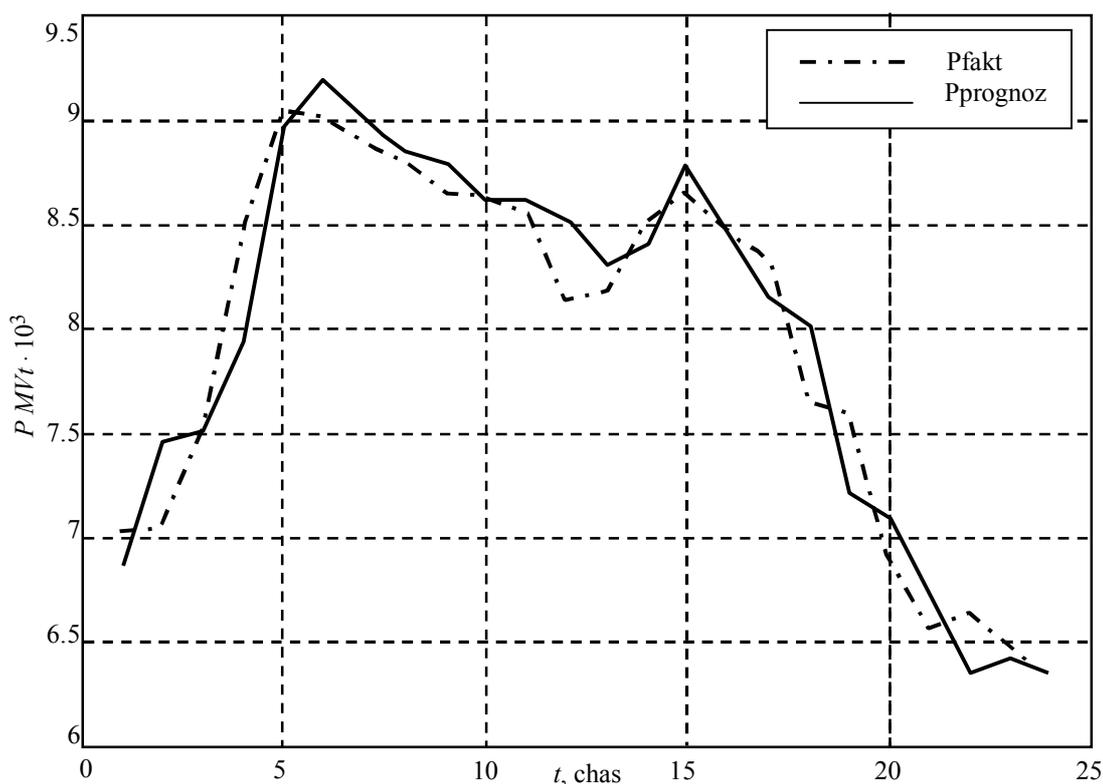


Рис. 2

Влияние величины упреждения на точность прогнозирования. Результаты исследования приведены в табл. 4. Выполнен прогноз нагрузки на 1, 2, 3 и 4 ч вперед.

Приемлемым при использовании данной нейросетевой модели прогнозирования является прогноз на один, два и три часа вперед, при котором ошибка составит меньше 5 %.

Таблица 4

| Величина упреждения, ч | Ошибка обучения, % | Ошибка прогноза, % |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 2.4708 | 2.1 |
| 2 | 3.6642 | 3.5502 |
| 3 | 4.8083 | 4.2747 |
| 4 | 6.5233 | 5.7204 |

Корректировка прогноза при поступлении новых данных. На основе построенной ИНС разработана адаптивная система прогнозирования электропотребления в виде пользовательского интерфейса, которая позволяет получить прогноз с ошибкой 1.9 % выполнить переобучение сети на основе текущих фактических значений электропотребления. Изображение интерфейса приведено на рис. 3. Система прогнозирования реализована в виде программных модулей, написанных на встроенном языке системы MATLAB.

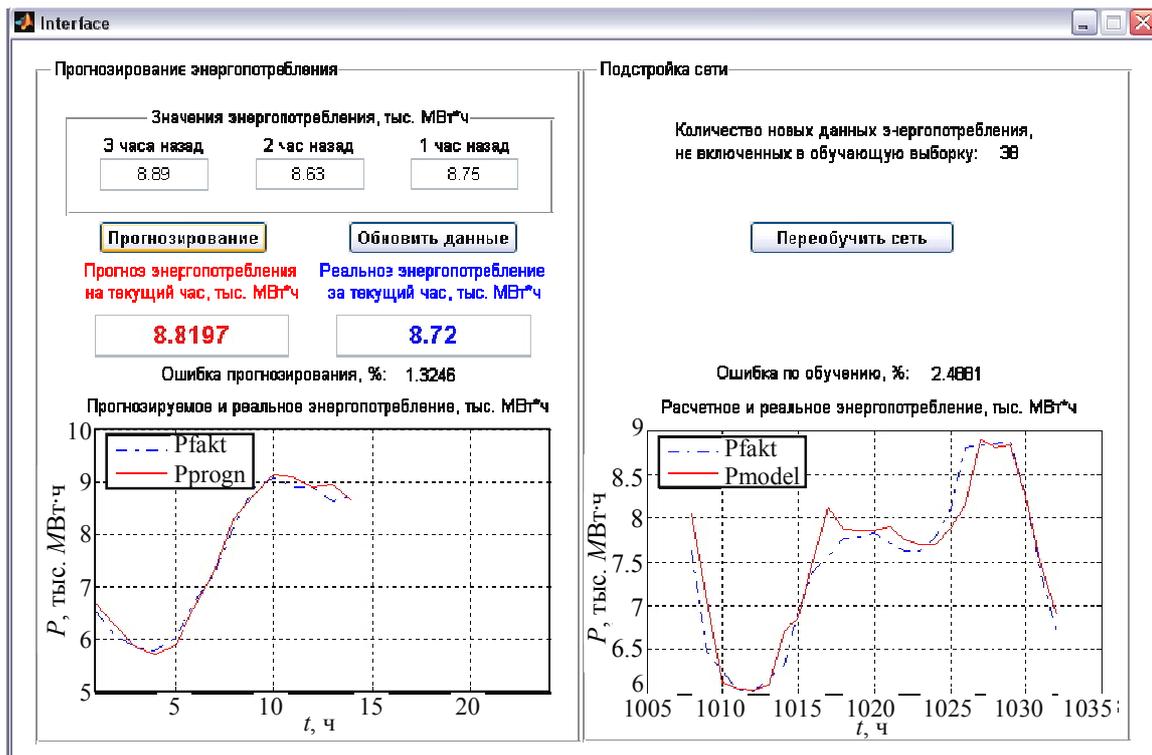


Рис. 3

В результате исследования выбрана модель прогнозирования на основе ИНС прямого распространения (имеющая 2 скрытых слоя, где находятся в первом слое 5 искусственных нейронов, во втором – 10, использующая 3 входа предшествующих значений электропотребления и дополнительный вход, разделяющий суточное электропотребление на участки возрастания и убывания), позволяющая получить ошибку обучения 2.5 %, ошибку прогноза 1.9 %. Предложенная система прогнозирования может использоваться диспетчерами энергообъединений в качестве системы поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2004.
2. Назаров А. В., Лоскутов А. И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. СПб.: Наука и техника, 2003.
3. Минаев Ю. Н., Филимонова О. Ю., Бенамеур Л. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
4. Макоклюев Б. И. Методология и система моделей прогноза электропотребления // Электрические станции. 2007. № 3. С. 8–13.
5. Использование современных подходов и методов для прогнозирования электропотребления / Ю. А. Борцов, Н. Д. Поляхов, И. А. Приходько, Е. С. Анушина // «Электротехника». 2006. № 8. 30–35.
6. Buckley J. J. Stability and fuzzy controller // Fuzzy Sets and Systems. 1996. Vol. 77. P. 167–173.
7. Hecht-Nielsen R. Kolmogorov's mapping neural network existence theorem // Int. Conf. NN. IEEE Press. 1987. Vol. 3. P. 11–13.
8. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления М.: Высш. шк., 2002.

I. A. Prikhodko, I. I. Fadeeva

THE ACCURACY INCREASE OF FORECASTING BASED ON A NEURAL NETWORK MODELS

Influence of parameters of a neural network on the forecast accuracy is investigated and the optimum model is chosen. Ways of reduction of forecasting error are considered. The received adaptive system research results of forecasting are analyzed

Neural networks, an artificial intellect methods, forecasting of a power consumption, a time series



УДК 658.512

Г. И. Прокофьев

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ НИЗКИХ УРОВНЕЙ ЗРЕЛОСТИ

Анализируется состояние процессов жизненного цикла продукции производственных предприятий электротехнического профиля с низким уровнем развития IT-технологий, приводится описание их различных аспектов, анализируются способы и средства повышения характеристик конкурентоспособности при использовании в качестве средств автоматизации специализированных САПР.

Конкурентоспособность, процессы жизненного цикла, электротехническое проектирование и производство, IT, специализированные САПР

Необходимость поиска организационно-технических путей и средств повышения конкурентоспособности продукции и предприятий обусловлена потребностью вести конкурентную борьбу за заказы с отечественными и иностранными организациями. Актуальность такого поиска растет с увеличением необходимости участия предприятия в программах, заказах и тендерах, требующих высокой культуры и конкурентоспособности предприятия.

Одной из целей государственных программ является развитие отечественного научно-технического и проектного потенциала. Государственные программы направлены на финансирование перспективных научных разработок и опытно-конструкторских работ и развитие уникальной экспериментальной базы.

В обосновании государственных программ отмечается необходимость отечественным предприятиям:

- создавать научно-техническую продукцию;
 - сократить общее научно-техническое и технологическое отставание;
 - создать научно-технические предпосылки для производства конкурентоспособной высокоэкономичной продукции;
 - уменьшить номенклатуру и объемы поставок из зарубежья;
 - создать новые отечественные технологии, повысить конкурентоспособность.
- Конкурентоспособную продукцию создают конкурентоспособные предприятия.

Конкурентоспособность продукции – это общая мера удовлетворенности, приверженности и лояльности клиентов к продукции предприятия, которая характеризуется:

- качеством (степенью соответствия требованиям потребителей);
- совокупной ценой приобретения, владения и утилизации;
- поддерживаемостью (степенью предоставления услуг потребителю для обеспечения соответствующего использования продукции).

Конкурентоспособность производства – интегральная мера общего и инновационного потенциалов производственной системы предприятия, которая характеризуется: трудоемкостью, потерями и затратами, длительностью цикла, поставками в срок, безопасностью и качеством, гибкостью.

Конкурентоспособность предприятия – общая мера интереса и доверия к предприятию в сфере бизнеса – характеризуется:

- темпами роста доходов и прибыли;
- гарантированной экономической добавленной стоимостью;
- коммерческим ростом на целевых рынках;
- суммарным рынком;
- уровнем социальной ответственности.

Очевидно, что характеристики продукции и производства в значительной мере зависят от использованных специальных знаний и технологий, необходимых для производства конкретного типа продукции, а также от организации работ, универсальных знаний и технологий, применяемых при выполнении работ.

Уже несколько десятилетий на передовых предприятиях для организации и выполнения работ используются автоматизированные компьютерные информационные технологии – ИТ-технологии. Используемые на промышленных предприятиях как технологии автоматизации различного рода процедур и работ, они заняли соответствующие ниши в процессах анализа (САЕ), конструирования (САD), технологической подготовки (САM). Развиваясь, они внедряются в организацию и управление процессами и информацией жизненного цикла продукции, а также в процессы управления предприятием и взаимодействия со средой, внешней по отношению к предприятию.

ИТ-технологии стали основным средством уменьшения ошибок на всех стадиях жизненного цикла, сокращения времени проектирования, подготовки производства и изготовления изделий, а также использования персонала с меньшей квалификацией (более дешевого), работающего с использованием ИТ-технологий на уровне квалификации экспертов и создающего продукцию требуемого качества.

Таким образом, отмеченные универсальные ИТ-технологии вносят значительный вклад в конкурентоспособность продукции и процессов предприятия, помогая создавать продукцию быстрее, дешевле и лучшего качества.

На многих российских предприятиях ИТ-технологии используются преимущественно для автоматизации операций в традиционных процессах создания бумажных документов проекта и/или для автоматизации специализированных и специальных расчетов в предметных областях. Такое их использование не вносит значительного вклада в обеспечение конкурентоспособности. Опыт передовых предприятий, оформленный как совокупность требований (стандартов) и рекомендаций, а также разработанные концепции обеспечения конкурентоспособности дают направление развитию технологий организации и управления дея-

тельностью и информацией в процессах жизненного цикла продукции предприятий. Не существует общего для всех предприятий рецепта повышения их конкурентоспособности в силу их внутренних и внешних особенностей, обусловленных продукцией, располагаемыми ресурсами, территориальным положением, персоналом, корпоративной культурой и пр. Поэтому каждое предприятие самостоятельно проектирует деятельность по повышению конкурентоспособности, привлекая иногда внешних консультантов. Необходимо отметить, что деятельность по повышению конкурентоспособности следует привести в систему и постоянно ее улучшать (перепроектировать), что может успешно делать только коллектив предприятия, хорошо знающий особенности предприятия.

Из наблюдений деятельности подразделений, бесед с руководителями различных уровней управления, организационной структуры и документов систем менеджмента качества различных предприятий можно сделать следующие *заклучения*, характерные для предприятий рассматриваемого типа:

1. Управление предприятиями построено по традиционной иерархической схеме (ориентированной на управление подразделениями предприятия с крупносерийным производством продукции, не требующее значительной гибкости).

2. Многие предприятия имеют систему менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001.

3. Процессный и системный подходы к организации деятельности (управлению), альтернативные существующему и рекомендуемые для конкурентоспособных предприятий, не используются в полной мере, процессы предприятия описаны преимущественно процедурно на естественном языке.

4. Деятельность предприятия отражена в документах системы менеджмента качества преимущественно логико-временным аспектом описания, в приказах, в должностных инструкциях и стандартах предприятия, в процедурах.

5. Цели предприятия количественно не установлены и не декомпозированы по процессам. Управление по целям не используется.

6. Критерии оценки деятельности не установлены и не вычисляются в процессе деятельности. Метрика деятельности и мониторинг процессов не установлены и не используются в управлении (по крайней мере, на нижних уровнях).

7. На предприятии продлеваются сроки поставки продукции. Наблюдается несогласованность в информационных, денежных, материальных потоках.

8. Для создания продукции используется «каскадный метод» ее проектирования (последовательное поэтапное проектирование, в котором «деталь», «узел», «сборку», «изделие» проектирует один конструктор). Используются компьютерные технологии с низкой степенью автоматизации – преимущественно в качестве «электронного кульмана».

9. Предприятие участвует в тендерах на заказы по поставке продукции и заинтересовано в повышении конкурентоспособности продукции и процессов.

10. Технология обмена документами между подразделениями предприятия и внешними организациями – бумажная. Архивы документов – бумажные. Компьютерные технологии во всех подразделениях предприятия используются для создания информации, которую «упаковывают» в бумажные документы.

11. Информационные технологии в процессах управления предприятием не используются.

С точки зрения зрелости (качества) предприятия в области эффективного применения информационных технологий в управлении предприятием (стандарт COBIT) предприятие можно оценить уровнем зрелости.

Модель зрелости управления ИТ (для бизнеса) предназначена для управления ИТ-процессами с целью увеличения ценности ИТ, при соблюдении равновесия между риском и прибылью.

0. Не существует. Полное отсутствие каких-либо процессов управления ИТ. Организация не признает существования проблем в ИТ, которые нужно решать, и, таким образом, нет никаких сведений о проблемах.

1. Начало (Анархия). Организация признает существование проблем управления ИТ и необходимость их решения. При этом не существует никаких стандартизованных решений. Существуют случайные одномоментные решения, принимаемые кем-то персонально или от случая к случаю. Подход руководства к решению ИТ-проблем хаотичен, признание существования проблем случайно и непоследовательно.

2. Повторение (Фольклор). Существует всеобщее осознание проблем управления ИТ. Показатели деятельности и ИТ-процессов находятся в развитии, охватывая процессы планирования, функционирования и мониторинга ИТ. Деятельность по управлению информационными технологиями описана и интегрирована в процесс управления организацией. Выбраны для улучшения и/или контроля те ИТ-процессы, которые влияют на основные бизнес-процессы предприятия. Эффективно выполняется планирование и управление инвестициями. Руководство организации регламентировало меры по управлению ИТ, а также методы управления и оценки, но процесс не был принят в организации. Не существует формализованного обучения, набора взаимосвязанных стандартных процедур управления, ответственность возложена на сотрудников. Сотрудники контролируют процессы управления с помощью проектов и ИТ-процессов. Ограниченные инструменты управления выбираются и внедряются для сбора метрик управления, но не используются в полном объеме из-за недостатков в оценке их функциональности.

3. Описание (Стандарты). Необходимость действовать в соответствии с принципами управления ИТ понимается и принимается. Развивается базовый набор показателей управления ИТ: определена связь между результатом и показателями производительности, она зафиксирована и внедрена в стратегические процессы планирования и мониторинга. Процедуры стандартизованы и документированы, проводится обучение сотрудников по выполнению этих процедур. Показатели производительности всех видов деятельности зафиксированы и отслеживаются, что приводит к повышению эффективности работы всей организации. Процедуры не сложны, они являются формализацией существующей практики. Идеи сбалансированных карт оценки бизнеса принимаются организацией. Ответственность за обучение, выполнение и применение стандартов возложена на сотрудников организации. Анализ первопричин применяется время от времени. Большинство процессов управляются в соответствии с некоторыми основными метриками и, как правило, отдельными сотрудниками, поэтому ни о каких отклонениях руководители не знают. Однако всеобщая отчетность о выполнении ключевых процессов является четкой, и руководство премирует сотрудников на основе измерения ключевых результатов.

4. Управление (Измеряемый). Существует полное понимание проблем управления ИТ на всех уровнях организации, постоянно происходит обучение сотрудников. Определены и поддерживаются в актуальном состоянии соглашения об уровне обслуживания. Четко рас-

пределена ответственность, установлен уровень владения процессами. Процессы ИТ соответствуют бизнесу и стратегии ИТ. В первую очередь улучшения в процессах ИТ основываются на измеряемых количественных показателях. Существует возможность управлять процедурами и метриками процессов, измерять их соответствие. Все совладельцы процесса осознают риски, важность ИТ и возможности, которые они предоставляют. Руководство организации определило допустимые отклонения, при которых процессы должны работать. Если процессы не работают эффективно и продуктивно, действия предпринимаются во многих (но не всех случаях). Процессы постоянно совершенствуются, их результаты соответствуют «лучшим практикам». Формализован порядок анализа первопричин. Присутствует понимание необходимости постоянного совершенствования. Ограниченно применяются передовые технологии, основанные на современной инфраструктуре и модифицированных стандартных инструментах. Все необходимые ИТ-специалисты вовлечены в бизнес-процессы. Управление ИТ превращается в процесс уровня всей организации. Деятельность управления ИТ интегрируется в процесс управления организацией.

5. Оптимизация (Оптимизируемый). В организации существует углубленное понимание управления ИТ, проблем и решений ИТ, а также перспектив. Обучение и коммуникация поддерживаются на должном уровне, самыми современными средствами. В результате непрерывного улучшения процессы соответствуют моделям зрелости, построенным на основании «лучшей практики». Внедрение этих процедур привело к появлению организаций, людей и процессов, максимально адаптируемых к изменяющимся условиям, а также полностью соответствующих требованиям управления ИТ. Первопричины всех проблем и отклонений тщательно анализируются, по результатам анализа выполняются результативные действия. Информационные технологии интегрированы в бизнес-процессы, полностью их автоматизируют, предоставляя возможность повышать качество и эффективность работы организации.

В соответствии с приведенной классификацией рассматриваемые предприятия находятся на нулевом-первом уровне зрелости.

Для эволюционного повышения конкурентоспособности и уровня зрелости следует, ориентируясь на лучшую практику управления предприятиями-конкурентами (российских и зарубежных) и стандарты, создавать эффективную и перспективную развивающуюся систему управления предприятием, необходимую для обеспечения возможности постановки и достижения стратегических целей, планирования деятельности предприятия, основанных на измеряемом и управляемом потенциале предприятия:

1. Инициативным, заинтересованным в развитии предприятия, руководящим (перспективным) работникам предприятия, используя внешних специалистов, осваивать методы создания целеориентированных организационно-технических систем.

