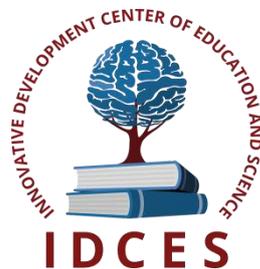


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Технические науки в мире: от теории к практике

Выпуск IV

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 августа 2017 г.)**

г. Ростов-на-Дону

2017 г.

УДК 62(06)
ББК 30я43

Технические науки в мире: от теории к практике. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4, г. **Ростов-на-Дону**, 2017. 87 с.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Клюева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам IV Международной научно-практической конференции «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. **Ростов-на-Дону**, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© ИЦРОН, 2017г.
© Коллектив авторов

Оглавление

СЕКЦИЯ №1.	
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	6
СЕКЦИЯ №2.	
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)	6
УСЛОВИЯ ОГРАНИЧЕННОСТИ И ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ TS-TOMESCU-СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ВРЕМЕННЫХ ШКАЛАХ Алексеев Ф.Ф.	6
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ Белоновский П. В.	11
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ Изосимова Т.А., Максимова М.В.	14
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УСТАНОВКИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УЛУЧШЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ Кириллов Д.Н.	16
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГАРМОНИЗАЦИИ СТАНДАРТОВ Мороз А.Ю.	20
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ Таланова Ю.В.	25
ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ Широков П.С., Алексеев А.Ф.	28
СЕКЦИЯ №3.	
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)	30
СЕКЦИЯ №4.	
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)	30
СЕКЦИЯ №5.	
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)	30
АНАЛИЗ УСИЛИЙ И МОМЕНТОВ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОДНОЦИЛИНДРОВУЮ ПАРОВУЮ ТУРБИНУ СО СТОРОНЫ ПРИСОЕДИНЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА Гаврилов П.Я. ^{1,2} , Мурманский Б.Е. ¹ , Сосновский А.Ю. ¹ , Степанов М.Ю. ^{1,2}	30
НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ Геркусов А.А.	35
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД Махмудов А.М.	42

УСИЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПЕРСПЕКТИВАМИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ Петухова С.Ю.	44
СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00).....	47
СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	47
СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00).....	47
ОБ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ УСТРОЙСТВ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К КАЧЕСТВУ ПИТАНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ Горячкин В.П., Гатиятуллин В.В.	47
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТАХ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ Худовец В.И., Кузнецов Е.Е., Капустина Н.А.	49
СЕКЦИЯ №9. АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....	51
СЕКЦИЯ №10. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00).....	52
ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ПЕСКА НА ПРОЧНОСТЬ РАСТВОРА Ильина Л.В., Туляганов А.К.	52
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ Лезина Е.П.	54
НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА Потехин А.А., Сапрыгина Ю.В., Тышкевич А.В., Андреев Е.А.	56
СПОСОБЫ УКЛАДКИ ТЕПЛОГО ПОЛА Сапрыгина Ю.В., Потехин А.А., Тышкевич А. В., Андреев Е. А.	58
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОРОГИПСОБЕТОНА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ Шишин А. В., Маракулина С. П., Соловьева А. А.	61
СЕКЦИЯ №11. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	62
ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ КАТОДНОМ ВНЕДРЕНИИ ЛАНТАНА И ЛИТИЯ В MnO_2 - ЭЛЕКТРОД Гусева Е.С., Попова С.С., Францев Р.К.	62
СЕКЦИЯ №12. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00).....	68

СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	68
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	68
ИНТЕГРАТОР РАДИОСИГНАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ	
ВОЛНАХ	
Абрамов А. П., Кравец Е. В., Петров П. Н.	68
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	72
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,	
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	72
ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Шевченко С.М.	73
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	76
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	
КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	76
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	76
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	76
ПОГРЕШНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ	
В РАЗЛИЧНЫХ БАЗИСАХ	
Бабилов А.Ю., Рыжов В.П.	77
МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	
ПРИ ОТСУТСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	
Чесноков В.Ю., Шмелева А. Г.	80
СЕКЦИЯ №21.	
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)	84
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД	85

СЕКЦИЯ №1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)

УСЛОВИЯ ОГРАНИЧЕННОСТИ И ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ TS-TOMESCU-СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ВРЕМЕННЫХ ШКАЛАХ¹

Алексеев Ф.Ф.

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань

С применением TS-Tomescu-нечетких логических регуляторов проводится синтез систем управления на нечетких временных шкалах. Моделирование систем управления (СУ) проводится на основе нечетких уравнений, в частности, систем управления типа систем Такаги-Сугено. Например, в качестве примера рассмотрим дискретную СУ типа вычислительного процесса Л.Ю. Анапольского. В работе рассмотрены обобщенные нечеткие преобразования (И. Перфильева) с приложением к аппроксимации нечетких матриц-функций с несколькими переменными. Показывается, как предложенный метод может быть использован для получения нечеткой базы правил для нечеткого управления. Выбираются базисные функции $A_1(x), \dots, A_n(x)$, формирующие нечеткое разбиение интервала $[a, b]$, и определяются формулы для прямого F-преобразования и обратного F-преобразования. Метод нечетких преобразований обобщается на нечеткие матрицы-функции. На нечеткую матрицу-функцию $M\Phi$ накладываются некоторые требования: ограничиваемся использованием обобщенных F-преобразований только для нечетких матриц-функций, обладающих в некотором смысле свойствами непрерывности и выпуклости. Применяя принцип расширения Заде, получаем формулы для компонент обобщенных нечетких преобразований.

Определение. Пусть $M\Phi: X \times Y \rightarrow [0, 1]^Y$ - α -непрерывная нечеткая функция и $A_1(x), \dots, A_n(x)$ - базисные функции, формирующие нечеткое разбиение X . Говорим, что n -ка нечетких множеств $[M\mathfrak{Z}_1(y), \dots, M\mathfrak{Z}_n(y)]$ на Y является обобщенным прямым F-преобразованием $M\Phi$ относительно базисных функций $A_1(x), \dots, A_n(x)$, если $M\mathfrak{Z}(y) = \bigvee_{\xi \in Y^X: \{ \int_X \xi(x) A_i(x) dx / (\int_X A_i(x) dx) = y \}} (\bigwedge_{x \in X} M\Phi(x)(\xi(x)))$.

Определение. Пусть $[M\mathfrak{Z}_1(y), \dots, M\mathfrak{Z}_n(y)]$ - обобщенное прямое F-преобразование нечеткой матрицы-функции $M\Phi$ при заданных базисных функциях A_1, \dots, A_n . Тогда нечеткая матрица-функция $M\Phi_n^F(x)(y) = \sum_{i=1}^n M\mathfrak{Z}_i(y) A_i(x)$ называется обобщенным обратным F-преобразованием.

Рассмотрим систему управления с идентифицирующим устройством: $u_1(\sigma)$ - четкое управление, $u_2(\sigma)$ - управление, определяемое НЛР, $u_3(\sigma)(s - \tau(s))$ - управление с циклическим ступенчатым (несинхронизированным) запаздыванием, σ' - выход наблюдателя, $e_s = x_s - x_s'$ - невязка (относительно вектора состояния наблюдателя). Система управления с идентифицирующим устройством описывается уравнениями
$$x_{s+1} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(s)) h_j(z(s)) [(A_{1i} - B_{2i} F_j) x_s + A_{2i} x(s - \tau_i(s)) + B_i^1(s) \varphi_i^1(s, \sigma_s) +$$

$$B_i^2(s)\varphi_i^2(s-\tau_i(s), \sigma(s-\tau_i(s))) + B_{1i}u_{1i}(\sigma') + B_{2i}F_j e_s + B_3 u_3(\sigma(s-\tau(s))), \sigma_s = \sum_{i=1}^r h_i(z(s))[C_{1i}(s)x_s + C_{2i}(s)x(s-\tau_i(s))], \sigma_{1s} = C_{1i}(s)x_s.$$

При аналогичной форме уравнений для идентифицирующего устройства уравнение невязки $e_s = x_s - x_s'$ будет иметь вид $e_{s+1} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(s))h_j(z(s)) [(A_{1i} - B_i^2(s)\varphi_i^2(s-\tau_i(s), L_i C_{1j})e_s + A_{2i}e(s-\tau_i(s)) + B_i^1 \phi_i^1(s, \sigma_s) - B_i^1 \phi_i^1(s, \sigma_s') + B_i^2(s)\varphi_i^2(s-\tau_i(s), \sigma(s-\tau_i(s))) - B_i^2(s)\varphi_i^2(s-\tau_i(s), \sigma'(s-\tau_i(s))) - L_i C_{2j}e(s-\tau_j(s))].$

Для Т-S-систем управления на нечетких временных шкалах получены условия экспоненциальной устойчивости. С применением Т-S-Томеску-нечетких логических регуляторов проводится синтез систем управления. С применением выпукло сходящихся алгоритмов, обобщающих алгоритмы скоростного градиента, и циклического ступенчатого по времени (несинхронизированного) управления получены пригодные для практики алгоритмы управления. Нечеткость во временной шкале вводит в систему управления запаздывание управления и упреждение. Вводится система правил по упреждению-запаздыванию: по запаздыванию, по упреждению, смешанные правила. Интервалы по запаздыванию и упреждению делятся на участки, скажем, равномерно. Вводятся индексы распознавания запаздывания и упреждения. Вводятся функции принадлежности как определяющие какую-то цель управления.