2. Описать (познать) имеющиеся процессы предприятия, идентифицировать цели процессов, критерии их оценки, имеющиеся менеджменты.

3. Анализировать и проектировать процессы управления с учетом особенностей предприятия.

4. Определить менеджменты, требуемые предприятию на планируемом горизонте развития, описать их.

5. Установить метрику и мониторинг процессов предприятия, требуемые установленным менеджментам.

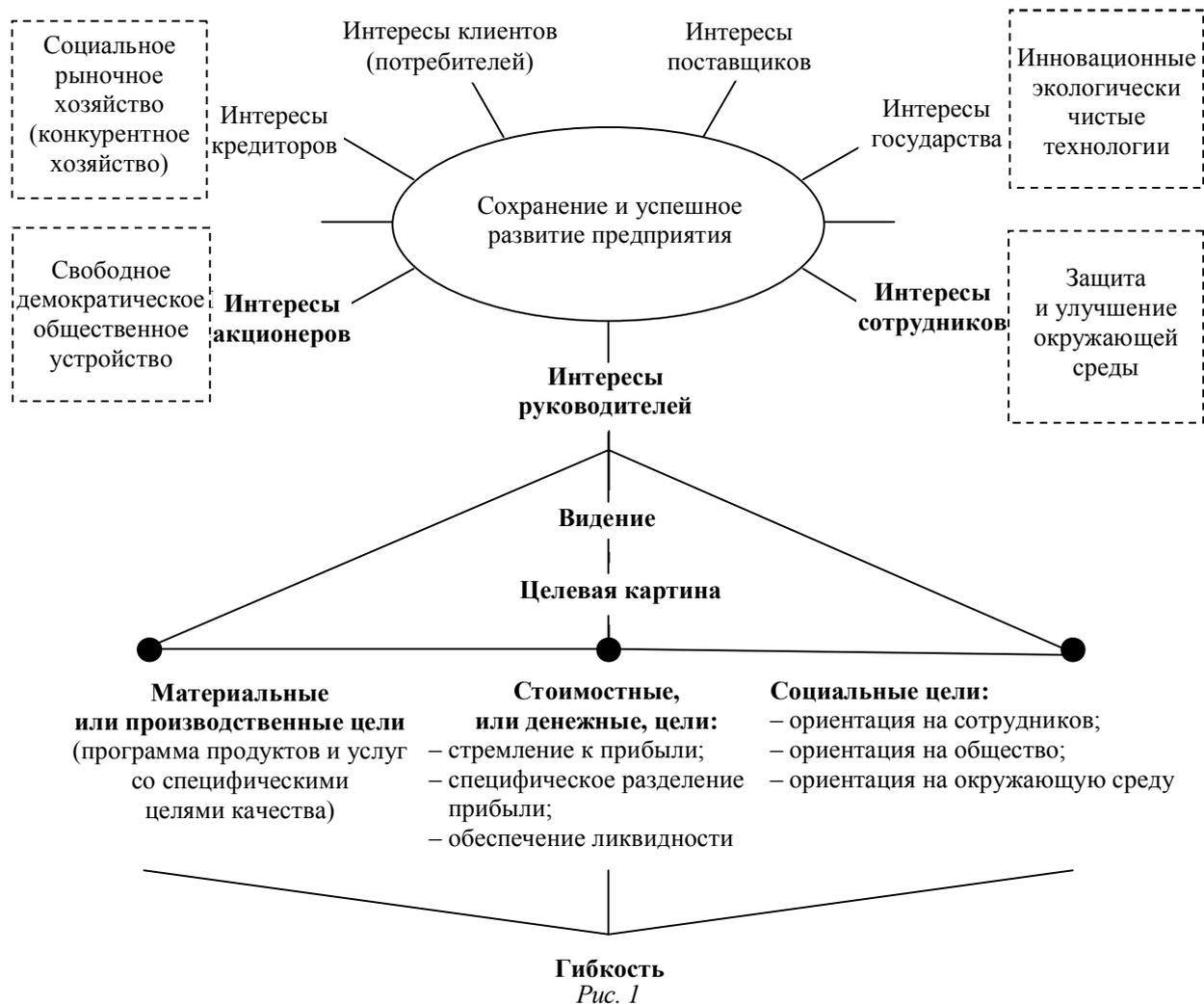
6. Установить требуемые каналы управления (связи в системе), сгенерировать управляющие воздействия (используя методы, алгоритмы, рекомендации, инструкции, СТП и пр.).

7. Планировать внедрение результатов проектирования процессов управления, внедрять и улучшать их.

8. Управлять системой (группами процессов предприятия и предприятием в целом).

9. Постоянно улучшать управление предприятием.

Деятельность предприятия многогранна, ее описывают множеством моделей, построенных для различных аспектов. В аспекте целевой картины предприятие представляют следующую модель [1] (рис. 1).



Руководство предприятия, учитывая интересы сторон, выделяет и устанавливает (количественно определяет) цели, которые должны быть достигнуты им на установленных временных горизонтах. Установленные цели и их декомпозиция по процессам предприятия используются руководством предприятия для организации целеориентированных процессов предприятия и управления ими.

Целеориентированные процессы предприятия устанавливает руководство, анализируя деятельность предприятия или (и) проектируя ее.

В качестве базовой модели предприятия рассматриваемого класса целесообразно использовать модель процессов, принятую в стандарте на системы менеджмента качества предприятий. Обоснованием этому может служить следующее:

- Модель и требования стандарта по системам менеджмента качества используют обобщенные лучшие практики предприятий и распространяются на процессы, связанные с созданием продукции предприятий.

- Рекомендации ГОСТ Р ИСО 9004 распространяют эту модель на все процессы предприятия.

- Повышение уровня зрелости и конкурентоспособности предприятия связано с улучшением качества продукции и процессов. Это приводит к повышению роли системы менеджмента качества, как по отношению к продукции, так и к процессам предприятия.

Контекстная диаграмма модели предприятия отражает деятельность предприятия в целом с определенной точки зрения и установленной целью модели (описания) с минимальными подробностями (рис. 2). Эта модель может служить основой для ее детализации, обсуждения, модификации, поэтапной или частичной реализации.

Поиск путей повышения конкурентоспособности предприятий привел к выдвиганию концепции CALS (ИПИ – интегрированной информационной поддержки изделия) – концепции конкурентоспособной деятельности предприятия, объединяющей совокупность принципов, компьютерные технологии управления внутренней и внешней деятельностью предприятия и процессами жизненного цикла его продукции, менеджменты, многопрофильные группы сотрудников, автоматизированные технологии анализа и проектирования, методы описания и познания, работающие параллельно в едином информационном пространстве, управляемом в соответствии с требованиями стандартов [2] (рис. 3).

Осуществление концепции CALS в полном объеме по силам предприятиям высокого уровня зрелости – лидерам, обладающим высокими значениями показателей конкурентоспособности продукции, производства и предприятия. Предприятия, находящиеся на низком уровне зрелости, для повышения своей конкурентоспособности вынуждены ориентироваться на CALS-концепцию, но не могут осуществить ее быстро и в полной мере. Работу в этом направлении приходится начинать с осмысления приемлемых и реализуемых для конкретного предприятия принципов и технологий, описания (моделирования) и планирования деятельности по повышению конкурентоспособности.

Предприятия, находящиеся на низком уровне зрелости, как правило, не имеют требуемых больших свободных ресурсов для быстрой реализации концепции и вынуждены реализовывать ее поэтапно. В этом случае возникает вопрос: с чего и в каких процессах начинать изменения? Логично начинать изменения, которые принесут средства, используемые далее на повышение конкурентоспособности, с процессов жизненного цикла продукции, добавляющих продукции ценность и стоимость. Их нужно улучшать, повышая конкурентоспособность продукции и процессов производства. Их улучшение связано с составлением адекватного описания процессов, его анализом и реинжинирингом процессов.

Следует отметить, что на работающих предприятиях реинжинирингу подвергается преимущественно управление деятельностью (менеджмент) – деятельность по постановке и достижению целей. Технология же непосредственного создания продукта и технологическое оборудование изменяется в меньшей степени. Становится также очевидным, что локальные изменения можно обоснованно проектировать, планировать и внедрять на основе описания (понимания) всей системы взаимосвязанных целеориентированных процессов предприятия – концептуальной модели конкретного предприятия. Но само построение концептуальной модели предприятия (описание) требует усилий от руководства и персонала предприятия, которые должны быть обеспечены дополнительными ресурсами.

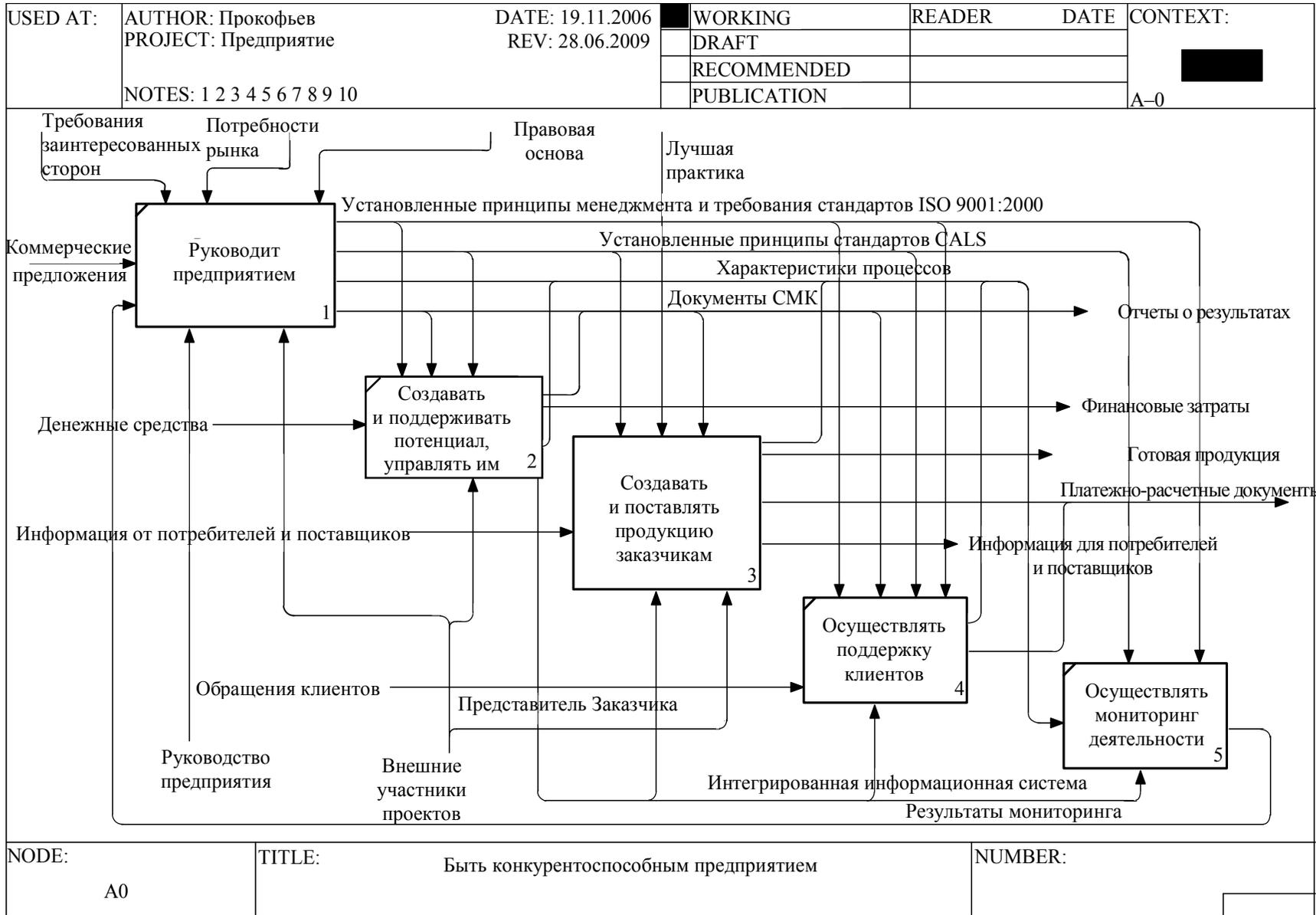


Рис. 2

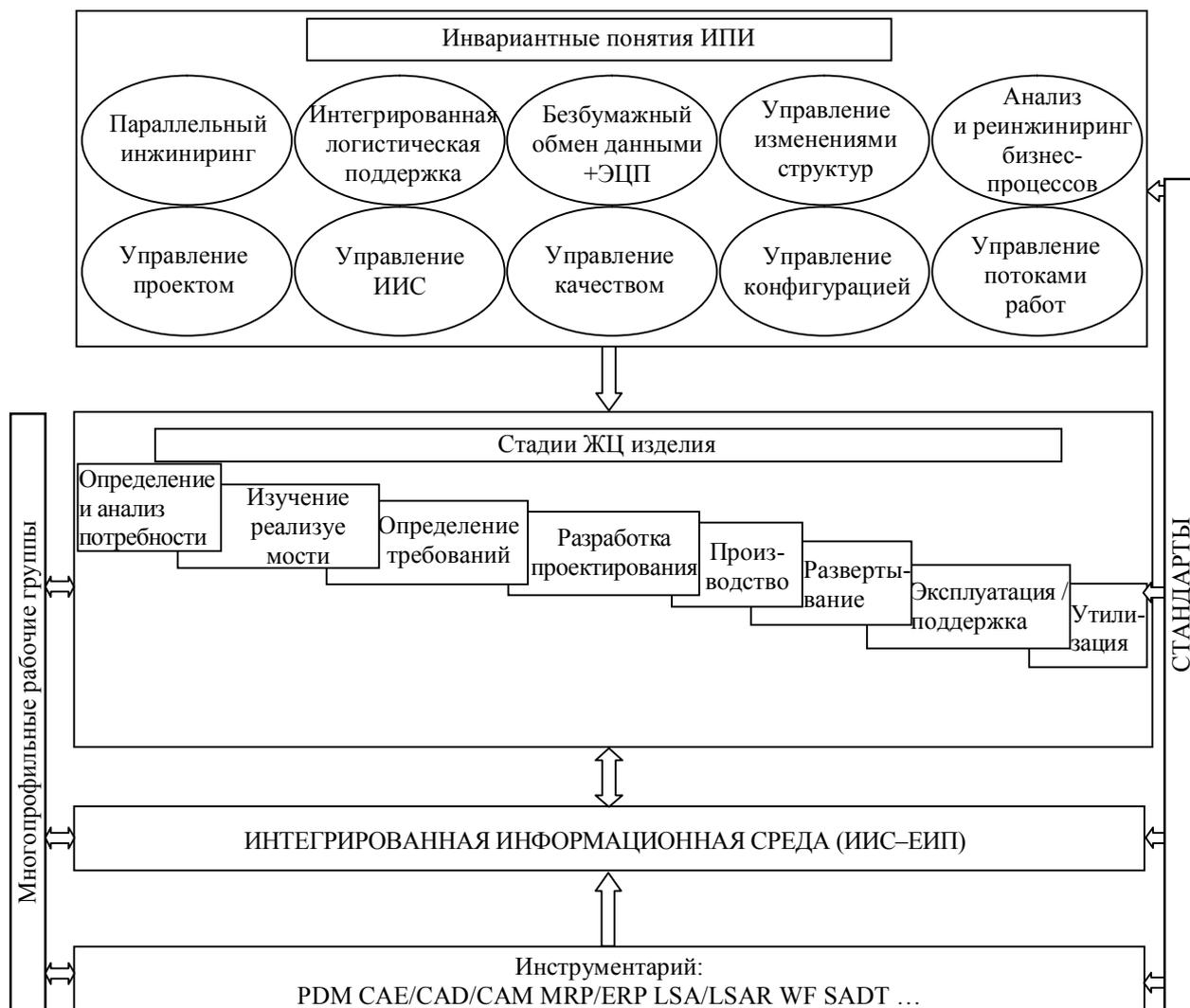


Рис. 3

Известно [3], что самые дорогие ошибки совершаются на ранних стадиях создания, ранние стадии определяют также «заложенную стоимость продукции». Поэтому эффективную отдачу, используемую для повышения конкурентоспособности, следует ожидать от реинжиниринга процессов ранних стадий жизненного цикла продукции.

Модель этих процессов и требования к ним описаны в ГОСТ Р ИСО 9001 с точки зрения качества продукции и процессов. На многих предприятиях существует система менеджмента качества, сертифицированная в соответствии с этим стандартом, зона ответственности которой – гарантированное обеспечение качества поставленной потребителю продукции – соответствие требованиям контракта (в том числе, сроком). В то же время система менеджмента качества (по определению) не минимизирует затраты предприятия и не гарантирует эффективность процессов. Поэтому наряду с менеджментом качества на процессы жизненного цикла продукции должны быть наложены другие менеджменты, гарантирующие достижение целей в других областях при гарантии требуемого качества. Для достижения конкурентоспособности продукции и производства к таким областям, в первую очередь, относятся уменьшение затрат и сроков создания продукции (при соответствующем качестве).

Сокращение затрат, сроков и повышение качества обеспечивают параллельный инжиниринг (являющийся одним из принципов CALS), реализованный в параллельном методе выпуска продукции, позволяющем также повысить качество продукции и уменьшить ошиб-

ки посредством непрерывной верификации результатов участниками рабочих групп на основе использования единого информационного пространства. В современных условиях, когда в выпуске изделия участвует много территориально распределенных участников, рабочих групп и заинтересованных сторон, этот принцип реализуется посредством IT-технологий как в процессах управления, так и в автоматизации процессов анализа, проектирования, технологической подготовки производства (CAE, CAD, CAM).

Таким образом, находясь на начальном уровне зрелости в области информационных технологий, предприятие должно реконструировать процессы ранних стадий жизненного цикла продукции, которые имеют место и будут работать при выпуске характерной для него продукции. При этом предприятие должно установить приемлемые для него на текущем этапе развития принципы конкурентоспособности, использовать их с самого начала реинжиниринга на протяжении своей дальнейшей деятельности. Поэтому реконструкцию следует начинать с начальных стадий (процессов) жизненного цикла продукции как наиболее понятных, постоянно действующих и непосредственно влияющих на добавленную ценность продукции. В процессах проектирования и технологической подготовки производства нужно организовать параллельный инжиниринг на базе пригодных для этого IT-средств. К процессам жизненного цикла относятся: процессы взаимодействия с потребителями; анализ и формирование требований к поставляемой продукции; проектирование и разработка; подготовка производства и производство; поставка и запуск; поддержка и модернизация; утилизация.

Процессы взаимодействия с потребителями предполагают деятельность, направленную на формирование занимаемой предприятием ниши рынка и лояльных предприятию потребителей его продукции. Они также предусматривают взаимодействие с потребителями в период формирования заказов и на последующих стадиях жизненного цикла продукции.

Анализ и формирование требований к поставляемой продукции (формирование контракта и проверка его реализуемости) предполагает однозначное документирование и согласование всех требований, а также проверку возможности предприятия удовлетворить сформулированные требования во всех процессах жизненного цикла, достигая при этом цели предприятия. Проверка реализуемости предусматривает выполнение быстрого анализа возможности качественного выполнения заказа (с учетом планов и ресурсов) во всех процессах жизненного цикла. Проверка реализуемости заказов новых изделий требует от процессов жизненного цикла объективной, быстрой и достоверной оценки выполнения новых требований с количественной оценкой характеристик подлежащих выполнению процессов.

Процессы проектирования и разработки детализируют установленные требования, формируют облик изделия как систему, выделяют подсистемы и разрабатывают документацию на подсистемы и систему в целом, необходимую для создания и использования изделия. На ранних стадиях этого процесса закладывается концепция и стоимость изделия. На поздних стадиях изготавливается документация на изделие. Следует отметить, что концепция конкурентоспособности требует от процессов проектирования и обеспечения требования «быстрее, лучше, дешевле» для всего жизненного цикла, что невозможно выполнить без параллельной работы разных рабочих групп в едином информационном пространстве.

В процессах производства изготавливаются изделия (продукты) по разработанной документации. При этом производится технологическая экспертиза проектной конструкторской документации, возможная ее доработка под возможности производства, а также технологическая подготовка производства к изготовлению продукции.