Разработаны адаптивные алгоритмы идентификации систем с дискретным временем с приложением к

идентификации параметров вертолета. Настраиваемую модель объекта выберем в виде $x_{s+1}^{id} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(s))h_j(z(s)) [(A_{1i}^{id} - B_{2i}^{id} F_j) x_s^i + A_{2i}^{id} x^{id}(s-\tau_i(s)) + B_i^{1id}(s)\varphi_i^1(s, \sigma_s) + B_i^{2id}(s)\varphi_i^2(s-\tau_i(s), \sigma(s-\tau_i(s))) + B_{1i}^{id} u_{1i}(\sigma') + B_{2i}^{id} F_j e_s + B_3^{id} u_3(\sigma(s-\tau(s))], \sigma_s = \sum_{i=1}^r h_i(z(s))[C_{1i}^{id}(s)x_s + C_{2i}^{id}(s)x(s-\tau_i(s))], \sigma_{1s} = C_{1i}^{id}(s)x_s.$

Вводятся фазовые и параметрические рассогласования

$$e_s^{id} = x_s^{id} - x_s; A_{1ies} = A_{1is}^{id} - A_{1i}; A_{2ies} = A_{2is}^{id} - A_{2i}; B_{ies} = B_{is}^{1id} - B_i^1; B_{ies}^2 = B_i^{2id} - B_i^2; B_{1ies} = B_{1is}^{id} - B_{1i}; B_{2ies} = B_{2is}^{id} - B_{2i}; C_{1ies} = C_{1is}^{id} - C_{1i}; C_{2ies} = C_{2is}^{id} - C_{2i}.$$

Уравнения для фазовых рассогласований имеет такой же вид с заменой матриц системы на $A_{1is}^{id}, A_{2is}^{id}, B_{is}^{1id}, B_i^{2id}, B_{1is}^{id}, B_{2is}^{id}, C_{1is}^{id}, C_{2is}^{id}$ соответственно.

Составляется система уравнений $A_{1is+1}^{id} = A_{1is}^{id} - F_{1s}, A_{2is+1}^{id} = A_{2is}^{id} - F_{2s}, B_{is+1}^{1id} = B_{is}^{1id} - F_{3s}, B_{is+1}^{2id} = B_{is}^{2id} - F_{4s}, B_{1is+1}^{id} = B_{1is}^{id} - F_{5s}, B_{2is+1}^{id} = B_{2is}^{id} - F_{6s}, C_{1ies+1} = C_{1is}^{id} - F_{7s}, C_{2ies+1} = C_{2is}^{id} - F_{8s}.$ $F_{1s} - F_{8s}$ подлежат определению для обеспечения сходимости процесса настройки ($\lim A_{1ies} = 0$ при $t \rightarrow \infty, \dots, \lim C_{2ies} = 0$ при $t \rightarrow \infty$).

Выбираем функцию Ляпунова вида $V = sp(\Theta_t^T \Theta_t), \Theta$ - блочная матрица вида $\Theta = [A_{1is}^{id} A_{2is}^{id} B_{is}^{1id} B_{is}^{2id} B_{1is}^{id} B_{2is}^{id} C_{1is}^{id} C_{2is}^{id}].$

Вычислим $\Delta V_s = V_{s+1} - V_s = sp[(\Theta_s^T - F_s^T)(\Theta_s - F_s) - \Theta_s^T \Theta_s] = sp(-2\Theta_s^T F_s + F_s^T F_s).$ F_s^T блочная матрица вида $F_s^T = (F_{1s}^T F_{2s}^T F_{3s}^T F_{4s}^T F_{5s}^T F_{6s}^T F_{7s}^T F_{8s}^T).$ F_s разыскиваем в виде $F_s = \varepsilon_s P^{id} e_s y_{s-1}^T, P^{id} = P^{idT}, y_s^T = (x_s^T u_1^T u_2^T u_3^T), \varepsilon_s$ - скалярная функция.

Теорема. Если существуют $\varepsilon(s), P^{id}$ такие, что ΔV_s отрицательно определенная, то $\lim e_s^{id} = 0$, $\lim A_{ies} = 0$, $\lim A_{2ies} = 0$, $\lim B_{ies}^1 = 0$, $\lim B_{ies}^2 = 0$, $\lim B_{ies} = 0$, $\lim B_{2ies} = 0$, $\lim C_{ies} = 0$, $\lim C_{2ies} = 0$ при $t \rightarrow \infty$.

1. Технология синтеза и анализа нелинейных систем с запаздыванием и упреждением с использованием нелинейных нечетких моделей.

1.1. Рассматриваются системы управления на временных шкалах. Получены условия ограниченности и экспоненциальной устойчивости TS-Tomescu-систем управления на временных шкалах. В общем случае вводится нечеткость во временной шкале.

1.2.. **Общие понятия и определения.** Нечеткость вводит в систему управления запаздывание управления и упреждение. Упреждение (прогноз) (Лакшмикантам [3]) вытекает, например, из задачи группового управления полетом летательных аппаратов. Упреждение – обнаружено, что реальная траектория отклоняется от номинальной (программной). Поэтому необходима коррекция. Запаздывание – БЦВМ не успевает выдать новое значение управления или датчики выдают информацию с запаздыванием. Рассматривается задача конструирования нечеткого логического регулятора. Вводится система правил по упреждению-запаздыванию.

По запаздыванию: **Правило 1.** Запаздывание большое (определяется максимальным возможным отклонением по запаздыванию) – управление по свойству асимптотической устойчивости в целом. **Правило 2.** Запаздывание малое - управление по теории стабилизации систем с запаздыванием. **Правило 3.** Запаздывание малое (почти нуль) - управление по теории стабилизации систем с запаздыванием.

Вводятся правила промежуточные между правилом 1 и правилом 2 $u = \lambda_1 u_B + \lambda_2 u_l$. Интервал $[0, \tau]$, τ - максимальное отклонение по запаздыванию, делится на участки, скажем, равномерно. Водятся также правила промежуточные между правилом 1 и правилом 2 $u = \lambda_1 u_B + \lambda_2 u_l$. Интервал $[\tau_l, \tau_B]$, τ_B - максимальное отклонение по запаздыванию, делится на участки, скажем, равномерно. Вводятся правила промежуточные между правилом 2 и правилом 3 $u = \lambda_2 u_i + \lambda_3 u_Z$. Интервал $[0, \tau_l)$, τ_l - малое отклонение по запаздыванию делится на участки, скажем, равномерно.

По упреждению: **Правило 1.** Упреждение большое (определяется максимальным возможным отклонением по запаздыванию) – управление по свойству асимптотической устойчивости в целом (пересчет с упреждения на запаздывание по Лакшмикантаму [2]). **Правило 2.** Упреждение малое управление по теории стабилизации систем с запаздыванием u_l (пересчет с упреждения на запаздывание по Лакшмикантаму [2]). **Правило 3.** Упреждение почти нуль управление по теории стабилизации систем с запаздыванием u_Z (пересчет с упреждения на запаздывание по Лакшмикантаму [2]).