На последующих стадиях жизненного цикла осуществляется внедрение продукции в эксплуатацию, ее использование, обеспечение ее надлежащей работы (*поддержка*, в том числе логистическая), *модернизация* и *утилизация*.

Таким образом, начальные стадии жизненного цикла продукции являются определяющими (доминирующими) для всего жизненного цикла. Их следует подвергнуть реконструкции, руководствуясь принципом параллельного инжиниринга.

Параллельный инжиниринг нельзя реализовать без совместного использования информации, необходимой для работы персонала всех рабочих групп, технологий доступа и работы с информацией, обеспечивающих потребности параллельного инжиниринга. Параллельный инжиниринг предусматривает централизованное избыточное хранение актуальной информации и управление ею, санкционированный доступ к ней для создания, редактирования, комментирования, использования и просмотра различным пользователям – единое информационное пространство (ЕИП).

В условиях, когда многофункциональные рабочие группы территориально распределены (заказчики, поставщики, проектанты, производственники, заинтересованные стороны), а информация все в большей степени потребляется автоматизированными и автоматическими производственными подсистемами в цифровом виде, конкурентоспособная деятельность в процессах жизненного цикла немыслима без реализации в них принципа безбумажного обмена данными.

Поэтому уже в начале пути повышения конкурентоспособности процессов жизненного цикла продукции предприятие должно использовать минимум три принципа CALS:

1. Анализ и реинжиниринг бизнес-процессов.
2. Параллельный инжиниринг.
3. Безбумажный обмен данными.

Использование этих принципов приводит к реорганизации процессов ранних стадий жизненного цикла и оснащения их соответствующими инструментальными системами, работающими с использованием компьютерных сетей:

- автоматизированного анализа;
- автоматизированного проектирования;
- автоматизированной технологической подготовки производства;
- управления данными о продуктах и процессах;
- управления проектами.

Такие средства разработаны и поставляются на рынок фирмами и корпорациями, обладают различным спектром функций и разной стоимостью. Выбор этих средств для использования конкретным предприятием связан с анализом:

- текущих и стратегических целей и планов предприятия;
- эффективности их применения;
- готовности персонала к их освоению и использованию.

В процессах жизненного цикла предприятия электротехнического профиля уже применяются инструментальные средства, направленные на автоматизацию процедур анализа и проектирования. К их числу относятся такие системы как Picad, Orcad, MathLab, LabWiev, а также Autocad, MS Office. Такие средства, как правило, применяются исследователями и ис-

полнителями автономно без их взаимодействия и интеграции в систему управления данными, хранения результатов исследования в электронном архиве предприятия (электронного архива часто не существует). Применение IT-технологий в качестве инструментов в процессах жизненного цикла будет неизбежно расти с увеличением сложности исследуемых процессов, требуемой точности и качества продукции. Это объясняется необходимостью использования «интеллекта» и передового опыта, заложенных в эти инструментальные средства, обеспечивающего автоматическое выполнение процедур и автоматизированную работу «мастеров» (программных приложений), что позволяет персоналу средней квалификации выполнять работы с качеством, присущим эксперту.

Номенклатура используемых инструментальных IT-технологий определяется предметной областью исследования и проектирования. Эффективность их использования при работе в каскадном методе достигает предела по причине необходимости завершения предыдущих стадий перед запуском последующей. Для повышения эффективности и конкурентоспособности необходимо разработать концепцию параллельной работы персонала предприятия с использованием единого информационного пространства и переходить на выполнение работ в рамках этой концепции.

Исследования, адаптации и использование автоматизированной технологии конструкторского проектирования показывают, что предприятия электротехнического профиля могут использовать 3D-технологии проектирования больших сборок с относительно простыми поверхностями деталей, например, Autodesk Inventor Professional. Их применение обусловлено:

- совместимостью с уже используемыми технологиями (преимущественно от Autodesk), освоенными значительным количеством персонала предприятий;
- относительно низкой стоимостью;
- достаточной функциональностью и открытостью;
- поддерживаемостью;
- постоянным развитием корпорациями-производителями;
- простотой и легкостью в освоении пользователями;
- встроенными средствами создания и управления хранилищами электронных файлов;
- направленностью на параллельную работу и взаимодействие с различными системами управления данными о продукции.

В традиционной схеме процесса проектирования разработчик формирует конструкторскому отделу задание на проектирование, принимая при этом принципиальные конструктивные решения или формируя их в процессе взаимодействия с конструкторскими отделами. Последующее взаимодействие по согласованию принятия решений при проектировании и изготовлении изделия отнимает много времени. Поэтому многие разработчики склонны иметь «свои» эффективные САПР и не взаимодействовать с конструкторскими подразделениями.

Эффективное использование технологий в направлении повышения конкурентоспособности предполагает параллельную работу разных специалистов над созданием изделия с перекрытием фаз конструирования и технологической подготовки. При такой организации процесса создания конструкции разработчик сам компоует трехмерную модель изделия, используя определенные им предварительные требования и реализуя их в компоновке конструкции. При этом он «ощущает» необходимость изменения требований и ищет наилучшие варианты компоновки изделия (рис. 4).



Рис. 4

По мере «созревания» модели конструкции к ее обсуждению подключаются другие специалисты и потребители изделия, а также технологи процесса изготовления изделия. На трехмерной модели, в процессе ее обсуждения специалистами, производятся все необходимые изменения и атрибутивные описания элементов конструкции. Важно, что актуальная модель продукции, доступная (с использованием программ просмотра и внесения комментариев и замечаний) всем участникам проекта для обсуждения, находится в едином информационном пространстве проекта и в одном экземпляре. Это исключает дублирование информации и ошибки, связанные с редактированием копий. Редактирование и актуализация модели производятся санкционированно (например, руководителем проекта).

После согласования модели изделия с участниками проекта (достижения консенсуса), на основании геометрической и атрибутивной информации трехмерной модели изделия разработчиком выпускается документация, необходимая для его изготовления в процессе производства (например, плоские или трехмерные чертежи, спецификации, перечни). При этом степень автоматизации выпуска документации высока, а время ее выпуска определяется производительностью средств печати бумажных документов.

По выпущенным бумажным (электронным 2D или 3D, в зависимости от организации инфраструктуры производства) документам закупаются и производятся детали конструкции, собирается конструкция.

При производстве может возникнуть необходимость изменений в конструкции, вызванных процессом производства, а также изменениями требований заказчика. Эти изменения приведут к редактированию модели разработчиком с участием специалистов и заинтересованных сторон – возникновению новой версии модели изделия. При этом для производства на основе измененной модели изделия могут быть выпущены новые документы (взамен измененных документов).

Изменения в процессе производства приводят к возврату к процессам проектирования, увеличению стоимости и времени создания изделия, чего следует избегать. В современных условиях, особенно для продукции с длительным циклом создания, избежать изменений в требованиях Заказчика в период создания продукции практически не удастся, что требует повышенной гибкости процессов начальных стадий жизненного цикла. Принципиально большую гибкость, по сравнению с каскадным и спиральным методами выпуска продукции, может обеспечить параллельный метод (инжиниринг).

В конце периода производства изделия, когда все изменения учтены в модели, а изготовление и сборка продукции почти завершены, можно выпустить документацию, верифицировать ее на предмет оформления по правилам того или иного стандарта, оговоренного в контракте.

Так, используя параллельный инжиниринг, можно сжать время и снизить затраты создания изделий, улучшить их качество. Кроме того параллельный инжиниринг и единое информационное пространство улучшают процессы жизненного цикла, приводят к реализации

безбумажного обмена данными, повышают культуру работы персонала в процессах жизненного цикла.

В то же время параллельный инжиниринг, реализуемый с использованием единого информационного пространства, а также принцип безбумажного обмена информацией требуют от руководства предприятия организационной перестройки процессов жизненного цикла, повышения квалификации персонала, технической модификации аппаратной части компьютерных сетевых технологий предприятия, приобретения соответствующих специализированных программных средств.

Кроме геометрического моделирования и выпуска графических документов (чертежей) процесс конструирования может включать различного рода анализ. Некоторые виды анализа конструкции встроены в машиностроительные САПР как модули самостоятельной системы анализа (например, ANSYS). К таковым относятся наиболее востребованные модули анализа механических напряжений и деформаций, а также частотный анализ. Применение этих модулей связано с выделением исследуемых деталей, формированием условий их закрепления и нагружения. После чего система автоматически производит вычисления и отчеты, содержащие визуальное и количественное отражение происходящих процессов. Постановка задачи, формирование условий ее решения и интерпретация результатов – неформализованные процессы, которые требуют от пользователя теоретических знаний и опыта исследования в этой области.

Весьма важным в проектировании является задача использования и размещения в электротехнических шкафах оборудования, выделяющего тепло. Системы анализа тепловых полей и потоков охладителя существуют как отдельные подсистемы и как модули в системах анализа. Анализ в них производится на основе использования 3D-моделей компоновки оборудования в шкафах и дополнительных охлаждающих устройств. Такие системы анализа достаточно дороги и трудоемки в использовании. Существует инженерная методика оценки тепловой картины в устройствах, основанная на теоретических результатах и эмпирических данных. Наибольшее распространение она получила при проектировании крупных электрических машин на заводе «Электросила» в вентиляционных и тепловых расчетах гидрогенераторов и турбогенераторов. Она же может быть автоматизирована и применена в анализе тепловой картины внутри электрических шкафов.

Электротехническое проектирование создает установленную стандартами проектирования схемную и сопутствующую документацию, автоматизированная разработка которой поддерживается специализированными электротехническими САПР в рамках концепции параллельного проектирования (инжиниринга). До недавнего времени схемотехническая документация создавалась и редактировалась с использованием универсальных систем создания графической документации, таких как Visio, Autocad, Компас, а также пользовательских приложений, разработанных с использованием программных приложений Autocad. В последние несколько лет на российский рынок САПР вышли развивающиеся специализированные электротехнические САПР фирменной разработки, такие как EPLAN, Autocad Electrical.

Исследования специализированной локализованной системы электротехнического проектирования Autocad Electrical 2009 на предмет ее использования в электротехническом проектировании показывают ее пригодность для выпуска документации в различных национальных и международных стандартах (в том числе ГОСТ Р). Эту систему предприятия выбирают вследствие того, что она:

– построена на базе Autocad, используемой в «ЦНИИ СЭТ» и полностью совместимой с ней;

- позволяет использовать разработанные в Autocad электротехнические проекты;
- позволяет относительно легко преобразовать принципиальные схемы, созданные в Autocad, в документ системы и использовать их для автоматического выпуска документации;
- является фирменным приложением Autocad, активно развивается;
- относительно дешева (незначительно дороже Autocad);
- взаимодействует с машиностроительной САПР Autodesk Inventor для выполнения работ по моделированию прокладки кабельных соединений с использованием общих данных;
- имеет обширные базы данных электротехнических изделий и библиотеки условных графических обозначений;
- развивает встроенные приложения для автоматизированного выпуска документации по ГОСТ;
- взаимодействует с хранилищем данных (как и Autodesk Inventor);
- ориентирована на взаимодействие с системами управления данными;
- имеет обширные средства проверок и уменьшения ошибок проектирования.

Уже много лет технические вузы России выпускают специалистов, работающих в прикладных САПР, в рамках традиционной концепции каскадного выпуска. В условиях конкуренции необходимо выпускать прикладных специалистов, способных не только использовать, но и организационно развивать концепцию повышения конкурентоспособности, осуществлять ее принципы. Для этого необходимо построить процесс обучения с использованием элементов параллельной работы студентов над созданием изделия в едином информационном пространстве под управлением данными и проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Пер. с нем.; Предисл. и под ред. А. А. Турчака, Л. Г. Головача, М. Г. Лукашевича. М.: Финансы и статистика, 1997.
2. CALS в НАТО – NATO CALS Handbook («Руководство по применению CALS»).
3. Прокофьев Г. И. Ранние стадии создания продукции: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004.

G. I. Prokofiev

PROSPECTS OF DESIGN PROCESSES DEVELOPMENT AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF MANUFACTURING AT A LOW-LEVEL MATURITY ENTERPRISES

A production lifetime processes conditions at a low-level IT-technologied industrial enterprises of the electrotechnical profile is analyzed, the description of their various aspects is resulted, the ways and means to rise their competitive strength characteristics by automation via specialized CAD usage are considered.

Competitive strength, lifetime processes, electrotechnical designing and manufacturing, IT, specialized CAD

УПРАВЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯМИ МОМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Рассматриваются системы управления скоростью и соотношением моментов механически взаимосвязанных многодвигательных электроприводов.

Взаимосвязанные электроприводы, распределение нагрузки, регуляторы соотношения моментов

Для многодвигательных электроприводов механизмов, имеющих жесткие кинематические взаимосвязи, существует задача управления загрузкой каждого электропривода при одинаковой скорости их движений. В длинных конвейерных линиях несколько электроприводов и одно или два натяжных устройства обеспечивают движение конвейерной линии со скоростью v . Электроприводы с учетом потерь в линии распределены так, чтобы равномерно создавать усилие в ленте. Приводы могут создавать разные усилия (моменты) в зависимости от топологии линии и значения потерь в ней. Аналогичная ситуация имеет место в прессовой части бумагоделательной машины, где несколько электроприводов связаны прессовыми валами и натянутой сеткой, а также в механизмах намотки с периферическим накатом ленточных материалов, в поворотных платформах и столах. Описание подобных механизмов и машин даны в учебнике [1].

В приводах, механически связанных несколькими приводными осями, необходимо сделать так, чтобы нагрузка распределялась между двигателями равномерно или в соответствии с заданными соотношениями. Решение этой задачи зависит от варианта подключения преобразователя частоты: один преобразователь частоты на группу двигателей или индивидуальный преобразователь частоты на каждый двигатель.

Если все двигатели подключены к одному преобразователю частоты и у них поддерживается определенная статорная частота, то отклонение в распределении нагрузки возможно только при разных характеристиках скольжения у двигателей. Двигатель с жесткой характеристикой будет принимать на себя большую нагрузку. Допустимы небольшие отклонения в распределении нагрузки, например, в соответствии с DIN VDE 0530 допустимо отклонение до 20 % [2]. В этом случае необходимо выбирать двигатели с одинаковыми характеристиками скольжения.

Проблемы с распределением нагрузки могут возникнуть также из-за передаточных механизмов (ПМ). Несовпадение скоростей узлов передаточных механизмов приводит к тому, что двигатель с меньшей скоростью принимает на себя большую нагрузку. И это происходит несмотря на то, что двигатели имеют одинаковые характеристики скольжения.

Как правило, вариант многодвигательного электропривода с групповым преобразователем частоты применяют для двигателей одинаковой мощности, с близкими друг другу характеристиками скольжения и стабильными передаточными механизмами. В иных случаях для выравнивания нагрузки и управления соотношениями моментов нагрузки механически взаимосвязан-

ных электроприводов применяют индивидуальные преобразователи частоты на каждый двигатель. В такой структуре многодвигательного электропривода имеется несколько возможностей решения задачи управления соотношением моментов электроприводов.

На рис. 1 показаны основные функциональные схемы систем управления тремя электроприводами, раскрывающие эти возможности. В общем случае число электроприводов может быть и большим. На рис. 1, а показана система, в которой первый привод выбирается ведущим, и в нем реализуется типовая система регулирования скорости с блоком управления моментом БУМ1 и регулятором скорости (РС), имеющим ограничение выходного сигнала. С учетом задания $v_{м.з}$ или $\omega_{м.з}$ привод обеспечивает скорость $v_{м}$ или $\omega_{м}$ движения исполнительного органа ИО1. Ведомые электроприводы с ИО1 и ИО2, совершающие движения с той же скоростью, управляются только по заданиям моментов M_{32} и M_{33} . Задания устанавливаются с помощью устройств заданий моментов так, как это выполнялось в случае независимого управления соотношением скоростей многодвигательных электроприводов. Устанавливая конкретные значения коэффициентов соотношения моментов $k_{с.м. j}$, обеспечивают соответствующие им нагрузки электроприводов. При суммарной нагрузке электроприводов, превышающей допустимое значение, т. е. при перегрузке электропривода, происходит ограничение значения выходного сигнала РС и наступает режим стопорения механизма.

Каждый из приводов развивает предельный момент с учетом коэффициента $k_{с.м. j}$, но механизмы останавливаются. Для варианта привода «ведущий/ведомый» нагрузка равномерно распределится в полном диапазоне скорости после передачи задания на моменты с регулятора скорости ведущего привода на регуляторы моментов ведомых приводов. Ведущий привод должен быть оснащен датчиками скорости (ДС), например импульсным энкодером, если предусматривается широкий диапазон регулирования скорости (более 50) производственного механизма. При ограниченном диапазоне возможно использование обратной связи по оценке скорости двигателя, выполняемой в БУМ1. Варианты подобной оценки рассматриваются в [1], [2].

Недостатком рассматриваемого варианта электропривода является режим ускорения ведомых электроприводов при нарушении механической связи ИО_{*j*}, например, в случае обрыва полотна, связывающего ИО_{*i*} отдельных приводов. Этот недостаток устраняется в вариантах систем (рис. 1, б, в). В варианте рис. 1, б все три привода выполняются одинаково, по структуре ведущего привода с регуляторами скорости. Режимы ускорения и замедления параметрируются одинаково средствами каждого электропривода с помощью функционального модуля «задатчик интенсивности» (ЗИ). Возможно использование одного модуля на все приводы.

Управление соотношением моментов приводов выполняется на уровне регулируемых ограничений, по значению момента ведущего привода. Управление ограничениями моментов выполняется аналогично схеме рис. 1, а. Процессы управления здесь очевидны и особых пояснений не требуют.

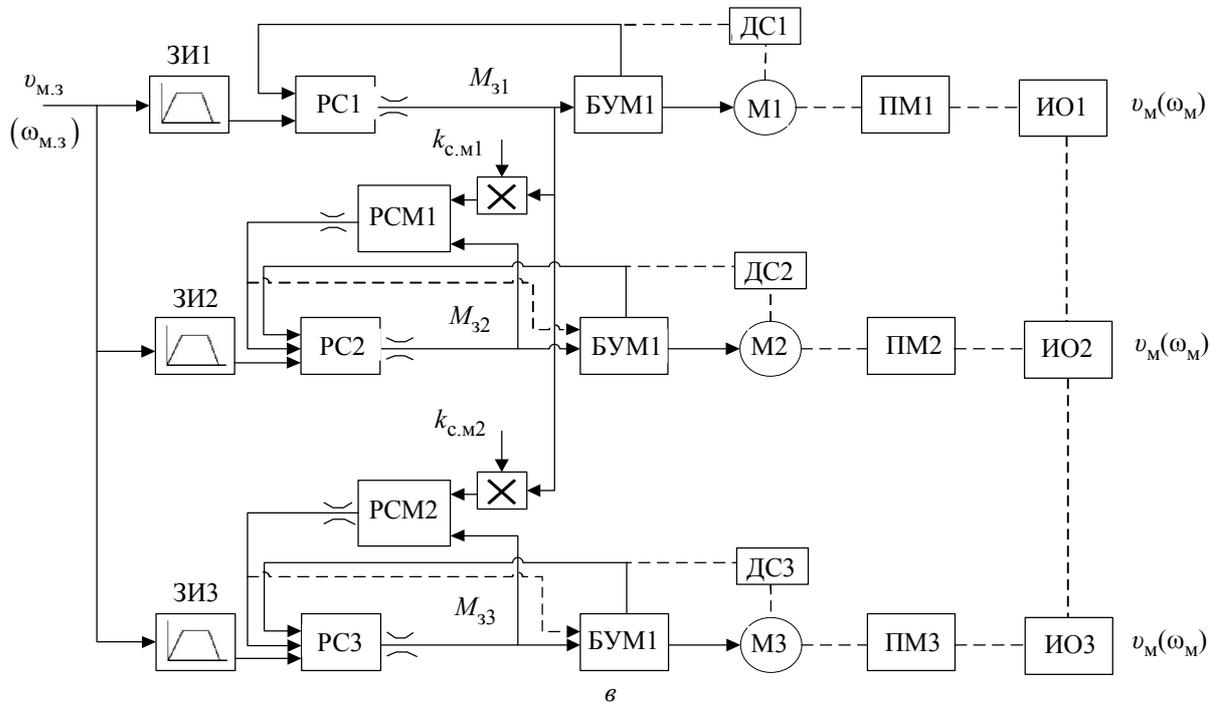
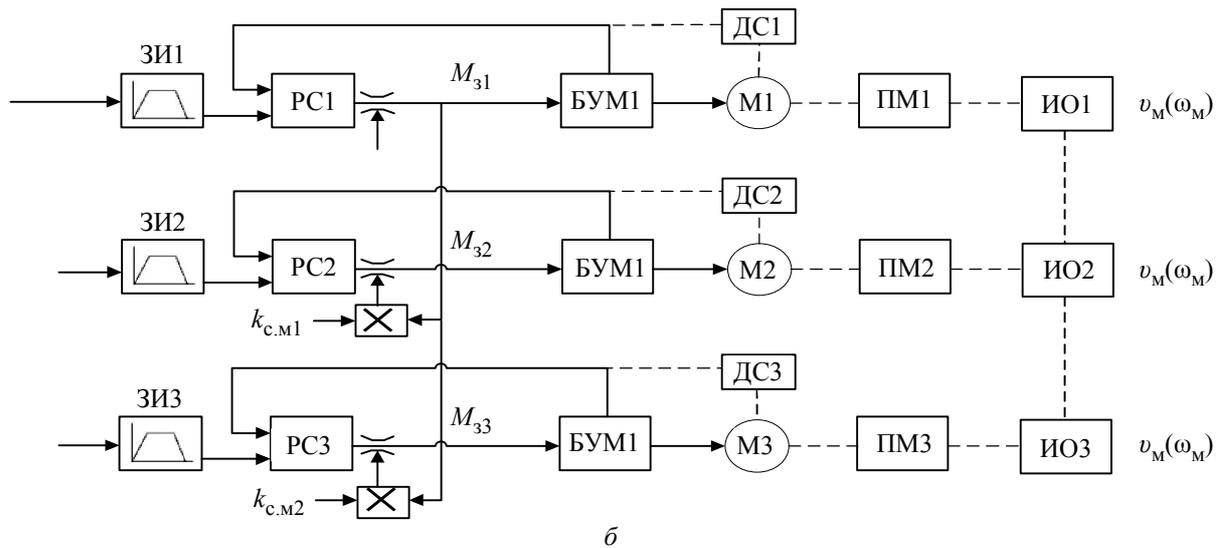
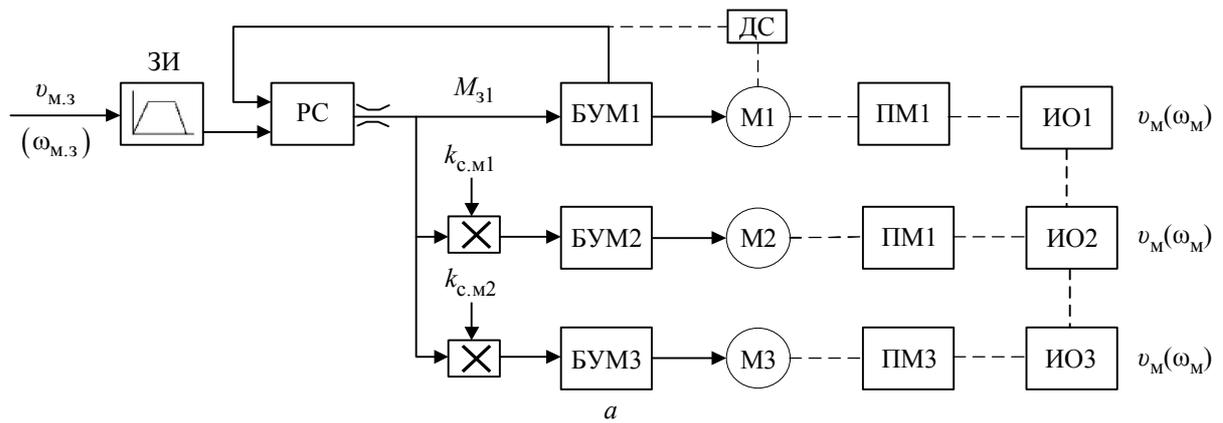


Рис. 1

Значительно большие возможности выравнивания нагрузки и управления соотношениями моментов нагрузки имеются в варианте системы, показанной на рис. 1, в.

В системе применяются регуляторы соотношения моментов (PCM1, PCM2), с помощью которых корректируются значения частот индивидуальных преобразователей частоты с целью получения нужных соотношений, в том числе и равных значений моментов. Как и в предыдущих вариантах систем эти соотношения устанавливаются коэффициентами $k_{с.м1}$, $k_{с.м2}$ по значению момента задания ведущего привода.

В системе управления имеется несколько подвариантов, рассмотрим их.

Подвариант 1. Цифровое задание подается в виде статорной частоты f_3 [3]. Для всех преобразователей частоты параметрируется одинаковое время разгона и время торможения. При использовании управления по u/f -характеристике или при замыкании контура регулирования частоты не должна применяться компенсация скольжения двигателя. Все преобразователи частоты должны обеспечить заданную скорость производственного механизма. Если, например, предусматривается одинаковое распределение нагрузки, то это достигается сравнением заданного момента на первом приводе с заданным моментом на каждом из других приводов и частотной коррекцией преобразователя частоты, с помощью PCM1, PCM2 и регуляторов частоты P1, P2, P3. Значение коррекции должно быть ограничено 300–400 % от частоты скольжения двигателя. Управление распределением нагрузки можно использовать, если замкнутые контуры регулирования частоты быстродействующие. При технической реализации такой системы задание частоты, момента и управление командами осуществляется с первого преобразователя частоты на все остальные через информационную сеть. В этом случае для преобразователя частоты применяется специальная сетевая плата. Так, фирма «Siemens» применяет для приводов Simovert VC сетевую плату SCB2 и интерфейс RS485.

Недостатком этого подварианта является низкая стабильность скорости v_M или ω_M при больших изменениях нагрузки, так как регулирование скорости производится косвенно по частоте преобразователя.

Подвариант 2. В системе используется задание скорости механизма и в качестве регуляторов P1, P2, P3 используются регуляторы скорости. Информация о скорости поступает по оценке скорости двигателей с блоков БУМ1–БУМ3 или с датчиков скорости (энкодеров), установленных на каждом двигателе. Выполняется общее задание скорости $v_{м.3}$ или $\omega_{м.3}$ и одинаковые времена разгона и торможения. При прочих равных условиях работы системы по сравнению с подвариантом 1 сигналы коррекции моментов и частоты преобразователей поступают с PCM1 и PCM2 соответственно, на блоки БУМ2 и БУМ3. На схеме рис. 1, в это показано штриховой линией. Очевидно, что в таком подварианте при использовании ПИ-регуляторов скорости можно получить высокую стабильность скорости v_M или ω_M при больших изменениях нагрузки приводов в соответствии с заданными соотношениями.

Подвариант 3. При определенных условиях подвариант 2 можно использовать, формируя сигнал коррекции моментов на выходе PCM1 и PCM2 и подавая его не на БУМ2 и БУМ3, а на регуляторы скорости P2 и P3.

Динамические процессы в системе управления скоростью механизма и соотношением моментов нагрузки трех электроприводов описываются следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned}
p\omega_M &= \sum M_{y_i} - M_{c.m}; M_{y_i} = c_i p^{-1}(\omega_i - \omega_M) + b_i(\omega_i - \omega_M); \\
p\omega_i &= J_i^{-1}(M_i - M_{y_i} - M_{c_i}); M_i = c_{d_i} i_i; \\
T_{\Delta i} p i_i + i_i &= R_{\Delta i}^{-1}(u_{\beta i} - c'_{d_i} \omega_i); \\
u_{\beta i} &= [W_{PT_i}(p)k_{\Pi i} u_{PT_i}(t - \tau_i)](u_{PM_i} - k_{DT_i} i_i); \\
u_{PM_i} &= W_{PM_i}(p)(u_{p_i} - k_{DM_i} M_i); u_{PM_i} \leq u_{PM0_i}; \\
u_{p_i} &= W_{p_i}(p)(u_{ЗИ_i} - u_{0c_i} + u_{PCM_j}); u_{p_i} \leq u_{p0_i}; \\
u_{PCM_j} &= W_{PCM_j}(p) \left(k_{c.mj} u_{p_i} - u_{p(i+1)} \right); u_{PCM_j} \leq u_{PCM0_j}; \\
u_{ЗИ_i} &= W_{ЗИ_i}(p) \omega_{M.3}; i = \overline{1,3}; j = \overline{1,2}; p = \frac{d(\cdot)}{dt}; p^{-1} = \int(\cdot)dt,
\end{aligned} \tag{1}$$

где ω_M, ω_i – частоты вращения механизма и двигателя; $M_i, M_{y_i}, M_{c_i}, M_{c.m}$ – моменты двигателя, упругих сил и сил сопротивления двигателя и механизма; $i_i, u_{\beta i}$ – составляющие токов и напряжений статора по оси β в системе векторного управления; f_i – частота преобразователя частоты; $u_{PT_i}, u_{PM_i}, u_{p_i}, u_{PCM_j}, u_{ЗИ_i}$ – выходные переменные регуляторов тока, момента, частоты(скорости), соотношения моментов, задатчика интенсивности; $\omega_{M.3}$ – задание частоты вращения механизма; $R_{\Delta i}, T_{\Delta i}$ – эквивалентное сопротивление и постоянная времени статора двигателя; c_{d_i} – постоянная двигателя; c_i, b_i – коэффициенты жесткости и демпфирования четырехмассовой упругой механической системы; J_i, J_M – моменты инерции двигателя и механизма, приведенного к двигателю; $k_{DT_i}, k_{DM_i}, k_{ДЧ_i}, k_{ДС_i}$ – коэффициенты датчиков тока, момента, частоты, скорости; $k_{\Pi i}, \tau_i$ – передаточный коэффициент и время запаздывания преобразователя частоты.

Рассматриваются системы векторного управления электродвигателями при постоянных значениях потокосцеплений ψ_{2i} . Все параметры привода приведены к двигателям. Обобщенная структурная схема динамической модели электропривода поворота конвертера (рис. 2), составленная на основе системы уравнений (1), включает в себя три подварианта систем управления соотношениями моментов. Для каждого из подвариантов в среде Matlab Simulink разработаны компьютерные модели систем при представлении переменных в относительном виде и выполнено исследование вариантов настроек регуляторов. Для подварианта 1 подключены связи, обозначенные на схеме цифрами 1 и 3, для подварианта 2 – цифрами 2 и 4, для подварианта 3 – цифрами 2 и 3. Привод 3 по своей структуре полностью аналогичен приводу 2.

Регуляторы тока статора PT_i и электромагнитного момента PM_i принимаются, соответственно, в виде ПИ-, И-регуляторов. Методика расчета PT_i и PM_i для системы векторного управления частотно-регулируемым приводом изложена в [2]. В рассматриваемом случае: $R_{\Delta i} = R_{1i}; T_{\Delta i} = \sigma T_{1i}; c_{d_i} = (3/2)p_{\Pi}k_2\psi_2; c_{d_i} = p_{\Pi}k_2\psi_2$, где R_{1i} – сопротивление статора; σ – коэффициент рассеяния двигателя ($\sigma = 1 - L_m^2/(L_1L_2)$), T_{1i} – постоянная времени статора; $k_2 = L_m/L_2$ – коэффициент.

Настройки ПИ-регуляторов внешних контуров (частоты преобразователя или частоты вращения) связаны с настройками ПИ-регуляторов соотношения моментов. То, что в этих контурах применяются именно ПИ-регуляторы, очевидно, так как предполагается, что механизмы подвергаются действию возмущений в виде изменяющихся моментов сопротивлений и именно с такими регуляторами получают минимальные динамические ошибки по регулируемым переменным. Обратную связь по скорости механизма всегда целесообразно применять, но не всегда это возможно технически. Поэтому такой вариант здесь не рассматривается. Для простоты рассмотрения задачи настройки регуляторов считаем, что частоты среза $\omega_{c i}$ контуров регулирования внешними переменными находятся в соотношениях с минимальными частотами упругих колебаний механической части системы, определяемых условием $\omega_{c f i} \ll \omega_{y \min i}$. С запасом имеем $\omega_{c f i} < 0.1\omega_{y \min i}$. Аналогичная ситуация имеет место в отношении частоты среза контура регулирования момента $\omega_{c.m i}$: $\omega_{c f i} < 0.1\omega_{c.m i}$.

Исследование трех рассмотренных подвариантов систем выполнено в среде Matlab Simulink по обобщенной динамической модели систем (рис. 2). Сделаем общие выводы по результатам этих исследований.

Подвариант 1. Регулирование по частотам преобразователей частоты f_i и воздействия регуляторов соотношения моментов на контуры регулирования частоты. Приблизительно частота может быть определена из уравнения

$$f_i \approx k_{1i} J_{\Sigma}^{-1} M_i p^{-1} + k_{2i} M_i, \quad (2)$$

где $k_{1i} = \frac{p_{\Pi i}}{2\pi}$; $k_{2i} = \frac{S_{H1} \omega_{o.H1}}{M_{H1}} \frac{p_{\Pi i}}{2\pi}$; $i = \overline{1,3}$.

Или, записав уравнение (2) через механическую постоянную времени $T_{M_i} = (J_{\Sigma} \omega_{o.H i}) M_{H i}^{-1}$, имеем:

$$f_i = k_{f i} \omega_i \frac{S_{H i} T_{M i} p + 1}{S_{H i} T_{M i} p} M_i, \quad (3)$$

где $k_{f i} = \frac{S_{H i} \omega_{o.H i}}{M_{H i}} \frac{p_{\Pi i}}{2\pi} = \frac{S_{H i} f_{H i}}{M_{H i}}$.

В уравнениях (2) и (3) обозначены номинальные значения переменных: $\omega_{o.H i}$, $S_{H i}$, $M_{H i}$, $p_{\Pi i}$, соответствующих синхронной частоте вращения, скольжению, моменту и числу пар полюсов двигателя; $f_{H i}$ – частота преобразователя частоты.

В уравнении регулятора частоты преобразователя

$$\tau_i \beta_i^{-1} p u_{p1} = \tau_i p u'_{p i} + u'_{p i}; \quad u'_{p i} = u_{3И i} - u_{OC i} + u_{PCМ j} \quad (4)$$

следует принять:

$$\beta_i \approx \frac{\omega_{c f i} k_{DM i}}{k_{f i} k_{ДУ i}};$$

$$\tau_i = \omega_{y \min i}^{-1}, \quad \text{если } \omega_{y \min i} < \omega_{c.m i};$$

$$\tau_i = \omega_{c.m i}^{-1}, \quad \text{если } \omega_{c.m i} < \omega_{y \min i}. \quad (5)$$

Условие (5) возможно только в безредукторных мехатронных модулях.

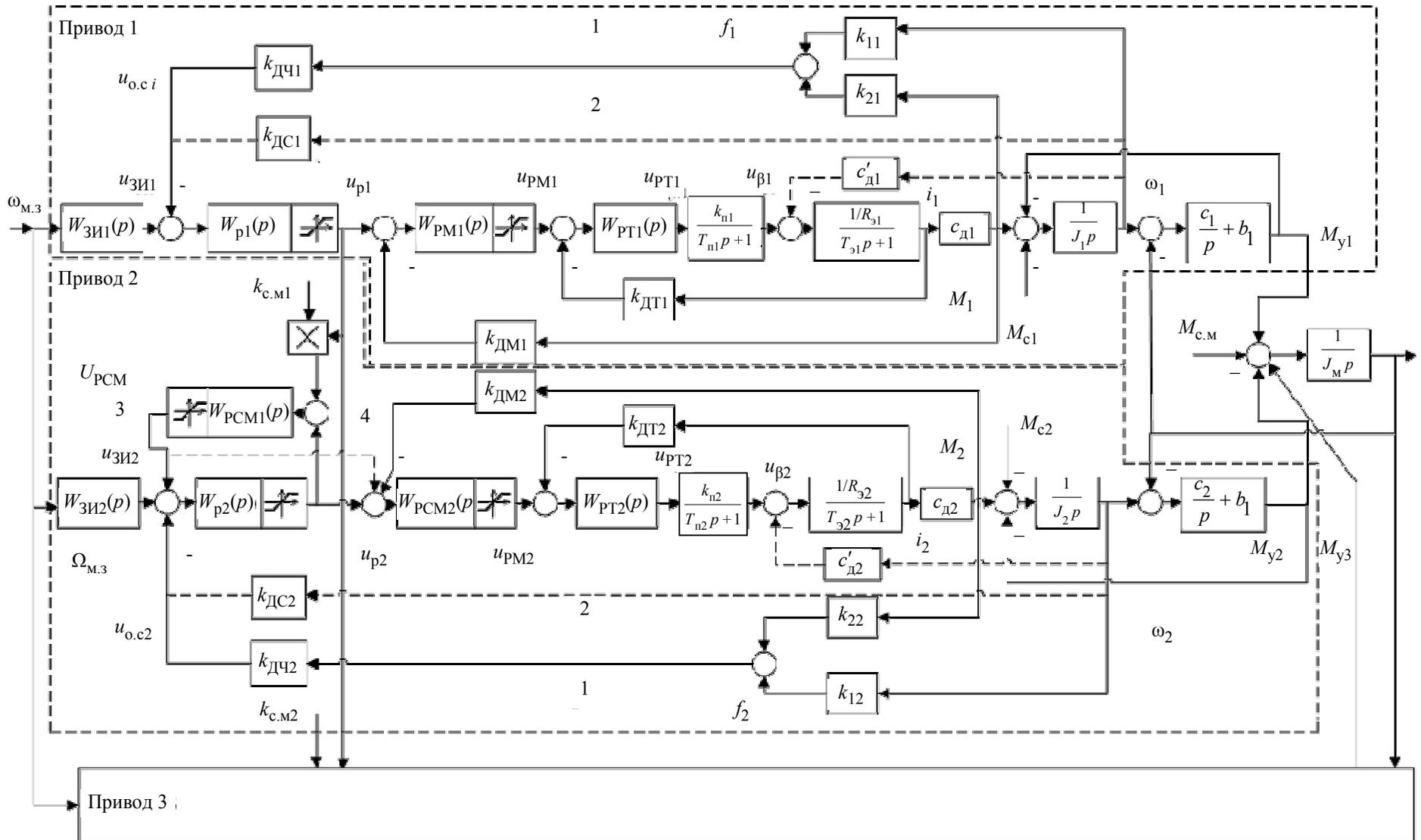


Рис. 2

В уравнении регулятора соотношения моментов

$$\tau_j \beta_j^{-1} p u_{\text{PCM}} = \tau_j p u'_{\text{PCM}j} + u'_{\text{PCM}j}; u'_{\text{PCM}} = k_{\text{с.м}} j u_{\text{p}i} - u_{\text{p}(i+1)} \quad (6)$$

следует принять $\beta_j \approx k_{f(i+1)}$; $\tau_j = S_{\text{H}(i+1)} T_{\text{M}(i+1)}$.

При этом должно выполняться условие $S_{\text{H}(i+1)} T_{\text{M}(i+1)} \gg \omega_{\text{с}f}^{-1}$.

Подвариант 2. Регулирование по частотам вращения двигателей и воздействия регуляторов соотношения моментов на контуры регулирования моментов.

Не выполняя детальный анализ этого варианта, отметим, что при типовой настройке всех контуров регулирования скоростей двигателей без регуляторов соотношения моментов, с их появлением возникают проблемы устойчивости системы из-за наличия неминимально-фазовых звеньев во взаимосвязанных каналах управления скоростью механизма. Положительные результаты имеют место при малых параметрах τ_j и β_j регуляторов соотношения моментов.