Вводятся правила промежуточные между правилом 1 и правилом 2. $u = \lambda_1 u_B + \lambda_2 u_l$ Интервал $[\tau_{-l}, 0]$, τ_{-l} - максимальное отклонение по упреждению делится на участки, скажем, равномерно. Правила промежуточные между правилом 1 и правилом 2 $u = \lambda_1 u_B + \lambda_2 u_l$. Интервал $[\tau_l, 0]$, τ_{-B} - максимальное отклонение по упреждению, делится на участки, скажем, равномерно. Необходимо формализовать такие правила с применением нечеткой и векторной логики.

Функции принадлежности определяются различными способами;: из практических соображений (см. Кофман) с возможной подстройкой параметров (Ротштейн и др. варианты): почти нулевая величина; очень большая величина. И т.п. При счете и синтезе функции принадлежности будут правиться. Можно вводить функции принадлежности как определяющие какую-то цель управления. Т.е. синтезировать функции принадлежности из условий устойчивости и т.п. Водятся правила промежуточные между правилом 2 и правилом 3 $u = \lambda_2 u_l + \lambda_3 u_Z$.

1.3. Модели на временных шкалах. Рассматриваются системы управления вида $x^\Delta = f(t, x, u), t \geq t_0, t \in \mathbb{T}$,

$$x^\Delta = f(t, x) + b(t, x)u, x(t_0) = x_0, x_0 \in \mathbb{R}^n, \quad (1.2)$$

где $f: \bar{\mathbb{T}} \times \bar{R}^n \rightarrow \bar{R}^n$ - rd -непрерывная функция, \bar{T} - временная шкала. Если $\bar{T} = \bar{R}$, тогда $x^\Delta = x'$ соответствуют ОДУ. $x' = f(t, x)$, $x(t_0) = x_0$.

Если $\bar{T} = \bar{Z}$, тогда $x^\Delta = \Delta x$, и (1.1), (1.2) соответствует конечно-разностным уравнениям (ОДЭ) $x(n+1) - x(n) = f(n, x(n))$, $x(n_0) = x_0$.

2. Временные шкалы. Определение 2.1. Временная шкала \bar{T} есть некоторое непустое замкнутое подмножество множества \bar{R} ; \bar{T} не ограничена сверху. Точка $t \in \bar{T}$ называется *rd-точкой*, если $\sigma(t) > t$. *Функция зернистости* $\mu(t) = \bar{T} \rightarrow \bar{R}$ определяется $\mu(t) = \sigma(t) - t$.

Определение 2.2. Для $t \in \bar{T}$ ff -оператор $\sigma(t): \bar{T} \rightarrow \bar{T}$ определяется $\sigma(t) := \inf\{s \in \bar{T} : s > t\}$; j -оператор σ определяет классификацию точек на временных шкалах. Точка $t \in \bar{T}$ называется *rd-точкой*, если $\sigma(t) = t$, и *rs-точкой*, если $\sigma(t) > t$.

Определение 2.3. Для $t \in \bar{T}$ и $x: \bar{T} \rightarrow \bar{R}^n$ определим дельта-производную (Δ -производную) $x^\Delta(t)$ по x при $t \in \bar{T}$ вектор (если он существует) со свойством: для заданного $\varepsilon > 0$, существует окрестность $U \in \bar{T}$ момента t , такая что $||[x_i(\sigma(t)) - x_i(s)] - x_i^\Delta(t)[\sigma(t) - s]|| \leq \varepsilon |\sigma(t) - s|$ для любого $s \in U$ и $i=1,2,\dots,n$. В этом случае мы говорим, что $x(t)$ является дельта-дифференцируемой (Δ -дифференцируемой) функцией. В случае $\bar{T} = \bar{R}$ $x^\Delta(t) = x'(t)$. Если $\bar{T} = \bar{Z}$, то $x^\Delta(t) = x(n+1) - x(n)$.

Определение 2.4. Функция $p: \bar{T} \rightarrow \bar{R}$ называется *rd-непрерывной*, если она непрерывна в *rd*-точках временной шкалы \bar{T} и конечный предел слева существует в *ld*-точках шкалы \bar{T} . Множество всех *rd*-непрерывных функций на \bar{T} обозначим $C_{rd} = C_{rd}(\bar{T}) = C_{rd}(\bar{T}, \bar{R})$.

Теорема 2.5. (i) Если $p \in \tilde{R}^+$, тогда $e_p(t, t_0) > 0$; (ii) $e_p(\sigma(t), t_0) = (1 + \mu(t)p(t))e_p(t, t_0)$; (iii) $e_{\theta p}(t, t_0) = 1/e_p(t, t_0)$, где $\theta p = -p/(1 + p\mu(t))$; (iv) Если $p, q \in \tilde{R}$, тогда $e_p(t, t_0)e_q(t, t_0) = e_{p \oplus q}(t, t_0)$; (v) Если p положительная постоянная, тогда $\lim_{t \rightarrow \infty} e_p(t, t_0) = \infty$, $\lim_{t \rightarrow \infty} e_{\theta p}(t, t_0) = 0$. $t \in \bar{T}_0^+ = \{t \in \bar{T} : t \geq t_0\}$

3. Ограниченность решений. Определение 3.1. Говорим, что решение $x(t)$ системы (1.1), (1.2) *ограничено*, если существует постоянная $C(t_0, x_0)$ (которая может зависеть от t_0 и x_0), такая что $||x(t)|| \leq C(t_0, x_0)$ для $t \in \bar{T}_0^+$. Говорим, что решения (1.1), (1.2) *равномерно ограничены*, если C не зависит от t_0 .

Если мы предполагаем, что $V: \tilde{T}_0^+ \times R^n \rightarrow R^+$ Δ -дифференцируемая в точке t и непрерывно дифференцируема в x , и $x(t)$ апу решение системы (1.1), (1.2), тогда Δ -производная вдоль $x(t)$ для $V(t, x)$ определяется выражением

$$V^\Delta(t, x) = V^\Delta(t, x(t)) = V_t^\Delta(t, x(\sigma(t))) + \int_0^1 V_x'(t, x(t) + h\mu(t)x^\Delta(t)) dh x^\Delta(t) =$$

$$= V_t^\Delta(t, x(\sigma(t))) + \int_0^1 V_x'(t, x(t) + h\mu(t)f(t, x)) dh f(t, x),$$

тогда $V(t, x)$ называется *функцией типа Ляпунова на временных шкалах (ФТЛВШ)*.

Теорема 3.2. Рассмотрим семейство ФТЛВШ $V_i: T_0^+ \times D_i \rightarrow \bar{R}^+$;

$$\lambda_1 \|x\|^p \leq V_i(t, x) \leq \lambda_2 \|x\|^q; \text{conv} \Lambda V_i^\Delta(t, x) \leq (-\lambda_3 \|x\|^r + L) / (1 + M \mu(t));$$

$\text{conv} \Lambda V(t, x) - V^{r/q}(t, x) \leq \gamma$, где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, p, q, r$ положительные постоянные, L, γ неотрицательные постоянные. Тогда все решения (1.1), (1.2), остающиеся в D , равномерно ограничены.

4. Экспоненциальная устойчивость решений. Для (1.1) предполагаем, что $f(t, 0) = 0 \quad \forall t \in \bar{T}$, т.е. $x(t) = 0$ является тривиальным решением (1.1).

Определение 4.1. Принимая во внимание соотношение $e_{-p}(t, t_0) \leq e^{-p(t-t_0)} \leq e_{\theta p}(t, t_0)$, $t, t_0 \in \bar{T}$, $t \geq t_0$, получаем определение: решение $x = 0$ системы (1.1) называется **экспоненциально устойчивым**, если $\|x(t)\| \leq \beta(\|x_0\|, t_0) e_{\theta p}^\alpha(t, t_0)$, $t \in \bar{T}_{t_0}^+$, выполняется, где $\beta: \bar{R}^+ \times \bar{T} \rightarrow \bar{R}^+$ неотрицательная функция, α, p положительные постоянные. Если $\beta(\|x_0\|, t_0)$ не зависит от t_0 , решение $x = 0$ называется **равномерно экспоненциально устойчивым**.

Лемма 4.2. Для некоторой временной шкалы \bar{T} предполагаем, что функция зернистости $\mu(t)$ ограничена сверху, т.е. существует константа B_T (которая может зависеть от \bar{T}), такая что $\mu(t) \leq B_T$, тогда для некоторых положительных постоянных M, δ , удовлетворяющих $M < \delta$, имеем $t \rightarrow \int_{t_0}^t e_{M\theta\delta}(\tau, t_0) \Delta \tau$ ограничено сверху.