Подвариант 3. Регулирование по частотам вращения электродвигателей и воздействия регуляторов соотношения моментов на контуры регулирования скоростей. Настройки системы выполняются аналогично подварианту 1, но в уравнении регулятора скорости, соответствующего уравнению (4), имеем:

$$\beta_i \approx 0.5 \omega_{\text{с}\omega i} k_{\text{ДМ}i} J_{\Sigma} k_{\text{ДС}i}^{-1}; \tau_i = 2 \omega_{\text{с}\omega i}^{-1},$$

где $\omega_{\text{с}\omega i}$ – частота среза контура скорости; $J_{\Sigma} = J_{\text{M}} + \sum_{i=1}^3 J_i$ – суммарный момент инерции привода. В уравнении (6) имеем:

$$\beta_j \approx 5 \left[\omega_{\text{с}\omega i} k_{\text{ДМ}i} J_{\Sigma} \right]^{-1} k_{\text{ДС}i}; \tau_i \approx 20 \omega.$$

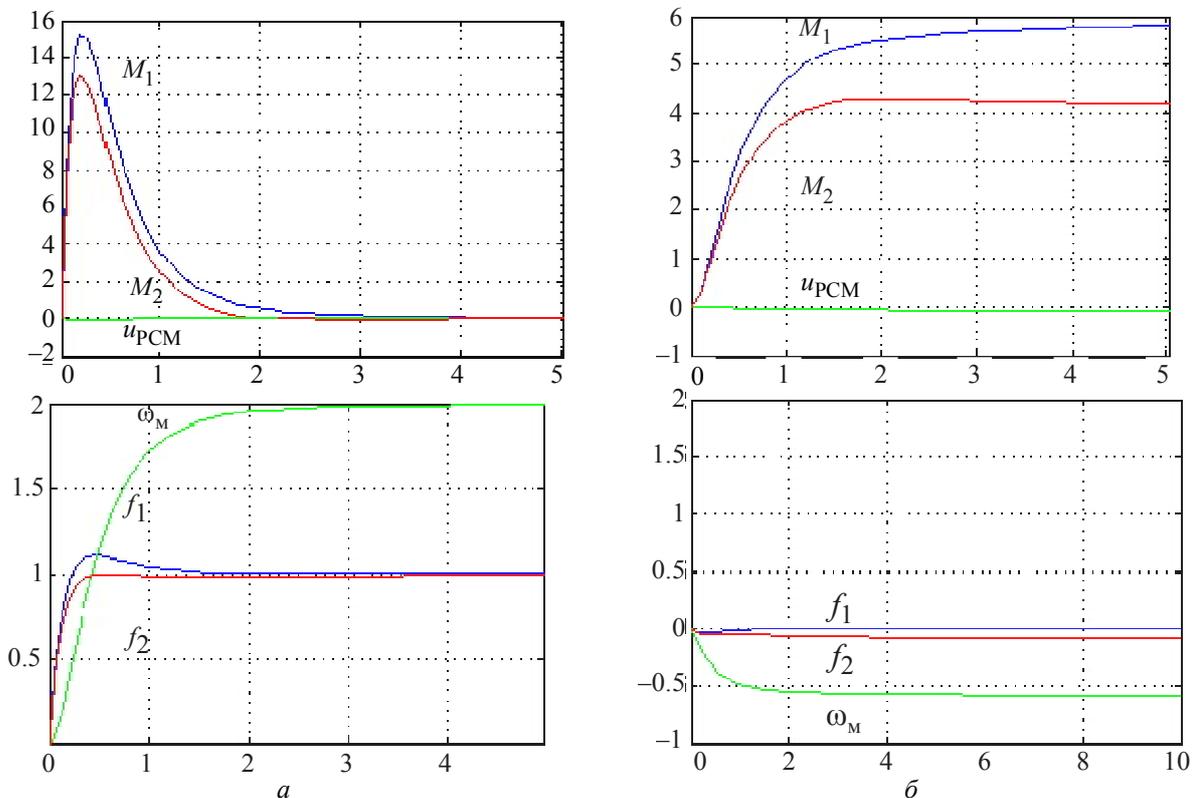


Рис. 3. Динамические процессы в системе управления с регуляторами частоты преобразователей при изменении: a – управляющих; b – возмущающих воздействий

На рис. 3 и 4 показаны динамические процессы для двух приводов подвариантов 1 и 3 систем управления. Исследования проводились при следующих параметрах приводов: $f_{Hi} = 50$ Гц, $p_{Pi} = 3$, $M_{Hi} = 50$ Н · м, $S_{Hi} = 0.05$, $J_{\Sigma} = 10$ кг · м², $\omega_c f_i = \omega_c \omega_i = 10$ с⁻¹, $\omega_{y \min i} = 110$ с⁻¹, $\omega_{c.Mi} = 500$ с⁻¹, $k_{c.M1} = 0.7$.

В системе управления с регуляторами частоты при подаче управляющего или возмущающего воздействия на систему, моменты и частоты распределяются в соответствии с коэффициентами соотношения моментов. При одинаковых коэффициентах соотношения моментов нагрузка распределяется равномерно, регуляторы распределения нагрузки не работают, так как поступающие к ним сигналы друг друга компенсируют.

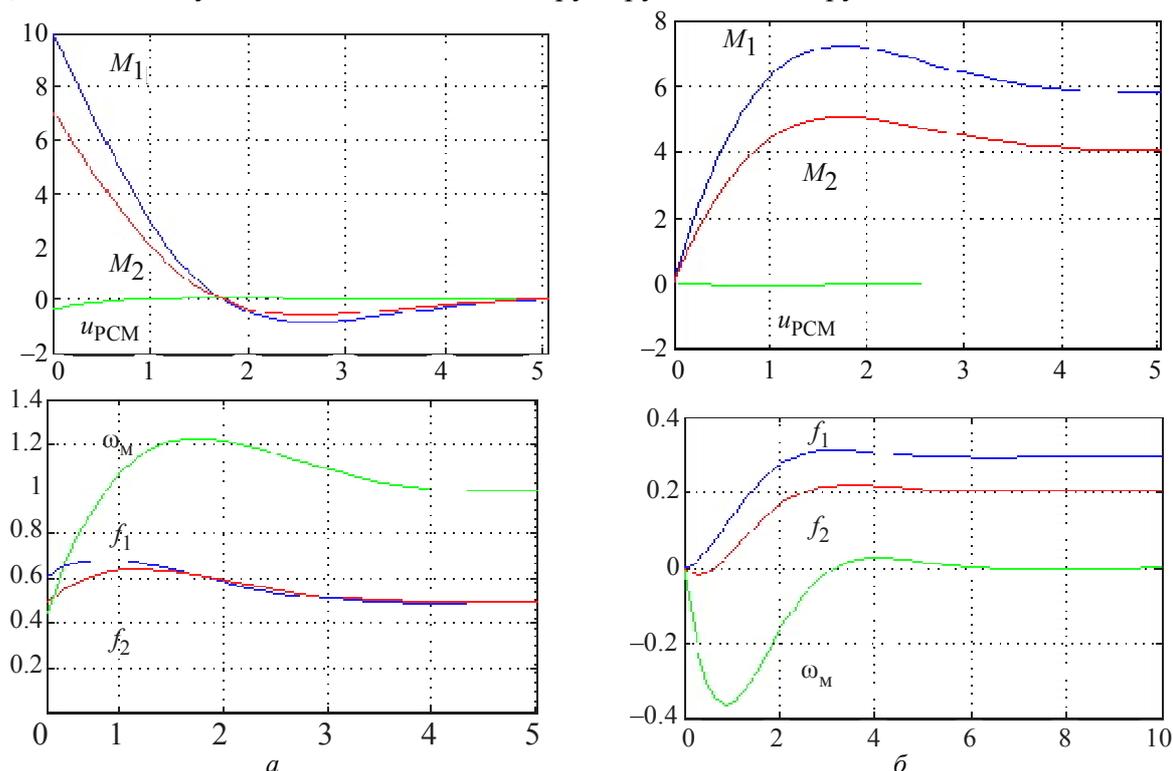


Рис. 4. Динамические процессы в системе управления с регуляторами скорости при изменении: a – управляющих; b – возмущающих воздействий

В системе управления с регуляторами скорости происходят аналогичные процессы. Очевидно, что в таком варианте при использовании ПИ-регуляторов скорости можно получить нулевую статическую ошибку и меньшие динамические ошибки по скорости v_M или ω_M при изменении нагрузки приводов в соответствии с заданными соотношениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов технологических комплексов: Учеб. для вузов/М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. М: Изд. Центр «Академия», 2007.
2. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учеб. для вузов/Г. Г. Соколовский. М.: Изд. Центр «Академия», 2006.

V. A. Novikov, I. D. Trizna

MANAGEMENT OF PARITIES OF THE MOMENTS OF MECHANICALLY INTERCONNECTED ELECTRIC DRIVES

Control systems of speed and parity of the moments of mechanically interconnected multiimpellent electric drives are considered.

Interconnected the electric drive, loading distribution, regulators of a parity of the moments



УДК 541.135.5

Н. Н. Маркузина, И. В. Дмитриева

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА ПОИАНИЛИНА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ТВЕРДОКОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Разработаны калийселективные и литийселективные твердоконтактные электроды на основе полианилина в качестве ионоэлектронного трансдьюсера. Исследованы пределы выполнения электродной функции, селективность и стабильность потенциометрического отклика электродов.

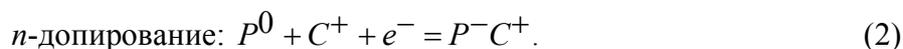
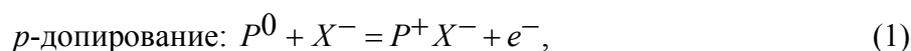
Калийселективные твердоконтактные электроды, литийселективные твердоконтактные электроды, полианилин, электродная функция, селективность, стабильность потенциала

В последнее время для анализа водных растворов применяют ионоселективные электроды (ИСЭ), конструкции которых постоянно совершенствуются. Наиболее перспективными в этом плане являются электроды без внутреннего жидкостного заполнения – твердоконтактные электроды (ТКЭ). На практике такие электроды обладают значительными преимуществами: отпадает необходимость в периодической замене внутреннего раствора свежей порцией, становится возможной произвольная пространственная ориентация электродов, упрощается транспортировка электродов, что позволяет использовать их в полевых условиях. Однако твердоконтактные электроды могут проявлять нестабильность электродного потенциала во времени, в связи с чем возникает необходимость в проведении калибровки таких электродов перед каждым измерением.

Первыми твердоконтактными электродами явились проволочные электроды с покрытием, в которых осуществлялся непосредственный контакт пленочной мембраны с электронным проводником [1], [2]. Потенциал таких электродов сильно и хаотично менялся во времени. Для стабилизации потенциала на границе мембрана – токоотвод было предложено ([3]–[5]) введение во внутренний слой мембраны, контактирующей с электронным проводником, полимерной окислительно-восстановительной системы. В качестве таких систем успешно использовались измельченные окислительно-восстановительные ионообменные (электроноинонообменные) смолы ЭО-7 и ЭИ-21. Стабильность потенциалов электродов, описанных в [3]–[5], намного выше, чем у проволочных электродов с мембранным покрытием. Однако такие

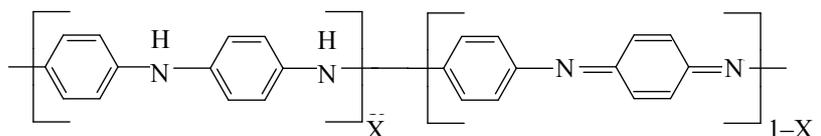
электроды имели принципиальный недостаток, который отмечался авторами [3]–[5], – это чувствительность полученных ТКЭ к величине окислительно-восстановительного потенциала анализируемых образцов вследствие диффузии растворимых окислительно-восстановительных пар из промежуточного слоя к внешней границе мембраны.

Обеспечить сочетание растворимости и низкой подвижности окислительно-восстановительных пар может применение растворимых электронопроводящих полимеров (ЭП) в составе слоя, промежуточного между мембраной и токоотводом. Такие полимеры с определенным успехом применялись в составе ТКЭ, селективных к различным ионам [6]–[8]. Электропроводность ЭП обусловлена мобильностью делокализованных π -электронов в сопряженной структуре полимера. Электронопроводящие полимеры становятся электрон-ионными трансдьюсерами в результате процессов допирования, которые схематически можно проиллюстрировать реакциями (1) и (2):



Недопированные ЭП являются полупроводниками с невысоким уровнем проводимости [6]–[8].

В данной работе был исследован электронопроводящий полимер полианилин в качестве электрон-ионного трансдьюсера для создания ионоселективных твердоконтактных электродов:



Недопированный полианилин в форме emeraldine base (EB) плохо растворим в органических растворителях. Однако полианилин можно допировать функциональными протонными кислотами. Результатом допирования является электронопроводящая форма полианилина: emeraldine salt (ES), которая хорошо растворима в некоторых органических растворителях. В данной работе полианилин был допирован ди (2-этилгексил) гидрофосфорной кислотой (ДЭГГФ).

Раствор полианилина в тетрагидрофуране (ТГФ) получали по методике [9], которая заключается в следующем: 0,02 г полианилина в форме EB добавляли к раствору 0,05 моль/л ДЭГГФ в ТГФ (2 мл). В этой смеси полианилин+ДЭГГФ молярное соотношение между ДЭГГФ и повторяющейся единицей полианилина было равно 0,5. Смесь оставляли на трое суток, после чего нерастворимая фракция отделялась путем фильтрации, а растворимая фракция полианилин+ДЭГГФ в ТГФ (полианилин в форме ES) использовалась при изготовлении твердоконтактных электродов.

В качестве твердоконтактных электродов были исследованы калийселективные и литийселективные электроды.

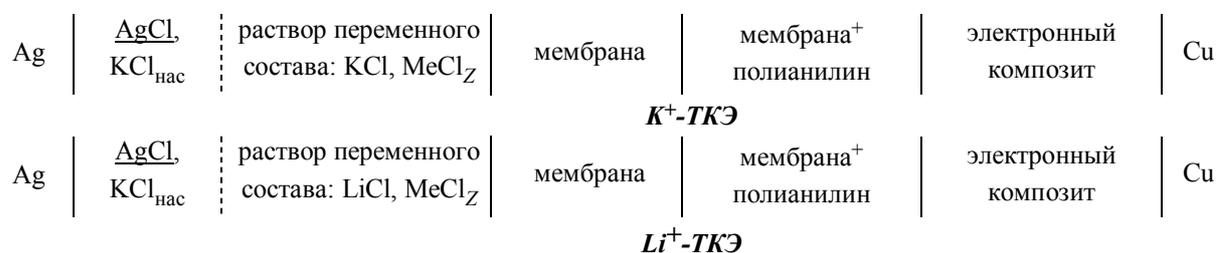
Калийселективная мембранная композиция имела следующий состав: электродноактивное вещество – валиномицин ($2 \cdot 10^{-3}$ моль/кг), обменник – тетрапарахлорфенилборат калия ($1 \cdot 10^{-3}$ моль/кг), пластификатор – диоктилфталат (ДОФ), матрица – поливинилхлорид (ПВХ). Соотношение ПВХ к ДОФ было равно 1:3. Данные компоненты мембраны были растворены в ТГФ.

Литийселективная мембранная композиция имела следующий состав: электродноактивное вещество – 1,3,5-трис[(N,N-дициклогексилкарбамил)-метокси]циклогексан ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/кг), обменник тетрапарахлорфенилборат калия в концентрации $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, пластификатор – бис(1-бутилпентил)адипинат, матрицей мембраны служил поливинилхлорид. Данные компоненты мембраны также были растворены в ТГФ.

Мембранная композиция переходного слоя содержала калийселективную или литийселективную композицию с добавкой электропроводящего полимера полианилина в массовой доле 1 % по отношению к соответствующей мембранной композиции.

Мембрана ТКЭ состояла из двух слоев, последовательно нанесенных на подложку из электропроводящего композита состава ПВХ : сажа : ДЮФ = 1 : 1 : 0,5. Внутренний (переходный) слой, контактирующий с подложкой, получали нанесением определенного объема соответствующей мембранной композиции переходного слоя с помощью микропипетки НТЛ V-3. Внешний слой, непосредственно контактирующий с водным раствором, представлял собой мембранную композицию без полианилина, нанесенную аналогичным образом поверх переходного слоя после его высыхания. Толщины внутреннего и внешнего слоев были одинаковы и составляли около 200 мкм.

Рассмотрим полученные экспериментальные результаты. Прежде всего, в работе были исследованы электродные функции (K^+ - и Li^+ -функции) твердоконтактных электродов в чистых растворах соответствующих солей (KCl и $LiCl$). Для этого измеряли ЭДС гальванических элементов с переносом, построенных по следующим схемам:



Параллельно для получения сравнительных результатов проводились измерения для соответствующих электродов с внутренним жидкостным заполнением. Полученные данные представлены на рис. 1, 2.

Из рис. 1 видно, что для K^+ -ТКЭ диапазон K^+ -функции составил $1 \cdot 10^{-1} \dots 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а угловой коэффициент 57 ± 2 мВ/рК. Аналогичные результаты были получены и для соответствующего электрода с внутренним жидкостным заполнением. Необходимо отметить, что K^+ -функция ТКЭ сохранялась в течение всего периода наблюдения, который соответствовал четырем месяцам.

Из рис. 2 видно, что для Li^+ -ТКЭ диапазон Li^+ -функции в чистых растворах $LiCl$ составил $1 \cdot 10^{-1} \dots 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л, а угловой коэффициент – $58 \dots 59$ мВ/рLi. Такие же результаты были получены и для соответствующих электродов с внутренним жидкостным заполнением. Следует отметить, что электродная функция сохранялась в течение месяца.

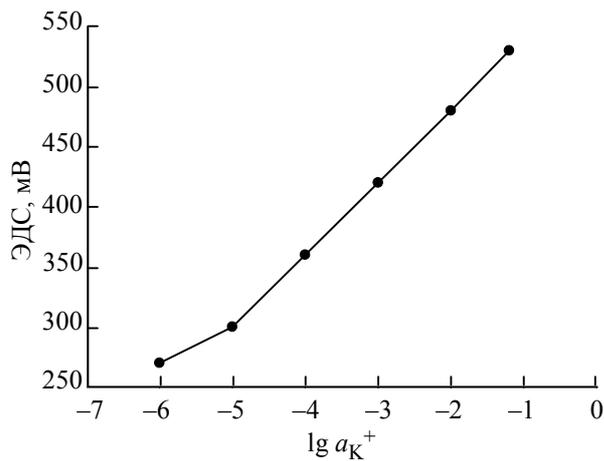


Рис. 1

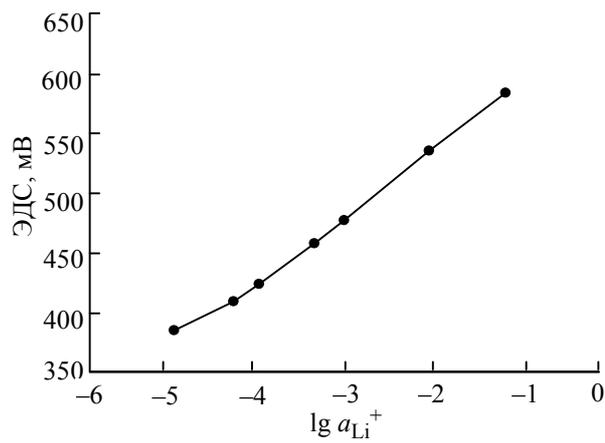


Рис. 2

Кроме того, в работе была изучена селективность соответствующих ТКЭ к калию и литию в присутствии мешающих катионов-конкурентов. Исследование проводили методом бионных потенциалов в 0,1 моль/л растворах соответствующих хлоридов. Коэффициенты селективности рассчитывали по уравнению Никольского. При этом для калийселективных твердоконтактных электродов была исследована зависимость селективности от времени. Коэффициенты селективности K^+ -ТКЭ ($\lg K_{K/M}$) приведены в табл. 1. Там же для сравнения приведены коэффициенты селективности K^+ -селективных электродов с внутренним жидкостным заполнением.

Таблица 1

| Время | $\lg K_{K^+}^{сеп} / Me^{Z+}$ для следующих Me^{Z+} | | | | |
|---|---|----------|-------|-----------|-----------|
| | Na^+ | NH_4^+ | H^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} |
| K^+ -электрод с внутренним жидкостным заполнением | | | | | |
| | -3,82 | -1,91 | -4,50 | -4,11 | -5,12 |
| K^+ -твердоконтактный электрод | | | | | |
| 3 ч | -3,79 | -1,68 | -3,24 | -3,93 | -4,61 |
| 7 сут. | -3,54 | -1,64 | -3,16 | -3,62 | -4,42 |
| 14 сут. | -3,37 | -1,52 | -2,34 | -2,89 | -4,01 |
| 21 сут. | -2,92 | -1,33 | -2,29 | -2,41 | -3,01 |
| 102 сут. | -3,27 | -1,51 | -1,54 | -2,40 | -2,72 |

Из табл. 1 видно, что калийселективные твердоконтактные электроды по своей селективности в течение первых 14 суток практически не отличаются от соответствующих электродов с внутренним жидкостным заполнением (кроме селективности в системе калий-водород).