Теорема 4.3. Семейство функций $V^i: \bar{T}_{t_0}^+ \times D^i \times R^+$; $\lambda_1 \|x\|^p \leq V(t, x) \leq \lambda_2 \|x\|^q$; $V^\Delta(t, x) \leq (-\lambda_3 \|x\|^r + K e_{\theta\delta}(t, t_0)) / (1 + M \mu(t))$; $V^\Delta(t, x) \leq (-\lambda_3 \|x\|^r + K e_{\theta\delta}(t, t_0)) / (1 + M \mu(t))$;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, K, p, q, r, \delta$ положительные числа; $\delta > \lambda_3 / (\lambda_3)^{r/q} = M$;

$V(t, x) - V^{r/q}(t, x) \leq \gamma e_{\square \delta}(t, t_0)$.. Тогда система (1.1) ((1.2)) равномерно устойчива.

5. Компоненты ВФЛ выбираем в виде квадратичных форм $v_i = x^T P_i x$, $P_i > 0$ - симметричная положительно определенная матрица. Пусть система управления (СУ) может быть представлена в следующем виде (1.2) $\dot{x} = f(x) + b(x)u$. Производная компонент ВФЛ в силу СУ (на основе математики на временных шкалах) имеет вид

$$\dot{v}_i = (\partial v_i / \partial x) \dot{x} = (\partial v_i / \partial x) f(x) + (\partial v_i / \partial x) b(x)u = 2x^T P_i f(x) + 2x^T P_i b(x)u \quad \text{Или}$$

$$\dot{v}_i = F_i(x) + B_i(x)u, F_i(x) = \partial v_i / \partial x f(x) = 2x^T P_i f(x),$$

$$B_i(x) = \partial v_i / \partial x b(x)u = 2x^T P_i b(x).$$

Из дифференциального неравенства $F(x) + B(x)u \leq A_c v$, $Su \leq R$, откуда синтезируется регулятор.

Список литературы

1. Liu A.-L. Boundedness and exponential stability of solutions to dynamic equations on time scales. Electronic Journal of Differential Equations on Time Scales. Vol. 2006(2006). No. 12. Pp. 1-14.
2. Gnana Bhaskar T., Lakshmikantham, Vasundhara Devi J. Monotone iterative technique for functional equations with retardation and anticipation. Nonlinear analysis 66 (2007) 2237-2242/

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Белоновский П. В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», РФ, г. Оренбург

Обслуживание сетей газораспределения является важной социально-экономической задачей развития региона. Крупнейшие промышленные предприятия Оренбургской области работающие в сфере энергетики, металлургии и переработки руд: Ириклинская ГРЭС, металлургический комбинат АО Уральская сталь (г. Новотроицк), ООО «Гайский завод по обработке цветных металлов», АО «Новотроицкий цементный завод» нуждаются в бесперебойной подаче природного газа и обеспечивают основное потребление природного газа в Оренбургской области. Сеть газораспределения начала формироваться более 70 лет назад, что обусловило накопление как различного технического оборудования, слабоструктурированной и неунифицированной документации.

В целях автоматизации управления параметрами сетей газораспределения в АО «Газпром газораспределение Оренбург» разработана геоинформационная система, в которой использован ряд математических моделей. Так, одна из моделей построена на основе изучения общей схемы управления параметрами производственных процессов сетей газораспределения от газораспределительной станции до потребителя. Параметры, полученные на каждом этапе газораспределения, обрабатываются программными средствами, при этом результат передавался лицу, принимающему решение о дальнейших действиях, это мог быть диспетчер аварийной диспетчерской службы (АДС), мастер либо начальник комплексно-эксплуатирующей организации (КЭС), инженер производственно-технического отдела (ПТО).

Анализ результатов дал возможность разработки системы управления производственными процессами, интегрированной с существующими информационными системами и базами данных общества. Предотвращение аварийных ситуаций требует прогнозирования выходного давления газа на пунктах редуцирования газа (ПРГ). Для анализа выходного давления использовались данные с системы телеметрии газорегуляторных пунктов (ГРП). Система телеметрии фиксировала каждое изменение давления газа, в различные промежутки времени. Использование искусственного усреднения значения в пределах одного часа путем нахождения среднего значения за каждый час, с округлением до требуемого уровня позволило проводить дальнейший анализ данных несмотря на разные временные метки значений параметров.

Для вычисления регулярной компоненты был выбран метод среднего скользящего. Метод сглаживания обеспечил исключение колебаний, связанных с погрешностью измерения давления газа, а также определил вид тренда (рисунок 1).

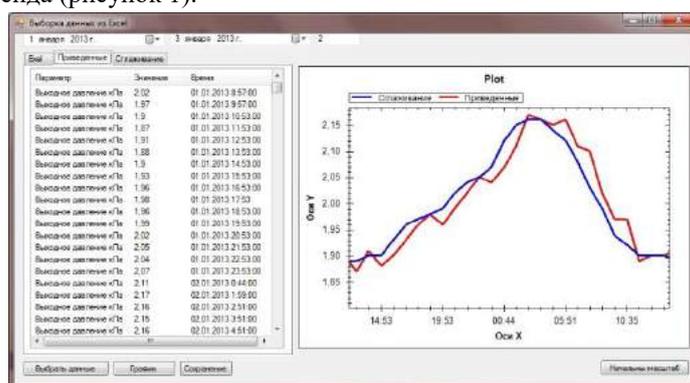


Рисунок. 1 – Сравнение начальных данных и после применения метода трехчленной скользящей средней

Тренд находился путем анализа возможных моделей: линейная, параболическая и гиперболическая. Для подтверждения выбора вида полинома использовался набор показателей корректности выбора: средняя квадратичная ошибка, критерий Фишера, коэффициент детерминации. Построенное уравнение тренда рассматривалось как уравнение, позволяющее получить прогноз на ближайшие сутки для выявления возможных аварийных ситуаций, что позволяло заблаговременно принять решение диспетчеру АДС.

Поскольку качество проводимого технического осмотра непосредственно влияет на безаварийное и бесперебойное газоснабжения потребителей, то стало необходимым оценить качество проведенных работ. Для оценки качества технического осмотра использовалось оборудование, определяющее текущие географические координаты в on-line режиме - GPS трекеры. Устройства позволили отслеживать маршрут и определять нахождение бригад в зоне технического осмотра объектов газопровода (ГП) (количество объектов варьируется от 10 до 50). GPS трекеры, а также информация по аварийным ремонтам позволяет оценить качество технического осмотра по критериям. Критериями оценки являются нахождение бригады в зоне технического осмотра объекта и время нахождения на объекте, включенном в регламентированный маршрут, а также относительное время безаварийной работы объекта после проведения технического осмотра.

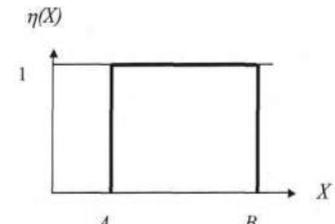
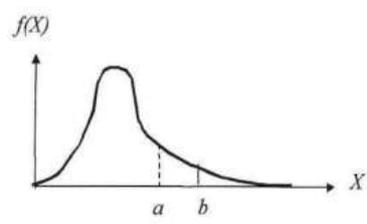
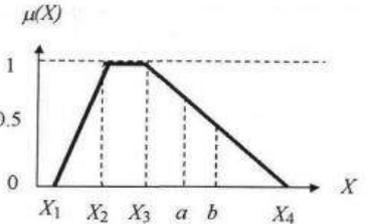
Полученные данные обладают неопределённостью, погрешностью определения GPS координат и преобразования географических проекций, в результате обработка данных требует использования аппарата нечетких множеств.

При использовании нечетких множеств совокупность объектов задается на отрезке $[0,1]$. Для выработки управленческого решения использовалась оценка на вербальном уровне, при котором одни значения параметров внутри интервалов предпочтительнее других. В этом случае математическая формализация реализуется с помощью нечетких интервалов трапецеидального вида (таблица 1).

Отсутствие количественной информации затрудняет приведение нечетко-интервальной неопределённости к частотным распределениям. В качестве описания неопределенностей используем нечетко-интервальный подход.

Для сохранения части информации при переводе частотного распределения в нечетко-интервальные числа использовалась методика трансформации частотных распределений в нечеткие интегралы на основе кумулятивной кривой.

Таблица 1 – Характеристические функции

Характеристическая функция принадлежности четкому интервалу $[A,B]$	Частотное распределения $f(x)$ – функция плотности вероятности	Нечеткий интервал трапецеидального вида
		

В построение частных нечетких критериев используется метод Е.С.Харрингтона, основанный на функции желательности, конкретный вид которой задавался лицом, принимающим решение (ЛПР), исходя из субъективных решений экспертов и экспериментов, проводимых с применением GPS трекеров на местности.

Задача с многокритериальным выбором решается путем перехода к однокритериальному виду. Построение интегрального показателя основан на методе аддитивной свертке, которая позволяет измерять частные критерии в абсолютной шкале.

Для решения проблемы нахождения обобщенных, групповых характеристик использовалось агрегирование частных критериев качества и лингвистической интерпретации нечетких множеств по Л. Заде.

Оценка значимости частных критериев выполнялась методом парных сравнений Саати. Матрица парных сравнений заполняется, исходя из поставленных оценок по критериям (μ_1 и μ_2). При преобладании μ_1 над μ_2 в ячейку ставится целое число, а в позицию с обратным сравнением - обратное ему - дробное. Таким образом, матрица парных сравнений обратно симметричная, ее диагональные элементы равны единице. Использование матрицы позволяет определить коэффициенты результирующего уравнения.

Разработанная ГИС основана на принципах объектно-ориентированного программирования (ООП), что обеспечивает модульную структуру системы, открытость и совместимость (рисунок 2).

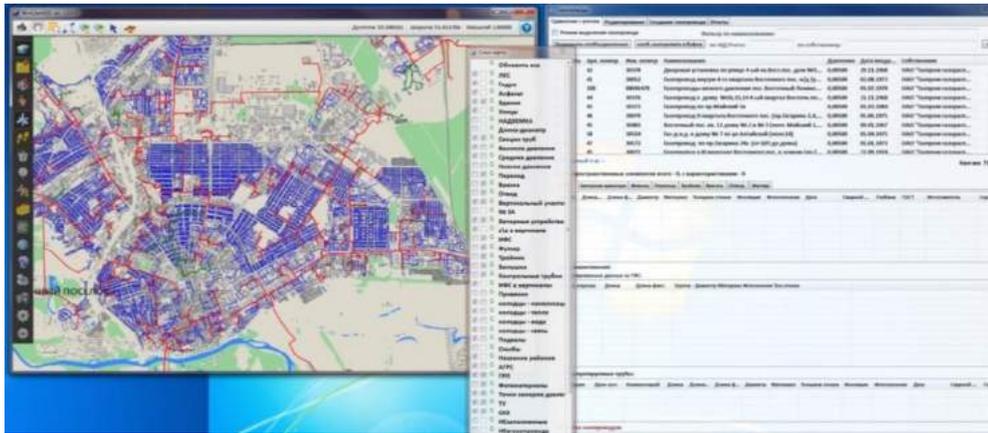


Рисунок 2 – Интерфейс многооконного режима ГИС АО «Газпром газораспределение Оренбург»

Использование стандартизации и унификации в ГИС предприятия позволило провести интеграцию с другими системами и оборудованием в кратчайшие сроки. ГИС учитывает специфику пространственных данных, которая обусловлена требованиями отраслевых и локально-нормативных актов, а также особенностями физических процессов и реализующих их технических объектов. Параметры пространственных данных требуют сочетания различных методов обработки и хранения. Ряд данных по параметрам сетей газораспределения обладает неопределённостью, что обусловлено сложной топологией сети газораспределения и влиянием внешних условий. Прогнозирование данных позволило определить моменты пика потребления и спады давления в сети. Моделирование процессов с применением прогнозирования снижает риски принятия решений.

Результатом разработки ГИС является доступ к пространственным данным 706 сотрудников различных уровней АО «Газпром газораспределение Оренбург», из 9 филиалов и 48 КЭС, что позволило автоматизировать актуальные задачи газораспределения для обеспечения безаварийного и бесперебойного снабжения 121 тыс. абонентов в Оренбургской области. Выбранные программные средства позволили реализовать методологию процессного подхода на всех этапах жизненного цикла газопровода – проектирования, строительства, эксплуатации.

Список литературы

1. Белоновский П.В., Влацкая И. В. Автоматизация мониторинга обслуживания газораспределительных систем Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета . 2015. №4 (79). С. 172 – 176.
2. Богданов, М. Применения GPS/ГЛОНАСС : [учеб. пособие для инж.-разработчиков и практиков]. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 136 с..
3. Канатов, И.В. Специфика модернизации системы телеметрии в ОАО «ОРЕНБУРГГОБЛГАЗ» // И.В. Канатов, П.В. Белоновский Теплогазоснабжение: состояние, проблемы, перспективы. Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ООО «НикОС». – С.33-38.
4. Р Газпром 2-1.17-720-2013 Газораспределительные системы. Типовые технические решения к построению электронных схем газоснабжения на базе электронных схем местности. М.: Стандартинформ, 2015 – С. 13-29.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Изосимова Т.А., Максимова М.В.

Волжский филиал МАДИ, РФ, г. Чебоксары

Процесс изготовления печатных плат является многоэтапным и сложным видом производства. При этом система диагностирования качества печатных плат является одной из важнейших задач этапов производства, так как высокая плотность проводников и минимально допустимые отклонения в производстве высокотехнологичных печатных плат (ПП) предъявляют высокие требования к качеству изделий.

Дефектом при осуществлении контроля является отклонение элементов топологии на объекте (изображение или фотошаблон печатной платы) от проектной документации вследствие погрешностей при производстве, таких как несоответствие температурных и временных режимов производства [2]. На рисунке 1 приведены некоторые типы дефектов ПП.

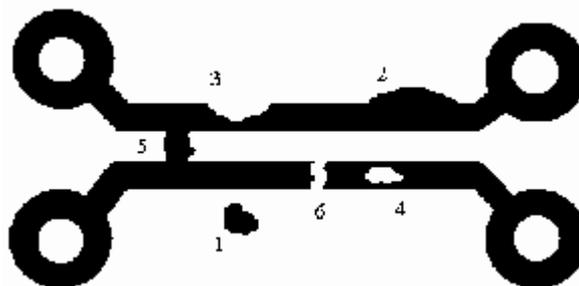


Рисунок 1. – Дефекты печатной платы: 1 - островок; 2 - выступ; 3 - вырыв; 4 - прокол; 5 - короткое замыкание; 6 - разрыв

С развитием аппаратных и программных технологий на базе машинного зрения, для решения данных задач актуальным стало использовать автоматизированные системы управления процесса диагностики (АСУ ПД). Разработка любой АСУ не возможна без специализированных средств автоматизации проектирования, представляющих собой организационно-техническую систему, которая состоит из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации. На первом этапе необходимо разработать функциональную модель самого процесса диагностики.

На основе анализа методов контроля качества печатных плат [1], функционально система диагностики должна включать следующие этапы:

1. Импорт данных из систем CAD/CAM и создание эталона.
2. Задание параметров погрешности и допусков модели.
3. Анализ и обработка шаблона, полученного со сканера.
4. Автоматическое совмещение шаблона с эталоном.
5. Поиск дефектов.
6. Формирование БД дефектов плат и вывод отчетности.

На основе этого разработана функциональная модель технологического процесса диагностики ПП в нотации IDEF0. В качестве инструмента выбрана программная платформа для разработки графических моделей бизнес-процессов (поддерживаются нотации IDEF0 и DFD) Ramus Educational.

IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – это методология функционального моделирования. С помощью наглядного графического языка IDEF0, изучаемая система предстает перед разработчиками и аналитиками в виде набора взаимосвязанных функций или работ. Модель в нотации IDEF0 представляет собой совокупность иерархически упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм.

На рисунке 2 приведена диаграмма декомпозиции первого уровня, состоящая из 4 основных функциональных блоков:

- A1 «Сканирование платы» – получение снимка печатной платы.
- A2 «Предварительная обработка изображения» – бинаризация снимка, коррекция угла поворота и масштабирование.

Полученное полутоновое изображение приводится к бинарному виду с использованием порога B_{ts} :

$$B_{ts} = 1/2 \cdot (B_{\max} - B_{\min}), \quad (1)$$

где B_{\max} , B_{\min} – максимальное и минимальное значение яркости изображения.