Для литийселективных электродов коэффициенты селективности через 3 суток после замачивания приведены в табл. 2. Там же для сравнения приведены коэффициенты селективности электродов с внутренним жидкостным заполнением.

Таблица 2

| Электрод | $\lg K_{Li/M}$ | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------|----------|-------|-----------|-----------|
| | Na^+ | K^+ | NH_4^+ | H^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} |
| Li^+ -жидкостной электрод | -1,74 | -3,51 | -3,34 | -2,33 | -2,48 | -3,02 |
| Li^+ -ТКЭ | -1,57 | -3,17 | -3,21 | -1,78 | -2,23 | -2,88 |

Из табл. 2 видно, что Li^+ -ТКЭ по своей селективности к ионам лития в присутствии ионов натрия, калия, аммония, кальция и магния практически не отличаются от электродов с внутренним жидкостным заполнением.

Однако следует отметить, что с течением времени селективность K^+ - и Li^+ -ТКЭ к соответствующим ионам уменьшается. Вероятно, такое падение селективности можно связать с диффузией электродноактивных компонентов из внешнего слоя в подложку, которая содержит пластификатор.

Необходимо отметить, что как K^+ -ТКЭ, так и Li^+ -ТКЭ обладают более низкой селективностью к соответствующим ионам в присутствии ионов водорода по сравнению с электродами с внутренним жидкостным заполнением. Кроме того, с течением времени селективность всех ТКЭ в системе калий-водород и литий-водород значительно уменьшается. По-видимому, влияние катионов водорода на селективность ТКЭ обусловлено рН-чувствительностью полианилина.

Известно, что в отличие от электродов с внутренним жидкостным заполнением потенциал твердоконтактных электродов изменяется во времени. В работе была исследована стабильность потенциалов твердоконтактных калийселективных и литийселективных электродов в растворах соответствующих хлоридов концентрации 0,01 моль/л. Полученные данные представлены на рис. 3, 4.

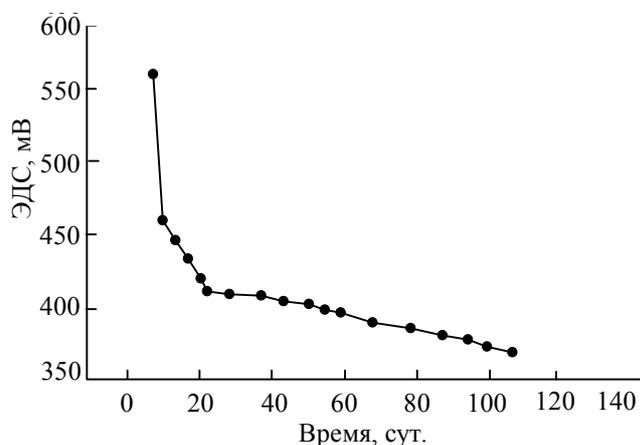


Рис. 3

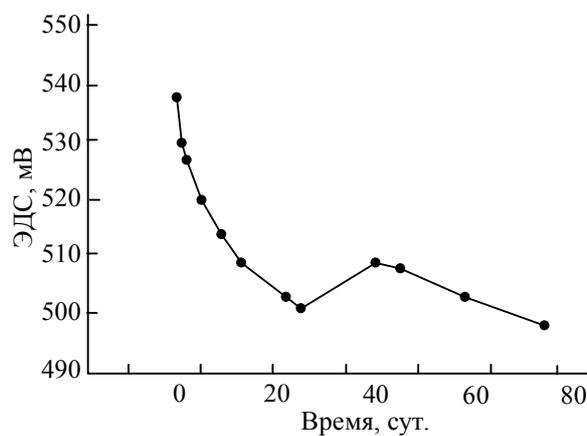


Рис. 4

Из рис. 3 видно, что для K^+ -селективных ТКЭ в течение первых трех недель наблюдалось довольно резкое уменьшение потенциала (5–7 мВ/сут.). По истечении этого срока дрейф потенциала составил 1–2 мВ/сут. в течение всего времени наблюдения (4 мес.).

Как следует из рис. 4, для Li^+ -ТКЭ дрейф потенциала составил 4 мВ/сут. в течение первых 20 суток, затем относительно стабилизировался. Возможно, причиной отсутствия долговременной стабильности потенциала ТКЭ может быть спонтанное восстановление допированной формы полианилина.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных результатов видно, что разработанные калийселективные и литийселективные твердоконтактные электроды на основе полианилина по своим основным характеристикам практически не отличаются от соответствующих электродов с внутренним жидкостным заполнением. Следовательно, полианилин с успехом можно использовать для стабилизации потенциала твердоконтактных электродов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. James H., Carmack G., Freiser H. Coated wire ion selective electrodes // *Anal. Chem.* 1972. V. 44, № 4. P. 856–857.
2. Cattrall R. W., Tribuzio S., Freiser H. Potassium ion responsive coated wire electrode based on valinomycin // *Anal. Chem.* 1974. V. 46, № 14. P. 2223–2224.
3. Стефанова О. К., Рождественская Н. В., Горшкова В. Ф. // *Электрохимия*. 1983. Т. 19. № 9. С. 1225–1230.
4. О. К. Стефанова, Н. В. Рождественская, Б. А. Мухитдинова и др. // *Журн. прикл. химии*. 1989. Т. 62. № 5. С. 995–999.
5. Рождественская Н. В., Пугачева Е. В. // *Журн. прикл. химии*. 1992. Т. 65. Вып. 5. С. 2205–2210.
6. Ivaska. A. Analytical Applications of Conducting Polymers // *Electroanalysis*. 1991. V. 3. P. 247–254.
7. All solid-state Poly(vinylchloride) Membrane Ion-selective Electrodes With Poly(3-octylthiophene) Solid Internal Contact. / J. Bobacka, M. McCarrick, A. Levenstam, A. Ivaska. // *Analyst*. 1994. V. 119. P. 1985–1991.
8. Single-Piece All-Solid-State Ion-Selective Electrode / J. Bobacka, T. Lindfors, M. McCarrick et al. // *Analytical Chemistry*. 1995. V. 67, № 20. P. 3819–3824.
9. Characterization of a single-piece all-solid-state lithium-selective electrode based on soluble conducting polyaniline / T. Lindfors, P. Sjoberg, J. Bobacka et al. // *Analytica Chimica Acta*. 1999. V. 385. P. 163–173.

N. N. Markuzina, I. V. Dmitrieva

APPLICATION OF ELECTROCONDUCTIVE POLYMER – POLYANILINE FOR STABILIZATION SOLID-CONTACT POTENTIAL

Solid-contact Potassium-Selective and lithium-selective electrodes with polyaniline as an ion-to-electron transducer have been prepared. Dynamic range of electrode function, selectivity and potential stability have been studied.

Solid-contact potassium-selective electrodes, solid-contact lithium-selective electrodes, polyaniline, electrode function, selectivity, potential stability



УДК 378.1

Н. С. Веселовская

МОДУЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ КАК МЕХАНИЗМ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Система управления средним профессиональным образовательным учебным учреждением с использованием построения различных моделей управления рассматривается как самый эффективный способ показа взаимосвязи между компонентами; как интеграция административной, педагогической и образовательной деятельности.

Модель системы управления, учреждение профессионального образования, модуль управления

Подготовка конкурентоспособных специалистов требует от учреждений профессионального образования новых моделей систем управления, способных решать задачи подготовки специалистов в условиях модернизации образования.

Управление профессиональным образовательным учреждением носит сложный, интегративный характер, так как оно обусловлено влиянием различных управленческих процессов, деятельностью управляемых и неуправляемых систем.

Для повышения эффективности образовательного процесса в ФГОУ СПО «Омский строительный колледж» через комплексный анализ организации и социокультурной среды была создана система управления, позволяющая достичь единых целей всех субъектов образовательного процесса – система, построенная на реальных возможностях педагогического коллектива и способная работать в реальных условиях.

При разработке системы управления было использовано моделирование в качестве одного из методов преобразования социальных систем и управления ими. Этот метод позволяет изучать объект исследования с помощью модели.

В научных исследованиях «модель» в широком смысле слова понимается как мысленно или практически созданная структура, воспроизводящая часть действительности в наглядной форме. В узком смысле «модель» – это составной элемент научной картины мира, продукт творческого воображения [1]. Моделирование систем управления обусловлено сложностью организационных систем и происходящих в них процессов, а также возможностью оценивания разных вариантов управленческих решений.

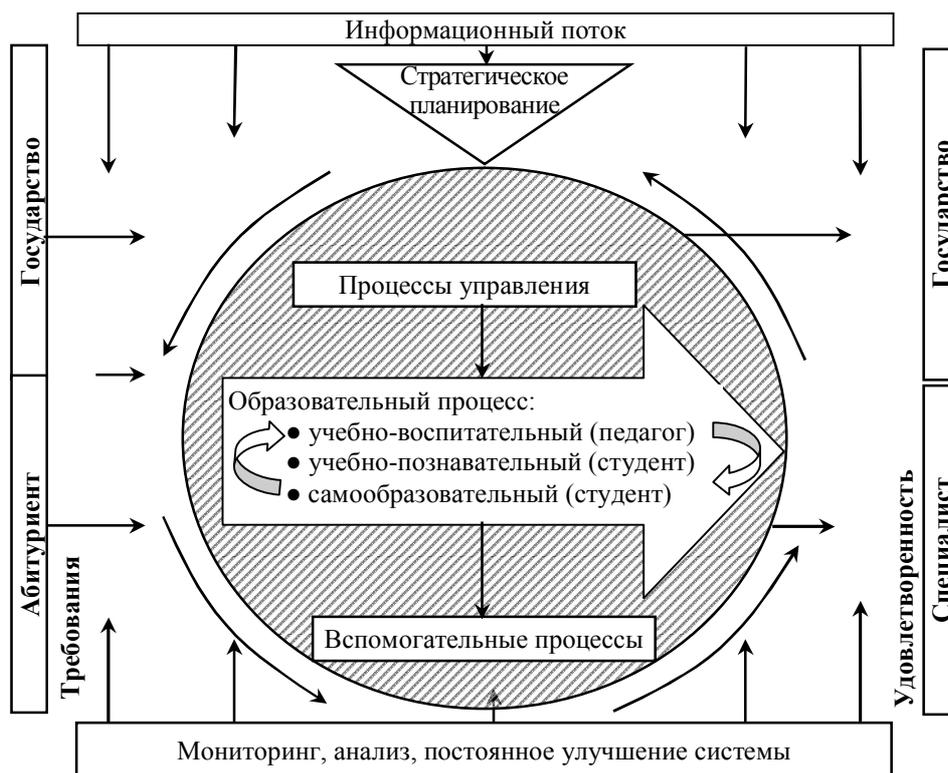


Рис. 1

Работа каждого учебного заведения в условиях модернизации образования – это работа в условиях модернизации управления системой образования, соответствующих растущим образовательным потребностям общества (рис. 1).

Очевидно, что построение системы управления образовательного процесса колледжа подчиняется трём основным задачам модернизации образования:

- 1) упорядочению общественной структуры, что даёт повышение её управляемости и устойчивости, обеспечивает её выживание;
- 2) удовлетворению членов общества в получении образования;
- 3) обеспечению сектора экономики страны квалифицированными кадрами.

Данная система управления построена с использованием процессного подхода. Ценность этой модели управления в том, что она охватывает все происходящие процессы, демонстрирует



Рис. 2

связи между ними, работает на результат. В неё введена система мониторинга, помогающая достичь запланированных результатов. Сложность показанной структуры – это многообразие компонентов, что делает её зависимой от влияния множества столь же различных по своей природе факторов.

В результате анализа структуры образовательного пространства и полученных результатов мониторинга был определён минимум составляющих элементов системы управления, условно – модулей, и построена модульно-функциональная модель управления образовательным процессом, включающая элементы общественного управления и состоящая из четырёх модулей (рис. 2).

Эта модель служит основанием для создания информационной базы данных, обеспечивающей координацию управления всех обозначенных в ней модулей в целях своевременно принимаемых управленческих решений.

Рассмотрим модуль управления, который содержит в себе структуру управления образовательным учреждением, где за основу эффективного взаимодействия администрации с участниками образовательного процесса взято следующее:

1. *Стратегическая цель*: создать образовательное учреждение, способное обеспечить подготовку высококвалифицированных специалистов, оптимальный уровень их интеллектуального, духовно-нравственного, социально-культурного и физического развития.

2. *Миссия*: становление личности как профессионала через единство обучения и воспитания.

3. *Философия образовательного учреждения в образовательном процессе*: педагогика сотрудничества, где педагог становится организатором познавательной деятельности обучающихся, а студент – участником педагогического процесса, осознаёт значимость учебного процесса для своего развития, обладает внутренней мотивацией к обучению, оценивая собственную деятельность. Родительская общественность – прямой соучастник образовательного процесса, через попечительский совет принимает активное участие в разработке стратегии деятельности техникума.

Модуль управления Омского строительного колледжа можно представить в виде схемы (рис. 3).

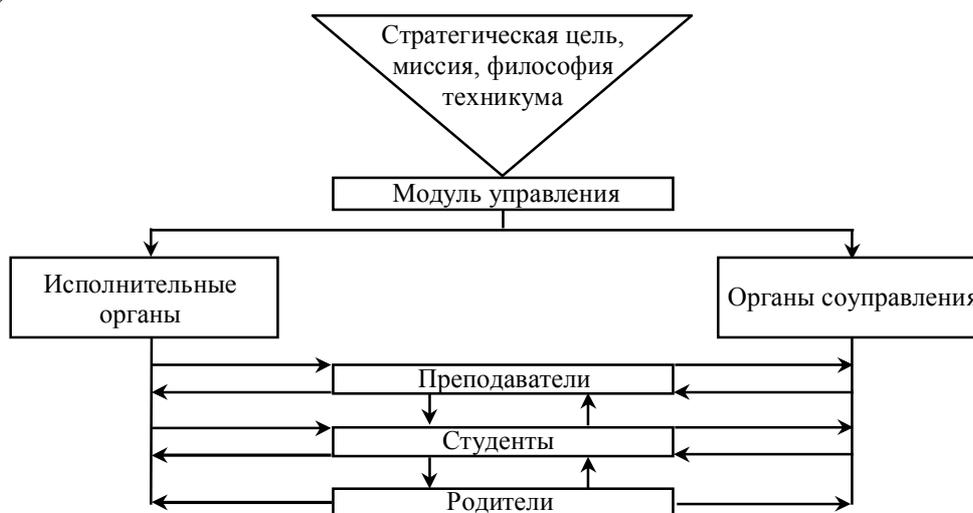


Рис. 3

Система административно-общественного управления колледжа успешно функционирует благодаря чёткому разделению власти на «законодательную» (нормотворческую) и исполнительную. Законодательные функции выполняют органы самоуправления – совет колледжа, педагогический совет, методический совет, совет самоуправления студентов, попечительский совет. Разрабатывая локальную документацию колледжа (положения, правила и др.), органы самоуправления принимают решения по основным направлениям деятельности образовательного учреждения, актуальным проблемам её развития и функционирования. Органы самоуправления контролируют за выполнение принятых решений.

Исполнительная власть принадлежит администрации техникума во главе с директором.

Субъекты управления колледжа имеют свои цели, задачи, содержание, формы и методы деятельности, которые объединяются в общий план учебно-воспитательной работы на каждый учебный год, во главе которого устанавливаются основные задачи.

Таким образом, целостная система управления колледжа разбивается на подсистемы, модулирующие подсистемы профессионального образовательного учреждения.

Каждая подсистема системы управления представляет собой отдельный модуль, выполняющий конкретную главную полезную функцию на данном этапе развития системы. Каждый модуль системы можно описать с помощью четырёх основных блоков, реализующих набор функций: 1 – планирование (контроль, прогнозирование), 2 – управление (организация, мотивация), 3 – обеспечение и 4 – исполнение [2].

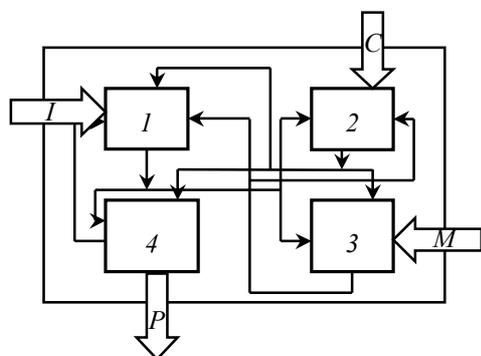


Рис. 4

Каждый модуль системы управления может быть представлен в виде схемы (рис. 4).

Структура модуля определяется этими четырьмя функциональными элементами и связями между ними. Модуль имеет три входящих потока: информационный – I , командный – C , материально-энергетический – M , и один исходящий продукт – P .

Разработанный функционально-структурный модуль управления профессиональным образовательным учреждением обеспечивает возможность определять направленность развивающейся системы, корректировать развитие в заданном направлении. Модульный принцип позволяет анализировать систему образования на всех этапах её развития.

С помощью модульной системы можно представить профессиональное образовательное учреждение в целом или отдельное его подразделение со всеми информационными потоками, учитывая при этом внешние потребности социума и внутренние потребности самого учебного заведения (подготовка специалистов, научная работа и т. д.). Функционально-структурная модульная схема управления профессиональным образовательным учреждением удобна для мониторинга деятельности профессионального образовательного учреждения.

Сегодня качество в образовании – это не только результат обучения и воспитания, но и система, модель, организация и процедуры, которые гарантируют, что студенты профессионального образовательного учреждения получают комплексное всестороннее развитие, дающее им возможность удовлетворить свои потребности, а также позволяющее им стать конкурентоспособными специалистами и занять достойное место в обществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабалина Е. П. Моделирование как средство управления педагогическими системами // Технологическое образование в XXI веке: Тез. докл. 4-й Межд. науч.-практ. конф., Бийск, 30 сент. – 1 окт. 2005 / Бийский гос. пед. ун-т, Бийск, 2005. С. 157–160.
2. Купрюхин А. И., Сошкин С. А. Модульный принцип управления процессами устойчивого развития образовательной системы // Технологическое образование в XXI веке: Тез. докл. 2-й Межд. науч.-практ. конф., Новосибирск, 25 сент. – 1 окт., 2005 / Новосибирск. гос. пед. ун-т, Новосибирск, 2005. Ч. 2. С. 63–68.

N. S. Veselovskaya

THE MODUL-FUNCTIONAL MODEL OF THE CONTROL SYSTEM OF PROFESSIONAL EDUCATIONAL INSTITUTION AS MECHANISM OF TRAINING HIGH-QUALIFIED SPECIALISTS

The control system of a vocational educational institution with using of construction of various models of management is considered as most effective way of revealing a interrelation between components, as integration of administrative, pedagogical and educational activity and also as purposefulness of system.

Model of a control system, vocational training institution, the module of management



УДК: 81'371

Ю. В. Филиппова

ПОНЯТИЕ «КОННОТАЦИЯ» И СООТНОШЕНИЕ КАТЕГОРИЙ «ЭКСПРЕССИВНОСТЬ», «ЭМОЦИОНАЛЬНОСТЬ», «ОЦЕНОЧНОСТЬ»

Рассматриваются понятия «коннотация», «экспрессивность», «эмоциональность», «оценочность» и определяется соотношение данных категорий.

Коннотация, экспрессивность, эмоциональность, оценочность

Ввиду выдвижения семантики на передний план лингвистического исследования в 70–90-е годы появилось немало работ, освещающих различные аспекты проблемы коннотации: исследования И. В. Арнольд, Л. Г. Бабенко, В. И. Говердовского, В. Н. Гридина, Н. А. Лукьяновой, И. А. Стернина, В. К. Харченко и др. Тем не менее, некоторые вопросы не нашли, по мнению ряда исследователей, глубокого всестороннего освещения: недостаточно изучено соотношение коннотативного и денотативного содержания, соотношение коннотативных сем в лексическом значении единиц разных грамматических классов, не определен статус стилистической окраски и т. д. Чрезвычайно широкое толкование имеет в лингвистической литературе и сам термин «коннотация» – от синонима «экспрессивности» или отдельных ее составляющих (в работах Н. А. Лукьяновой, Е. В. Скворецкой, В. К. Харченко и др.) до всей «непрямой информации» в слове (Г. В. Колшанский, А. В. Филиппов и др.).