На бинарном изображении производится поиск всех контактных площадок и формируется список контактных площадок для эталонного и тестового изображения. Эталонный и тестовый списки сравниваются для их проверки.

– А3 «Поиск дефектов» – определение дефектов на основе алгоритма сравнения с эталоном и использования операторов математической морфологии «отмыкания» и «замыкания».

– А4 «Формирование ведомости дефектов» – формирование векторного описания всех найденных дефектов печатной платы.

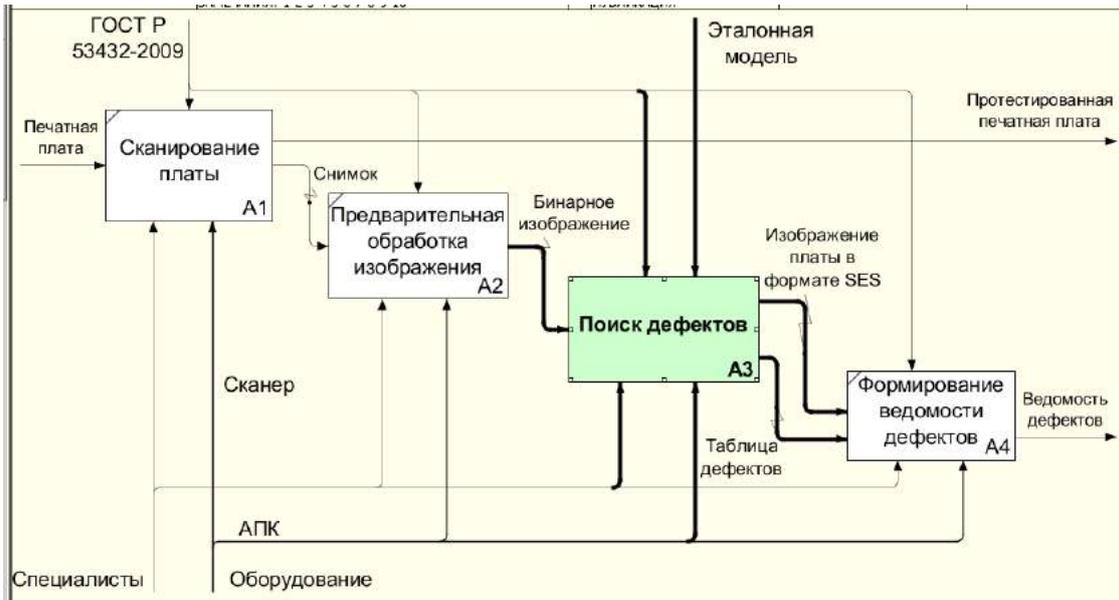


Рисунок 2. – Функциональная модель «Диагностика печатных плат» (диаграмма декомпозиции)

Алгоритм поиска дефектов представлен диаграммой декомпозиции второго уровня (см. рис. 3) функциональной модели.

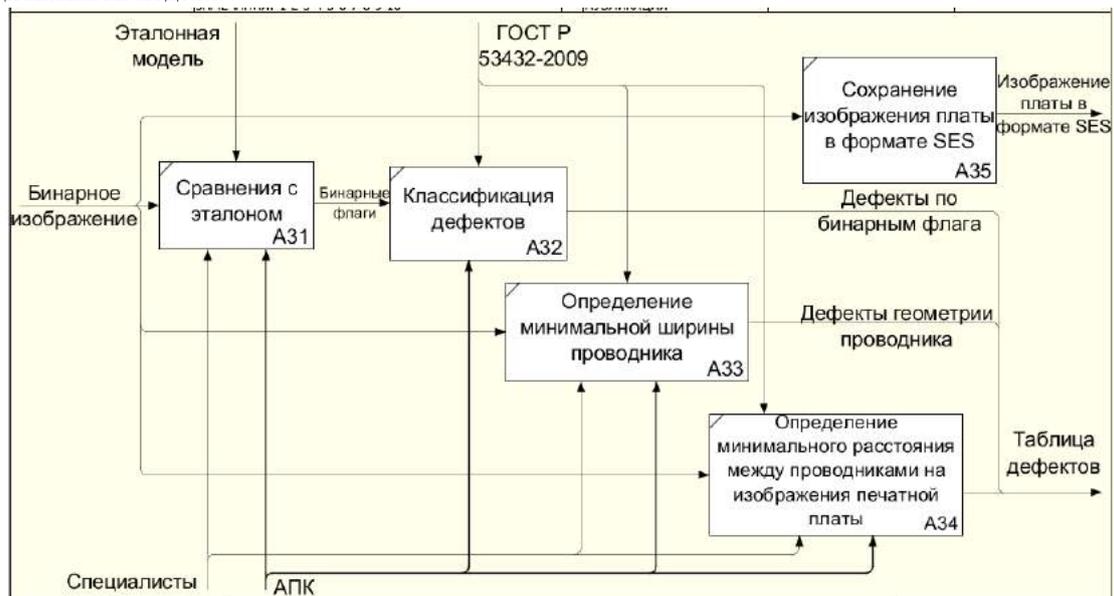


Рисунок 3. – Диаграмма декомпозиции второго уровня функционального блока А3 «Поиск дефектов»

Функциональный блок «Поиск дефектов» включает в себя следующие операции (A31...A35):

– A31 «Сравнение с эталоном» - путем сравнения бинаризованных изображений эталонной платы и тестового образца локализуются дефекты исследуемой печатной платы и определяются геометрические параметры дефекта (длина, высота и площадь).

– A32 «Классификация дефектов» – определение класса дефектов с помощью бинарных флагов, которые зависят от значения яркости для всех пикселей найденного дефекта и соседних с ним пикселей (таблица 1).

Таблица 1 – Определение типа дефекта по бинарным флагам

Пиксели дефекта принадлежат объекту	Дефект касается объекта	Дефект касается фона	Дефект касается только одного объекта	Вид дефекта
Да	Да	Да	Да	Выступ
Да	Да	Да	Да	Короткое замыкание
Да	Нет	Нет	Нет	Островок
Нет	Да	Нет	Да	Прокол
Нет	Да	Да	Да	Вырыв
Нет	Да	Да	Нет	Обрыв

– A33 «Определение минимальной ширины проводника» - используя оператор математической морфологии «отмыкания» локализуются точки участков проводника с шириной меньше, чем задано согласно конструкторско-техническим нормам (КТН) [1]:

$$R_{\min\text{wide}}(A,B) = A - \text{OPEN}(A,B), \quad (2)$$

где A – бинарное тестовое изображение печатной платы, B – круглый структурирующий элемент, диаметр которого равен минимальной ширине проводника согласно КТН.

– A34 «Определение минимального расстояния между проводниками на изображении печатной платы» - используя оператор математической морфологии «замыкания» локализуются участки платы, где расстояние между проводниками меньше, чем требуется согласно КТН [1]:

$$R_{\min\text{dist}}(A,C) = A - \text{CLOSE}(A,C), \quad (3)$$

где C – круглый структурирующий элемент, диаметр которого равен минимальному расстоянию между проводниками согласно КТН.

– A35 «Сохранение изображения платы в формате SES».

Представленная функциональная модель поиска дефектов печатных плат на основе алгоритма сравнения с эталоном и использования операторов математической морфологии «отмыкания» и «замыкания» полностью отражает необходимый комплекс мероприятий проверки качества выпускаемых изделий и может быть использована для построения автоматизированных систем диагностики высокотехнологичных печатных плат.

Список литературы

1. Система контроля топологии печатных плат / С.А. Байрак, А.А. Дудкин, А.В. Инютин и др. // Искусственный интеллект. – 2009. – №7. – С. 242- 247.
2. Doudkin A.A. The Defect and Project Rules Inspection on PCB Layout Image / A.A. Doudkin, A.V. Inyutin // International Journal of Computing – 2006. – Vol. 5, № 3. – P. 107-111.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УСТАНОВКИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УЛУЧШЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кириллов Д.Н.

УГНТУ, РФ, г. Уфа

Моделирование объектов добычи и подготовки нефти является трудоемкой задачей также вследствие большого числа элементов, входящих в объект моделирования, наличия большого числа

входных и выходных параметров, среди которых имеются как дискретные, так и аналоговые, функционирования элементов по различным алгоритмам, параметры которых могут быть связаны, например, посредством расходов и давлений, невозможности на этапе проектирования идентификации всех возможных состояний объектов и т.д.[1-3].

В качестве технологического объекта рассматривается сепаратор горизонтального типа (Рисунок 1). Разработка математической модели технологического объекта начинается с концептуального уровня, на котором определяются вектора входных и выходных параметров.

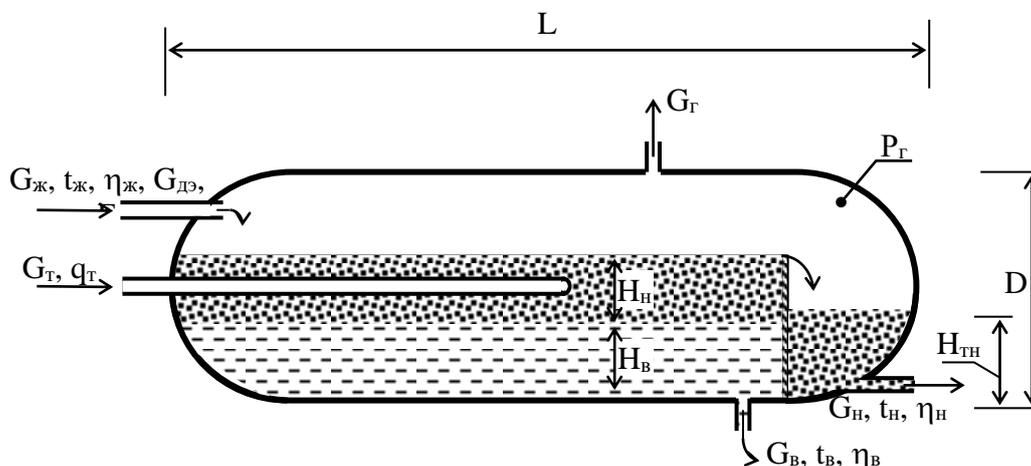


Рисунок 1

В качестве входных параметров выбираются параметры, которые зависят только от внешних факторов, но не от хода процесса в сепараторе. К входным параметрам отнесены также параметры, по которым уже организованы контуры регулирования. Остальные параметры отнесены к выходным. Таким образом, концептуальная модель принимает вид (Рисунок 2).

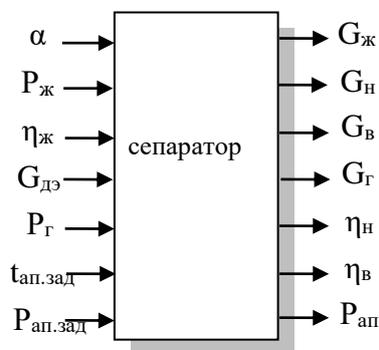


Рисунок. 2 - Концептуальная модели

На модели обозначены:

В качестве входных параметров модели одиночного сепаратора приняты:

- α – степень открытия входной задвижки АМ, %;
- $P_{ж}$ – давление жидкости перед входной задвижкой, атм;
- $\eta_{ж}$ – обводненность жидкости, поступающей в АМ;
- $G_{дэ}$ – расход деэмульгатора, добавляемого в жидкость на входе;
- $P_{г}$ - давление газа в выходной гребенке, атм;
- $t_{ап.зад}$ – заданное значение температуры нефти в АМ, °С;
- $P_{ап.зад}$ – заданное значение давления в АМ, атм.

Выходными параметрами являются:

- $G_{ж}$, $G_{н}$, $G_{в}$, $G_{г}$, - расходы жидкости в АМ, нефти, воды и газа из АМ соответственно, м³/сут;
- $\eta_{н}$ – обводненность нефти на выходе из АМ, %;

$\eta_{\text{в}}$ – загрязненность воды нефтью на выходе из АМ.

Среди контролируемых параметров можно выделить входные параметры, от которых зависит ход процесса, но они определяются сторонними процессами по отношению к рассматриваемым. Значения выходных параметров зависят от хода процесса.

Модель топологического уровня имеет вид (рисунок 3).

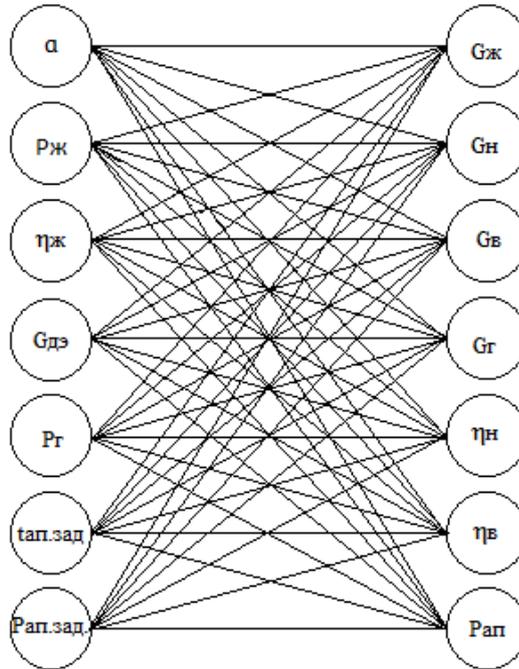


Рисунок 3.

В качестве математической модели предлагается использовать разностные уравнения как наиболее легко реализуемые в современных контроллерах и ПО. Разностные уравнения представляют собой функции, позволяющие определять текущее значение выходного сигнала по предыдущим значениям входных и выходных сигналов. Благодаря этому динамика объекта описывается в виде набора коэффициентов полинома от перечисленных значений сигналов.

Будем считать что технологический процесс протекающих при подготовке нефти имеет линейный вид. Поэтому рассмотрим разностное уравнение линейного типа.

Коэффициенты модели можно получить методом корреляционного анализа по исходным данным, которые обычно имеют вид таблиц с результатами измерений или в виде трендов.

Модель динамики объекта имеет вид

$$Y(t) = G(X(t)),$$

где $X = \{x_i\}$, $i = 1..n_x$ – вектор входных параметров;

$Y = \{y_j\}$, $j = 1..n_y$ – вектор выходных параметров;

G – оператор связей;

t – дискретное время (номер такта функционирования модели).

Реальное значение времени определяется как $t_p = t \Delta T$, где ΔT – шаг по времени. Реальные значения моделируемых сигналов

$$\begin{aligned} Y_p(t) &= Y(t) + \xi_{\text{вых}}(t), \\ X_p(t) &= X(t) + \xi_{\text{вх}}(t), \end{aligned}$$

где $\xi_{\text{вх}}$ и $\xi_{\text{вых}}$ – вектора помех входных и выходных сигналов.

Рассматривается стационарная динамическая система, описываемая линейным разностным уравнением вида:

$$y_j(t) = A_j \cdot Y_j(t) + \sum_{i=1}^{n_x} B_{ji} \cdot X_i(t) + c_j, \quad (2)$$

где $A_j = \{a_{j,p}\}$, $p = 1..r$ и $B_{ji} = \{b_{ji,q}\}$, $q = 0..r$ – векторы-строки коэффициентов;
 r – порядок разностного уравнения;
 $Y_j(t) = \{y_{j,p}\}$, $y_{j,p} = y_j(t - p)$ – вектор-столбец предыдущих значений параметра y_j ;
 $X_i(t) = \{x_{i,q}\}$, $x_{i,q} = x_i(t - p)$ – вектор-столбец текущего и предыдущих значений параметра x_i ;
 c_j – свободный член полинома.

В процессе идентификации значения векторов $X_i(t)$ и $Y_j(t)$ берутся как выборка из массива экспериментальных данных объемом r . Искомыми являются свободный член c_j и векторы A_j и B_{ji} , которые в большинстве методов определяются итерационно путем минимизации квадратичного критерия близости расчетных и экспериментальных значения моделируемой переменной. Недостатками данных методов являются большой объем вычислений, неопределенность количества итераций, отсутствие гарантии определения глобального минимума критерия, поэтому предлагается метод, основанный на корреляционном анализе исходных данных.