По мнению Ю. Д. Апресяна [1], семантические ассоциации, или коннотации, – те элементы прагматики, которые отражают связанные со словом культурные представления и традиции, господствующую в данном обществе практику использования соответствующей вещи и многие другие внеязыковые факторы, несмотря на то, что они не входят в семантику слова, представляют для нее непосредственный интерес, потому что во многих случаях именно благодаря им основа слова регулярно метафоризируется, включается в сравнения, участвует в словообразовании и других языковых процессах. В результате признак, являющийся ассоциативным и прагматическим в одном лексическом значении, выступает в качестве существенного и семантического в другом. В качестве примера автор приводит глаголы *re-*

зат и *пилить*. При всем внешнем сходстве обозначаемых ими действий с ними связаны совершенно различные коннотации – резкости и боли для глагола *резать*, и монотонности и нудности для глагола *пилить* [1, с. 67].

Незнание коннотации, по мнению В. И. Говердовского, «приводит к нарушению или недостаточному уровню взаимопонимания» [2, с. 214].

О. С. Ахманова под коннотацией понимает «дополнительное содержание слова (или выражения), его сопутствующие семантические или стилистические оттенки, которые накладываются на его основное значение, служат для выражения разного рода экспрессивно-эмоционально-оценочных обертонов и могут придавать высказыванию торжественность, игривость, непринужденность, фамильярность и т. п.» [3, с. 203]. Такие категории как «экспрессивность», «эмоциональность» и «оценочность» рассматриваются как составляющие понятия «коннотация».

Остановимся на содержании соответствующих терминов в лингвистической литературе.

Под оценочностью обычно понимается отношение говорящего к предмету речи, «эмоциональное отношение, вызванное сложившимся мнением о предмете высказывания» [4, с. 387], «заложенная в слове положительная или отрицательная характеристика человека, предмета, явления. Наличие "плюса" или "минуса" в значении слова – важный показатель оценки» [5, с. 66]. С точки зрения И. Н. Худякова, категория оценочности «обозначает мнение, суждение о положительных или отрицательных качествах, свойствах лица, предмета, явления. Оценка может носить как субъективный характер, так и выражать общественное мнение» [6, с. 81]. Подытоживая все сказанное об «оценочности», можно заключить: оценочность актуализирует субъективную оценку говорящим предмета речи. Как отмечает М. В. Пименова [7, с. 13], лингвисты, как разделяющие, так и не разделяющие точку зрения, согласно которой оценочность относится исключительно к субъективным языковым факторам и целиком входит в понятие коннотации, отмечают «диффузность» стоящего за термином «коннотация» понятия, поскольку в «добавочное» значение разными авторами включаются, наряду с оценочным компонентом, стилистическое, прагматическое, страноведческое, фоновое, потенциальное, ассоциативное, эмоциональное, образное, интенсивное, аффективное, экспрессивное «созначение». Семантическая «диффузность» коннотации предопределяет сложность решения проблемы разграничения/идентификации оценочного значения и эмоциональности/эмоциональной оценки/эмотивности – с одной стороны, и экспрессивности – с другой.

Под «эмоциональностью» понимается «спонтанное проявление в языке (путем использования определенных языковых средств и моделей) чувств, эмоций говорящего» [8, с. 33]. Для Н. А. Лукьяновой [9, с. 63] «эмоциональность» – это «выражение душевного переживания, волнения говорящего (чувства, побуждения)». По ее мнению, следует отличать собственно эмоциональность от контекстуальной эмоциональности. Собственно эмоциональность входит в семантику слова. Сюда можно отнести слова, являющиеся характеристиками людей и выражающие отрицательные эмоции (порицание, презрение и др.): *пень, зануда, пройдоха*; бранные эмоциональные обращения *Уйди, дьявол, с дороги* и ласковые эмоциональные обращения типа *голубушка, ягодка, душечка*.

Иногда эмоциональность может отсутствовать в семантике слова, но выражаться в контексте. Например, «образы множества» (*каскад волос, букет болезней*) – экспрессивно-выразительные средства языка. Они не маркированы эмоциональностью, так как нейтральны с точки зрения выражения эмоционального отношения говорящего к предмету речи. Но на фоне всего контекста, в котором они реализуются, могут получать это свойство.

Некоторые исследователи полагают, что категории эмоциональности, экспрессивности и оценочности целесообразно разграничивать, к эмоциональной лексике относят слова, являющиеся носителями информации об эмоциональном отношении говорящего к действительности, т. е. слова с объективно присущим им эмоциональным значением, служащим средством выражения эмоционального отношения к окружающему.

Остановимся более подробно на проблеме соотношения понятий «оценочность» и «эмоциональность». На этот счет у лингвистов имеются различные точки зрения. Согласно первой из них, оценочность и эмоциональность – нерасторжимое единство. Такого мнения придерживается, например, Н. А. Лукьянова: «Оценочность, представляемая как соотнесенность слова с оценкой, и эмоциональность, связываемая с эмоциями, чувствами, не составляют двух разных компонентов значения, они едины» [9, с. 12]. На уровне речевой ситуации субъективная оценка выражается в слове через эмоцию говорящего лица, как бы «впитывая» эту эмоцию. Поэтому очень трудно выделить разряд чисто эмоциональных и чисто оценочных слов. Отсюда, по мнению автора, широкое распространение получило выражение «эмоциональная оценка».

В научной литературе присутствует и другая точка зрения: оценочность и эмоциональность – компоненты хотя и предполагающие друг друга, но различные. Различие этих компонентов подтверждает тот факт, что «отдельным подклассам эмоциональных явлений функция оценки свойственна не в одинаковой степени». По мнению сторонников этой позиции, оценочность не в равной степени свойственна эмоциональной лексике. Так, долгое время в параметре оценки не рассматривалась лексика эмоций типа *любовь, грусть*.

Обратимся еще к одной категории – категории экспрессивности. Экспрессивность имеет целью усилить воздействие на слушающего, поразить, убедить его. Поэтому можно утверждать, что экспрессивность – это, как правило, всегда результат сознательных языковых усилий говорящего. По мнению Т. В. Матвеевой, сущность категории экспрессивности заключается в реализации «целеустановки на усиленное воздействие со стороны говорящего через выражение им личностного отношения к предмету» [10, с. 7]. И. В. Арнольд определяет экспрессивность как «такое свойство текста или части текста, которое передает смысл с увеличенной интенсивностью, выражая внутреннее состояние говорящего, и имеет своим результатом эмоциональное или логическое усиление, которое может быть, а может и не быть образным» [11, с. 15].

Что же представляет собой соотношение рассмотренных понятий «экспрессивность», «эмоциональность», «оценочность»? Н. А. Лукьянова полагает, что эти категории взаимосвязаны и взаимообуславливают друг друга. Типичные их соотношения в семантике слов выглядят следующим образом: независимым, не связанным с понятиями «эмоциональность»

и «оценочность», может быть понятие «экспрессивность»; понятие «эмоциональность» имеет более зависимый характер – оно связано с понятием «экспрессивность»; всегда зависима, по мнению Н. А. Лукьяновой, «оценочность», так как она связана с категорией «эмоциональность», а это, по мнению исследователя, дает основание выделить общую, единую сему «эмоциональная оценочность». Автор указывает на тот факт, что экспрессивность может выступать или единственным представителем коннотативной семантики, или совмещаться с эмоциональной оценочностью. Эмоциональность лишь в небольшой группе слов является единственной семой коннотативной семантики – в эмоционально ласковых обращениях типа голубушка, душечка, золотце и т. п., в большей же части экспрессивных слов она выступает в комбинации с оценочностью и/или экспрессивностью. Оценочность, по мнению Н. А. Лукьяновой, как семантический признак в системе экспрессивных слов связана с семой «эмоциональность» и отдельно от нее не реализуется [9, с. 17]. М. А. Таривердиева придерживается мнения, что экспрессивность в языке всегда связана с эмоциональностью и/или оценкой, поскольку для выражения своих оценок и особенно эмоций говорящий использует экспрессивные элементы языка. Ряд исследователей полагает, что экспрессивность шире эмоциональности. Экспрессивность – это повышенная легко ощущаемая выразительность, а подчас и изобразительность лексической единицы. Однако экспрессивные оттенки часто переплетаются в одном и том же слове с эмоциональными оттенками.

Наиболее четко, по мнению автора настоящей статьи, разграничение понятий «эмоциональность», «оценочность», «экспрессивность» дано именно в работе М. А. Таривердиевой: «Эмоциональность – это спонтанное проявление в языке (путем использования определенных языковых средств и моделей) чувств, эмоций говорящего; оценка – осознанное языковое воплощение рационально-эмоционального отношения говорящего к дескриптивному содержанию его высказывания. Понятие экспрессивности характеризует выразительность речи индивидуума» [8, с. 3]. Несмотря на дискретность данных категорий, обнаруживается и некоторая близость этих понятий, проявляющаяся, например, в общности условий их речевой реализации. Наиболее типичной ситуацией проявления экспрессивных языковых элементов (равно как и эмоциональных, и оценочных) служит разговорная речь, поскольку при непосредственном контакте с адресатом возникают наиболее благоприятные условия для воплощения иллокутивных намерений говорящего.



По мнению автора статьи, следует рассматривать экспрессивность как наиболее широкую категорию, гипероним по отношению к эмоциональности, мы и оценочности. Опираясь на существующие в научной литературе определения экспрессивности, можно предложить следующую дефиницию категории экспрессивности: «Экспрессивность – это свойство языковых единиц, служащее для выражения личностного отношения говорящего к предмету речи и имеющее своей целью

эмоциональное усиление высказывания». В качестве рабочего термина для обозначения экспрессивных лексических единиц, вслед за Н. А. Лукьяновой, предлагается использовать термин «экспрессив» – слово, языковая значимость которого обусловлена экспрессивной функцией языка. [9, с. 43]. Схематически данная точка зрения на соотношение категорий *экспрессивность* – *эмоциональность* – *оценочность* представлена на рисунке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апресян Ю. Д. Лексическая семантика: синонимические средства языка. М.: Наука, 1992.
2. Говердовский В. И. О предпосылках создания коннотационного словаря // Теоретические проблемы семантики и ее отражение в одноязычных словарях. Харьков: Высш. шк., 1982.
3. Ахманова О. С. Словарь лингвистических терминов. М.: Сов. энцикл., 1969.
4. Киселева Л. А. Некоторые проблемы изучения эмоционально-оценочной лексики современного русского языка // Уч. зап. Лен. пед. ин-та / ЛГПИ им. А. И. Герцена. Л., 1968.
5. Харченко В. К. Разграничение оценочности, образности, экспрессии и эмоциональности в семантике слова. // Рус. яз. в шк. 1976.
6. Худяков И. Н. Структурно-семантические и прагматические характеристики восклицательных предложений в английской диалогической речи // Филос. науки. М., 1980.
7. Пименова М. В. Эстетическая оценка в древнерусском тексте: Автореф. дис. ... д-ра филол. наук / СПбГУ. СПб., 2000. 32 с.
8. Таривердиева М. В. Экспрессивность в языке как один из факторов его развития // Экспрессивность в языке и речи / СГУ. Смоленск, 1993.
9. Лукьянова Н. А. Экспрессивность как семантическая категория // Языковые категории в лексикологии и синтаксисе. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991.
10. Матвеева Т. В. Лексическая экспрессивность в языке: Пособие по спецкурсу / УрГУ. Свердловск, 1986.
11. Арнольд И. В. Экспрессивные средства английского языка (интерпретация художественного текста) / ЛГПИ им. А. И. Герцена. Л., 1975.

Y. V. Filippova

CONCEPT OF «CONNOTATION» AND CORRELATION OF SUCH CATEGORIES AS «EXPRESSIVENESS», «EMOTIONNESS», «EVALUATION»

In this article the main theoretic expressions concerning the concept of connotation are given. The correlation of such notions as «expressiveness», «emotionness» and «evaluation» is shown.

Connotation, expressiveness, emotion, evaluation

УДК 81

О. А. Преображенская

ПЕТЕРБУРЖЕНКА НА ГРАНИЦЕ XIX–XX ВВ. В АСПЕКТЕ ГЕНДЕРНОЙ ЛИНГВИСТИКИ

Рассматриваются возможности реконструкции образа жительницы Северной столицы на рубеже двух веков с помощью методов гендерной лингвистики. Прослеживается динамика изменения стереотипов в сложный исторический период.

Гендерная лингвистика, гендерные авто- и гетеростереотипы, полиглоссия, транслитерация, калькирование, тематические доминанты, русские архетипы, феминизм

Гендерная лингвистика – одно из новых направлений современного языкознания, ее истоки лежат в античности, а бурное развитие началось в 70-х годах XX в., что было обусловлено, с одной стороны, существенными изменениями в традиционном распределении мужских и женских ролей в обществе, а с другой – развитием социо- и психолингвистики и особенно прагматики как нового направления науки о языке.

Современная гендерная лингвистика носит междисциплинарный характер, опираясь также на межкультурные исследования, которые рассматривают гендер как субкультуру. В начале XXI в. парадигма данного направления языкознания обогатилась когнитивистикой, в частности так называемой феминистской лингвистикой, которая настаивает на переосмыслении и изменении языковой картины мира, построенной с точки зрения мужчины.

Методы гендерной лингвистики могут служить основой своеобразной экспликации и реконструкции гендерных стереотипов. Последние рассматриваются как социально конструируемые схематизированные обобщенные образы женственности/маскулинности, которые подтверждаются различным в зависимости от пола поведением, различным распределением мужчин и женщин внутри социальных ролей и статусов, и которые поддерживаются психологическими потребностями человека вести себя в социально одобряемой манере и ощущать свою целостность и непротиворечивость [1, с. 64].

В данной статье в качестве анализируемого языкового материала используются брачные объявления, опубликованные в петербургских газетах на рубеже XIX–XX вв., а также женские журналы («Дамский мир» за 1909–1917 гг. – далее ДМ), издаваемые в Северной столице.

Гетеростереотип жительницы столицы конца XIX в. отмечает особые черты петербурженки: «Ни в одной европейской столице не попадаете таких прелестных женщин, как в Петербурге. Здесь смешанная порода... Полунемецкий, полупольский, полуславянский тип» [2, с. 104].

Аутентичные тексты демонстрируют прежде всего полигlossию жительницы Северной Пальмиры, что упоминалось в беллетристике: «...она знает все три положенных петербургской даме иностранных языка» [2, с. 105].

Доминирующее положение, безусловно, занимает французский язык; его незнание рассматривалось как недопустимый изъян воспитания. Следование моде высшего света, выбравшего вторым французский (зачастую он заменял родной), ярко проявляется в текстах дамских журналов и даже брачных объявлений, где перевод французских лексем, предложений и целых фрагментов представляется авторам излишним. Так, в брачном объявлении французская фраза «*La correspondance n'engage a rien* (Переписка ни к чему не обязывает)» дается без перевода.

Женский журнал начала XX в. «Дамский мир» при описании европейских мод, косметики, рекомендуемых меню светских обедов, новостей культуры часто употребляют оригинальную лексику, как транслитерированную, так и в оригинальном написании. Примерами транслитерации французских лексем могут служить фрагменты описания парижских моделей: «Прелестное, роскошное *сорт-де баль*, ... отделанное вышитым *филе-гипюром*»; а также меню праздничных обедов: «Рекомендуемое пасхальное *динэ*». Высокочастотны французские оригинальные вкрапления: «В последнее время *concoeurs hippique* превратился в *point de reunion* светского общества [ДМ, 1909]. Богатая детализация цветообозначений во французском языке интерпретируется как путем калькирования (бутылочный, «голова негра», бегония, мутно-синий), так и с помощью транслитерации (брик, экрю), существуют и беспереводные вкрапления: (*vert sapin, gris de perle, bleu soldat*).

Рекламные тексты часто полностью написаны на французском языке: «Dernieres nouveautes: essence "Secret de Bonheur", "Rose rouge", "Tango". Parfumerie MODERNE Paris» [ДМ, 1914].

В текстах журналов отчетливо прослеживается интерференция – взаимодействие языковых систем в условиях двуязычия, когда нормы родного языка накладываются на иностранный [3]: «В настоящее время m-me Bel *работает корсеты* в Кисловодские...».

Знаменательно, что гетеростереотип светской петербурженки, свободно говорящей на французском языке, проникает и в Европу. Так, в известной новелле Г. де Мопассана «В поезде» героиня – русская дама высшего света – говорит по-французски как на родном языке [4].

Немецкий язык также бытовал в пространстве Санкт-Петербурга, занимая второе место после французского, что прослеживается в анализируемых текстах: «Красивое модное пальто из брейтшванца» [ДМ, 1910]; «Вскоре она дает свой первый самостоятельный Liederabend» [ДМ, 1914]. Однако немецкое произношение, особенно в женских устах, было непопулярным и даже служило предметом насмешки («...*фатераус Берлин буль* очень, очень важны шеловек и обе рук по карман ходиль и все делал так: *пуф! пуф!*») [6, с. 198].

Следует отметить, что в конце XIX – начале XX вв. английский язык, в отличие от современной ситуации, находился на периферии и заметно уступал и французскому, и немецкому, о чем свидетельствуют переводные эквиваленты в анализируемых источниках. Ряд исследователей утверждает, что в рассматриваемый период именно женщины вводили в широкий обиход английский язык, и последний назывался «языком барышень».

Так, в разделе «Новинки моды» описывается «заатлантическая новинка»: «Блуза *овероль* (поверх всего)»; «В платьях, предназначенных специально для *five o' clock-ов* (пятичасовой чай) заметна тенденция к сборкам и плиссе» [ДМ, 1917].

Источники заимствований отражают политическую обстановку в мире: с началом Первой мировой войны немецкое влияние резко уменьшается, уступая место английскому как языку союзников.

Фонетический анализ женской речи конца XIX в. весьма затруднителен по понятным причинам, однако по этой проблеме существует ряд предположений выдающихся ученых, таких как В. Б. Богданов [7] и В. В. Колесов [2], [8]. Основная идея заключается в том, что петербургская речь по своим орфоэпическим нормам предпочитала произношение иностранных слов в соответствии с их оригинальным звучанием.

Темп речи, ее интенсивность, высота тона, паузы и другие супraseгментные феномены в речи петербурженки – светской дамы или женщины среднего класса в качестве эталона требовали естественности, умеренности, отсутствия вычурности.

В целом влияние иностранных языков на столичную речь было несомненным и в женских устах оно демонстративно подчеркивалось.

Обилие в текстах журнала «Дамский мир», издаваемого в Санкт-Петербурге, иностранной лексики – свидетельство многонациональности столицы. Полигlossия определенных социальных слоев, в частности женщин высшего и среднего классов, подтверждается, например, рекламой института красоты: «Institut de Beaute m-me Jeanne ... говорят по-французски, русски, итальянски, немецки, английски».

Одной из тематических доминант анализируемых текстов является внешность светской петербурженки (и даже женщины-труженицы). Это предмет ее особого внимания, как свидетельствуют женские журналы, которые формировали общественное мнение и в наше время дают возможность представить себе эталоны и стереотипы эпохи. Как свидетельствуют многочисленные высказывания, красота важна не сама по себе, а должна служить высшим целям: *«Красота возвышает людей, поэтому женщина, которая своей красотой способна возвысить мысли своего собеседника, – делает хорошее дело»* [ДМ, 1910]; *«Всякая женщина, которая пренебрегает красотой своей, виновна не только перед собой, своими близкими, но и перед создателем, потому что не выполняет задачи, для которой он ее создал»* [ДМ, 1909].

Ради красоты, которая правит миром, следует избегать всего, что может ей повредить: *«Не делайте ничего до усталости... усталость портит черты вашего лица...»*, *«Выбирайте такие морские купания, где весело, потому что скука портит вашу красоту...»* [ДМ, 1909]. Красоте вредит и адюльтер, поскольку его *«ужасные перепетии не могут не отразиться пагубным образом на вашей красоте»* [ДМ 1909], и это существенная причина, из-за которой следует *«бороться со своей страстью»* [ДМ, 1909].

Характерно, что красота светской женщины-петербурженки, так же как и окружающая ее обстановка, должна непременно быть *изящной*, т. е. лишенной безвкусицы и вульгарности. Высокочастотность этой лексемы, ее производных, богатство комбинаторики свидетельствуют о важности таких понятий, как чувство меры и вкус. Данную номинацию с известной долей вероятности можно считать ключевой в понимании идеала светской петербурженки. Изысканными, грациозными, соразмерными должны быть внешность (*«изящная головка»*, *«изящные ручки»*), манера поведения (*«изящный флёрт»*), одежда (*«...фасон платья Реформ очень изящен»*), интерьер (*«изящные занавеси»*) и даже входящие в моду спортивные снаряды (*«Патентованные английские плавательные снаряды "Водные крылья Нептуна" ...легки и изящны...»*). Как классики русской литературы, так и описатели быта отмечают, что грубая роскошь, кричащая одежда на границе двух веков считались демонстрацией дурного вкуса и принадлежностью к тем слоям общества, которые нельзя назвать высшими и средними. Светская дама должна была чуть-чуть отставать от авангардной моды, носить одежду безупречного покроя неярких цветов; основой ее внешнего вида и поведения было чувство меры.

Доминанта красоты в соответствии со вкусами эпохи (ее идеалы далеки от современных, поскольку требовали полноты, среднего роста, крошечных рук и ног, античных черт лица) влечет за собой и определенные комплексы у дам, не имеющих соответствующих природных данных. Однако в подобных ситуациях читательницам адресовались категорические императивы: *«Чтобы быть красивой, надо пожелать быть таковой, и каждая женщина должна иметь такое желание»*; *«Всякая умная женщина, если захочет, может сделаться хорошенькой»* [ДМ, 1909]. Физические недостатки следовало превратить в достоинства или компенсировать их обаянием: *«Если вы худы, не расстраивайтесь: все-таки есть мужчины, которые любят таких женщин, поскольку именно худышки бывают особенно грациозными»*; *«Если у вас большой рот, обратите внимание на белизну ваших зубов»* [ДМ, 1910].

Особое внимание уделяется внешности и в тех фрагментах женских брачных объявлений, где потенциальные невесты описывают свои качества. Наряду с высокой оценкой природных данных («...изящная брюнетка с блестящими выразительными глазами», «...красивая, высокого роста шатенка с карими глазами», «симпатичная блондинка»), следует отметить, что корреспондентка бывает и самокритична («...красотой не обладаю», «...обычной внешности»), что практически никогда не встречается в самопрезентации мужчин, где отмечаются исключительно положительные качества.

Красота физическая, в соответствии с национальными архетипами и русским менталитетом, непременно связана с красотой духовной, о чем свидетельствует безусловная тематическая доминанта, реализующаяся в многочисленных прескриптивных высказываниях: «Как ни сильно влияние внешней красоты, оно бывает лишь в связи с красотой духовной» [ДМ, 1910]; «Нельзя быть невеждой и глупой, тогда вся красота ваша не будет иметь успеха» [ДМ, 1909]. Автостереотип женщины характеризует ее как высшее существо, хранительницу морали и нравственности в обществе: «Можете ли вы представить себе общество, состоящее из одних мужчин без женщин...? Легко предположить, в какой упадок, к какой распущенности пришло бы такое общество» [ДМ, 1909].

Подобная тенденция наблюдается также практически во всех брачных объявлениях: в самопрезентации отмечаются высокие моральные качества («обладаю чуткой, отзывчивой душой и уживчивым характером», «воспитанная, добрая, уживчивого характера, серьезных взглядов на жизнь», «интересная личность»). Высокочастотны в текстах данного жанра упоминания о вероисповедании («православная», «глубоко верующая», «воспитанная в православии») и происхождении («потомственная дворянка», «из аристократической семьи»). Иногда потенциальная невеста прибегает к диалогическим высказываниям, которые характерны для женской речи [2], [5], [8], [9]: «Умоляю о духовной пище»; «Прошу утешения добрым словом».

Характерной чертой анализируемых текстов, как журнальных, так и брачных объявлений, является высокая частотность лексемы «интеллигентность», которая встречается в необычных для современного читателя словосочетаниях: «интеллигентный труженик», «интеллигентный пессимист», «интеллигентная обстановка в семье». Данное качество при создании образа адресата часто указывается первым: «...желает выйти замуж за интеллигентного, образованного, состоятельного человека», «...Если Вы вполне интеллигентная, симпатичная особа...я могу полюбить Вас...». По-видимому, на границе двух веков данное понятие имело особое значение для жителей столицы, как для мужчин, так и для женщин, и служило своего рода знаком. Отметим, что слово «интеллигенция» вошло во все европейские языки как заимствованное из русского, причем французские словари приводят конкретную дату – 1901 г. [10].

Следует отметить, что большинство корреспондентов брачных объявлений информируют о своем материальном положении и интересуются состоянием другой стороны, а иногда в категорической форме предъявляют требование оплатить учебу, дать возможность

творить и т. д., причем и женские, и мужские объявления касаются данного обстоятельства в равной мере: «Ни талантом, ни красотой не обладаю, *обеспечена*»; «За доброго человека при взаимной симпатии согласна выйти замуж... *Нуждаюсь в уплате за право учения*». Иногда меркантильные соображения завуалированы характерной для женской речи стилистической окраской: «Царевна Фантаста трепетно ищет своего рыцаря "Львиное Сердце", способного унести ее духовно и *материально* в царство красоты, эстетики и поэзии»; «...Я ищу мужа *богатого*, понимающего красоту жизни, умеющего ценить прелести женского ума и женской улыбки...». Подобное романтическое звучание весьма типично для высказываний «прекрасного пола».

Спецификой женской речи является эмоциональность, которая эксплицируется как с помощью лексических средств, так и восклицательных предложений («*Ах, как хочется жизни, блестящей, как фейерверк, искрящейся, как шампанское, любви жгучей, как солнце юга, любви глубокой, как дно бушующего моря!*»). Последняя цитата демонстрирует еще одну гендерную особенность, отмечаемую многими учеными [2], [5], [9] – определенные предпочтения при выборе лексики и фразеологизмов: доминирование стандартных номинаций и языковых клише, а также использование стертых метафор.

При самопрезентации в брачных объявлениях потенциальных невест широко употребляются характерные для женской речи диминутивы, уменьшительно-ласкательные суффиксы: *хорошенькая, миленькая, молоденькая, блондиночка, вдовушка*. Тексты женских журналов также отличаются подобной тенденцией: *тоненькие пальчики, маленькие беленькие ручки, головка, туфельки, платьице* и т. д.

Номинации представительниц женского пола в довоенный период достаточно ярко характеризуют стереотипы эпохи: *хорошенькая женщина, элегантная женщина, настоящая красавица, известная красавица, кокетка, очаровательница, женщина-цветок*; но и *рукодельница, образцовая хранительница очага, мать семейства, матрона*. Менее частотны, но не забыты и *женщина-труженица, работающая женщина, служащая*.

Трагическое историческое событие – Первая мировая война – меняет тематические доминанты и модифицирует гендерные стереотипы. Нельзя утверждать, что прежние женские интересы (забота о внешности, воспитание детей, здоровье, домоводство, новинки моды и искусства, кулинария и т. д.) полностью исчезают, однако на первый план выходит активное участие женщин в деятельности на благо Родины. Об этом красноречиво свидетельствует актуальный раздел «Война» и названия его статей: «*Высочайшая подвижница милосердия*», «*Женские маршевые роты*», «*Вниманию крестных матерей русских воинов*» и т. д. Ранее существовавшие разделы демонстрируют «*течение женских сил к центру общественной жизни*»: «*Быстрый туалет ухаживающей за больными*» (рубрика «Красота»), «*Вязаные вещи для воинов*» (рубрика «Работы»), «*Укрепляющие средства для раненых*» (рубрика «Кухня»). В рубрике «Портрет», которая ранее традиционно начиналась с пространного описания внешности, акцент делается на деятельности героини на благо Родины: «*Балерина N ... устроила в своей квартире собственный маленький лазарет... она может служить примером силы и мощи духовной – она вся поглощена войной*» [ДМ, 1914].

Появляется новый, актуальный блок номинаций представительниц женского пола: *сестра милосердия, патриотка, славная патриотка, вдова, волонтерка, гражданка, героиня, защитница родины, женщина-деятельница, деловая женщина*. Высокочастотно и положительно окрашено словосочетание «*русская женщина*»: «*В своей безграничной любви к России на всех ступенях социальной лестницы русские женщины были похожи друг на друга*» [ДМ, 1915].

Война вызывает неизменный подъем феминистского движения, что манифестируется не только в открытых заявлениях: «...женщины из "заместительниц" превратятся прямо в "служащих", но и в традиционных рубриках, таких, например, как «Новинки моды»: «*Костюм для служащих в конторах, на заводах*», «*Костюм для сельскохозяйственной деятельности*» [ДМ, 1917].

Подобная тенденция очевидна в текстах, призывающих «слабый пол» к политической активности: «*Нашим женщинам следует принять широкое участие в политическом устройстве страны*» [ДМ, 1917]. В этом же журнале лексика политического дискурса используется при описании фасона костюма: «...снова принимают права гражданства жабо к тальерам» [ДМ, 1917].

На первый план выходит стереотип *женщины-деятельницы*, которая не может довольствоваться только семьей и домашним хозяйством. Ее высокие цели – активно участвовать в политической жизни страны, формируя «огромную силу для культурных завоеваний против проявлений эксцессов и грубой силы» и даже «*установление основ государственного строя*» (ДМ, 1917). Подобные тексты могут рассматриваться как своего рода документы, стоящие у истоков феминизма в России.

Таковы лишь некоторые черты светской женщины-петербурженки на рубеже двух веков. Методы гендерной лингвистики, не претендуя на всестороннюю реконструкцию образа жительницы Северной столицы, позволяют получить фрагментарное представление о стереотипах и идеалах прошедшей эпохи, проследить динамику их изменения в сложный исторический период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябова Т. Б. Стереотипы и стереотипизация как проблема гендерных исследований. М.: Культура и общество, 2006.
2. Колесов В. В. Язык города. М.: КомКнига, 2006.
3. Лингвистический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1990.
4. Мопассан Г. Новеллы. М.: Худож. лит., 1962.
5. Маслова В. А. Лингвокультурология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004.
6. Достоевский Ф. М. Преступление и наказание. М.: Худож. лит., 1955.
7. Богданов В. Б. Речевое общение. Прагматические и семантические аспекты: Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1990.
8. Колесов В. В. Язык и ментальность. СПб.: Петерб. Востоковедение, 2004.
9. Кирилина А. В. Гендер: лингвистические аспекты / Ин-т социол. РАН. М., 1999.
10. Le Petit Robert. Dictionnaire de la langue française. Paris: Dictionnaire Le Robert, 1993.

O. A. Preobrazhenskaya

FEMALE RESIDENT OF SAINT PETERSBURG AT THE TURN OF XIX–XX CC.: GENDER LINGUISTICS ASPECT

The possibilities of image reconstruction of a female resident of Saint Petersburg at the turn of two centuries are considered by means of gender linguistics methods. Dynamics of stereotypes change is traced in the complicated historical period.

Gender linguistics, gender auto- and hetero-stereotypes, polyglossia, transliteration, replication, subject dominant, Russian archetypes, feminism

Сведения об авторах

Бабушкина Ольга Александровна

Ассистент кафедры радиоэлектронных средств СПбГЭТУ «ЛЭТИ», аспирант.

Тел.: +7(921)345-20-36. E-mail: Babushkina_Olga@mail.ru.

Веселовская Наталья Сергеевна

Заместитель директора по учебной работе ФГОУ СПО «Омский строительный колледж».

Тел.: (381-2)- 68-19-47. E-mail: vesnat56@mail.ru.

Дмитриева Ирина Вадимовна

Старший преподаватель кафедры физической химии СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

E-mail: ivd_leti@mail.ru.

Кутуан Ака Атаназ

Аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(905)272-19-57. E-mail: akutuan@yahoo.fr.

Маркузина Наталия Николаевна

Доцент кафедры физики и химии Военно-транспортного университета железнодорожных войск и военных сообщений, канд. хим. наук.

E-mail: nnn_vty@mail.ru.

Новиков Владислав Александрович

Профессор кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук.

Тел.: (812) 346-12-48. E-mail: VANovikov@mail.eltech.ru.

Овчинникова Екатерина Александровна

Ведущий инженер ОАО «ВНИИРА», аспирант кафедры корабельных систем управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(911)761-52-11. E-mail: katto@list.ru.

Преображенская Ольга Алексеевна

Зам. зав. кафедрой иностранных языков СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. филол. наук, доцент.

Тел.: (812)346-45-47, +7(921)319-49-25.

Приходько Ирина Аркадьевна

Доцент кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812)234-68-18. E-mail: irinaprihodko@mail.ru.

Прокофьев Геннадий Иванович

Заведующий кафедрой робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д-р техн. наук, профессор.

Тел.: (812)346-12-48, (812)234-66-77. E-mail: giprokofiev@yandex.ru.

Скороходов Дмитрий Алексеевич

Главный научный сотрудник ИПТ им. Н. С. Соломенко РАН, д-р техн. наук, профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел: +7(921)884-17-16. E-mail: skorohodda@mail.ru.

Смирнова Вера Андреевна

Старший преподаватель кафедры высшей математики № 2 СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. физ.-мат. наук.

Тел.: +7(911)637-30-99., E-mail: vera-sm@yandex.ru.

Соловьев Анатолий Антонович

Профессор кафедры радиоэлектронных средств СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. техн. наук.

Тел.: (812)345-48-31. E-mail: svet.pyko@gmail.com.

Тризна Иван Дмитриевич

Магистрант кафедры робототехники и автоматизации производственных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(921)582-49-51. E-mail: trizna001@yandex.com.

Фадеева Ирина Игоревна

Магистр кафедры систем автоматического управления СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: +7(921)559-96-96. E-mail: fadeeva.ru@mail.ru.

Филиппова Юлия Валерьевна

Старший преподаватель кафедры иностранных языков СПбГЭТУ «ЛЭТИ», канд. филол. наук.

Тел.: +7(911)255-47-30. E-mail: russianlanguage@mail.ru.

Правила представления рукописей авторами

В редакционный совет журнала «Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» необходимо представить:

- файлы на дискете либо CD (в отдельных случаях по предварительному согласованию с редсоветом допустима передача материалов по электронной почте):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
- документы на листах формата А4 (1 экз.):
 - рукопись статьи;
 - сведения об авторе(ах);
 - рекомендация кафедры с указанием наименования тематического раздела, в котором предполагается опубликование материала;
 - экспертное заключение о возможности опубликования материала в открытой печати;
 - сопроводительное письмо (только для авторов, не работающих (не обучающихся) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Сведения об авторах должны содержать:

1. Фамилию, имя, отчество (полностью) автора.
2. Основное место работы.
3. Должность.
4. Ученую степень, ученое звание.
5. Контактный телефон, адрес электронной почты.

Все сведения печатаются в строку (без пунктов) на русском и английском языках.

Правила оформления текста статьи

Статья должна быть тщательно отредактирована, содержать признаки научной публикации:

- текстовый редактор Microsoft Word версии не ниже 97;
- формат бумаги А4;
- параметры страницы: поля – верхнее 3 см, левое и нижнее 2.5 см, правое 2 см, верхний колонтитул 2 см, нижний колонтитул 2 см;
- основной текст статьи: шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по ширине; первая строка с абзацным отступом 1 см; межстрочный интервал «Множитель 1.2».

На первой странице указывается индекс УДК (в левом верхнем углу; шрифт «Arial» 12 pt, интервалы: «перед» 18 pt, «после» 6 pt; межстрочный интервал «Множитель 1.2»); далее даются инициалы и фамилии авторов, затем название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на русском языке. Инициалы и фамилии авторов, название статьи, краткая аннотация статьи и ключевые слова на английском языке размещаются в конце публикации после библиографического списка.

Перечень авторов разделен запятыми, инициалы перед фамилиями, шрифт «Arial» 14 pt, жирный курсив; выравнивание по правому краю, абзацный отступ слева 1 см; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него 0 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Arial» 18 pt; выравнивание по левому краю; отступ слева 0.5 см, автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем и после него – 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»).

Аннотация содержит 3–7 строк, характеризующих содержание статьи (шрифт «Times New Roman» 10 pt, курсив; выравнивание по ширине; отступы: слева и справа 1.5 см, первая строка 0.7 см; интервалы перед абзацем и после него 12 pt, межстрочный интервал одинарный).

Ключевые слова состоят из 3–10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми, в конце их перечисления точка не ставится; шрифт «Times New Roman» 10 pt, жирный; выравнивание по левому краю; автоматические переносы отключены; интервалы перед абзацем 0 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал одинарный).

Далее следует текст статьи.

После основного текста следует библиографический список, который включает:

➤ *заголовок «Список литературы»* (шрифт «Times New Roman» 12 pt; выравнивание по центру; интервалы: перед абзацем 12 pt, после него 6 pt, межстрочный интервал «Множитель 1.2»);

➤ *библиографическое описание источника* с порядковым номером ссылки на него по тексту, начиная с первого, выполненное по ГОСТ 7.3–2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004 / Госкомстандарт. М., 2004 (отдельным абзацем; шрифт «Times New Roman» 10 pt; первая строка с абзацным отступом 0.7 см; выравнивание по ширине; межстрочный интервал одинарный).

Библиографический список не должен превышать 10 (для обзорных заказных статей – 20) наименований: приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные и нетиражированные работы не допускаются).

Для создания *формул* используются встроенные возможности Word и (или) редактора MathType. Необходимо использовать следующие установки редактора формул. Размеры: «полный» 12 pt, «подстрочный» 10 pt, «под-подстрочный» 9 pt, «символ» 18 pt, «подсимвол» 12 pt; стили: текст, функция, число – шрифт «Times New Roman», вектор-матрица – шрифт «Times New Roman», жирный; греческий малый, греческий большой, символ – шрифт «Symbol», прямой; переменная – шрифт «Times New Roman», курсив.

На каждый рисунок и таблицу в тексте статьи необходимо дать ссылку. Каждый рисунок и таблица должны быть пронумерованы (напр.: Рис. 1, Табл. 3).

Текст в *таблицах* печатается через 1 интервал, шрифт «Times New Roman»; основной текст 10 pt, индексы 8 pt. Нумерационный заголовок содержит слово «Таблица» и ее номер арабскими цифрами (без знака номера перед ними и без точки на конце); выравнивается по правому краю таблицы и выделяется светлым курсивом.

Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Word или другими программами в черно-белом виде. Цветные рисунки не допускаются. Рисунки не редактируются. Основные линии на рисунках (границы блоков и соединительные линии на схемах, линии графиков) имеют толщину 1.25 pt, вспомогательные (линии-выноски, оси, размерные линии) – 0.75 pt.

Описание содержания рисунка, а также введенных на нем обозначений следует приводить в основном тексте статьи. Подпись под рисунком содержит только его номер (шрифт «Times New Roman», курсив, 11 pt) и располагается по центру рисунка. Все тексты и обозначения на

рисунке даются шрифтом размером 10 pt с единичным межстрочным интервалом; цифровые обозначения на линиях выносок, буквенные обозначения фрагментов и номер рисунка даются курсивом.

При невозможности представить электронные версии рисунков следует представить только твердые копии, обеспечивающие качественное воспроизведение рисунков после их сканирования (графики – черной тушью на белой бумаге, фотографии – на матовой бумаге размером не менее 9×12 см, не более 21×30 см).

Перечень основных тематических направлений журнала:

- Радиоэлектроника и телекоммуникации.
- Физика твердого тела и электроника.
- Информатика, управление и компьютерные технологии.
- Автоматизация и управление.
- Электротехника.
- Приборостроение и информационные технологии.
- Биотехнические системы в медицине и экологии.
- Управление качеством, инновационный и антикризисный менеджмент.
- Гуманитарные науки.
- История науки, образования и техники.
- Современные технологии в образовании.

Рукописи аспирантов печатаются бесплатно.

Технические вопросы можно выяснить по адресу: Izvestiya-leti@yandex.ru