Введем в рассмотрение вектор-строку коэффициентов

$$K = (A_j | B_{j,1} | B_{j,2} | \dots | B_{j,nx} | c_j)$$

и вектор - столбец операндов разностного уравнения на момент времени t

$$H(t) = (Y_j(t) | X_1(t) | X_2(t) | \dots | X_{nx}(t) | 1),$$

тогда (2) примет вид

$$y_j(t) = K \cdot H(t).$$

Вектор K определяется путем решения системы уравнений вида

$$D \cdot K = E,$$

где

$$D = \{d_{ij}\}, \quad d_{ij} = \sum_{t=1}^{N-r} h_i(t) \cdot h_j(t),$$

$$E = \{e_i\}, \quad e_i = \sum_{t=1}^{N-r} h_i(t) \cdot y(t),$$

$$H(t) = \{h_i(t)\}.$$

Результатом расчета являются коэффициенты разностного уравнения.

Для имитационного моделирования технологических объектов, а так же для оптимизации настроечных коэффициентов регуляторов наиболее часто используемым видом математических моделей является ПФ, коэффициенты которого могут быть найдены по коэффициентам РУ.

Таким образом обобщенный алгоритм автоматической настройки локальных регуляторов по наблюдаемым на технологическом объекте УПН данным, включает в себя следующие шаги:

- 1) подготовка исходных данных (по записям контролируемых параметров, режимным листам, трендам);
- 2) вычисление коэффициентов корреляции между входными и выходными параметрами
- 3) получение коэффициентов РУ;
- 4) определение коэффициентов ПФ по коэффициентам РУ;
- 5) вычисление настроечных коэффициентов регуляторов по полученным математическим моделям в виде ПФ по известному методу (формульному, Циглера-Никольсона, D - разбиению, по желаемым характеристикам и т.д.).

Перечисленные шаги являются достаточно хорошо алгоритмизируемыми, что позволяет реализовывать их в виде программ для компьютеров и контроллеров, и строить системы улучшенного управления, обладающие возможностью автоматической самонастройки в случае необходимости.

Список литературы

1. Вережкин А.П., Ельцов И.Д., Кирюшин О.В. Задачи усовершенствованного управления в технологических процессах добычи и транспорта нефти. // Территория Нефтегаз, № 5, 2007. – С. 14 – 17.

2. Веревкин А.П., Зозуля Ю.И., Кирюшин О.В. Adaptive control system development of oil preparation process for optimizing technical and economic parameters //Электронное издание «Нефтегазовое дело». Т.5. №1.-2007. -С. 241.
3. Веревкин А.П., Кирюшин О.В. Проблемы повышения эффективности процессов управления процессами добычи и переработки нефти и газа.// Территория Нефтегаз, № 5, 2009. – С. 12 – 15.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГАРМОНИЗАЦИИ СТАНДАРТОВ

Мороз А.Ю.

МГТУ «Станкин», РФ, г. Москва

В работах [2, 3] была приведена информация, что в настоящее время гармонизация стандартов РФ нуждается в методическом сопровождении. Было установлено, что некорректная гармонизация стандартов РФ может привести к затратам всех видов ресурсов. Среди инструментов, применение которых способствует обеспечению рациональной гармонизации требований, рассматривался сопоставительный анализ требований зарубежного и российского стандартов [3]. Общие положения такого анализа стандартов были изложены в работе [4]. Для повышения производительности сопоставительного анализа требований при гармонизации было предложена автоматизация [3]. Однако на предварительных этапах сопоставительного анализа требований исполнителям целесообразно обеспечить поддержку принятия решений посредством методов системного подхода [5]. Так, если сопоставительный анализ выполняется в рамках международного проекта и стоит задача «какое требование реализовывать – зарубежное или российское?» специалистам целесообразна методическая поддержка принятия решения по соответствующим критериям. Среди таких методов целесообразно на конкретном примере разобрать метод анализа иерархий (далее - МАИ) при гармонизации требований стандартов.

В работе [3] отмечалось, что, например, при реализации международных проектов ракетно-космической промышленности особый интерес для гармонизации представляют стандарты ECSS – Европейской кооперации по космической деятельности. В рамках примера применения МАИ предлагается рассмотреть принятие требования зарубежного стандарта ECSS-Q-ST-70C «Обеспечение качества космической продукции. Материалы, механические компоненты и процессы», не соответствующего стандартам РФ.

Настоящий стандарт определяет требования и указания по материалам, механическим компонентам и технологическим процессам (далее - ТП), а также устанавливает требования к документации. По итогам анализа данного стандарта были определены сопоставимые требования в 110 нормативных документах РФ из шести категорий стандартов. ECSS-Q-ST-70C декомпозирован на 80 требований. По результатам анализа определены следующие степени соответствия требований:

- «соответствие» – 75 требований;
- «слабое соответствие» – три требования;
- «несоответствие» – три требования.

Для применения МАИ разберем требование ECSS-Q-ST-70C, по которому определено «слабое соответствие»: «В проекте необходимо формировать перечень заявленных процессов проекта». В российской нормативной базе данное требование не регламентировано. Разработка перечня всех процессов создания изделий представляется в общем случае нецелесообразной, т.к. при создании изделия и его составных частей выполняется множество процессов. Из них большая часть ТП отработана ранее на аналогичных изделиях или является типовыми ТП. В российской практике создания РКТ разрабатываются документы «Перечень критичных технологических процессов» и «Сводный перечень особо ответственных операций». В связи с этим, необходимо принять решение, какое требование реализовывать: российское, европейское или консенсус-решения.

МАИ реализован согласно его описанию в работах [5, 6]. Однако во многих практических работах, например в [1], отмечается, что практике значения оценок предпочтения не всегда являются фиксированными, то при проведении анализа целесообразно оценивать влияние парных предпочтений показателей на окончательный результат (величину рейтинга альтернатив), что будет реализовано в примере. В качестве альтернатив консенсус-решения по разработке документа «Перечень процессов

проекта» были предложены:

A.1 Создать в проекте только перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций (российское требование);

A.2 Создать перечень процессов производства изделия;

A.3 Создать перечень процессов верификации и валидации;

A.4 Создать перечень процессов проектирования;

A.5 Создать перечень всех процессов (европейское требование).

В примере будет рассмотрена оценка альтернатив одним экспертом, но их может быть больше, исходя из потребностей организации. Одновременно в работе [5] отмечается, что консенсус означает увеличение уверенности в значениях приоритетов посредством привлечения нескольких экспертов для приведения приоритетов в соответствие с предпочтениями большинства. Следовательно, на практике следует привлекать несколько экспертов.

В качестве критериев оценки альтернатив определены следующие критерии:

K.1 Информативность для других работ проекта;

K.2 Степень автоматизации сбора необходимых данных;

K.3 Информативность и возможность применения для других проектов.

Согласно методологии МАИ установлены парные предпочтения критериев относительно друг друга и вычислены значения:

$$F_j = \sum_{i=1}^n f_{ij} \quad (1)$$

где f_{ij} – количественная оценка предпочтения i -го показателя перед j -м при парном сравнении ($j=1, \dots, 4$).

В таблице 1 проведена оценка предпочтительности критериев.

Таблица 1 Относительные парные предпочтения критериев

	Информативность документа для других работ проекта	Степень автоматизации сбора необходимых данных	Информативность и возможность применения для других проектов
Информативность документа для других работ проекта	1	1/4	2
Степень автоматизации сбора необходимых данных	4	1	4
Информативность и возможность применения для других проектов	1/2	1/4	1
F_i	5,5	1,5	7

По данным таблицы 1 вычислены значения весов показателей k_i (количественные выражения степени важности каждого показателя, табл. 2):

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (1)$$

$$b_{ij} = \frac{f_{ij}}{F_j} \quad (2)$$

Таблица 2 Количественные выражения степени важности каждого показателя

	Информативность документа для других работ проекта	Степень автоматизации сбора необходимых данных	Информативность и возможность применения для других проектов	Веса, k_i
Информативность документа для других работ проекта	0,18	0,16	0,28	0,2

Степень автоматизации сбора необходимых данных	0,72	0,66	0,57	0,65
Информативность и возможность применения для других проектов	0,09	0,16	0,14	0,13

Затем выполняется попарное сравнение вариантов разработки документа «Перечень процесса проекта» по заявленным ранее критериям: по информативности для других работ проекта (см. табл. 3); по степени автоматизации сбора необходимых данных (см. табл. 4); по информативности и возможности применения для других проектов (см. табл. 5). При этом вычислены веса альтернатив a_m , по формулам аналогичным (1)-(3). Полученные величины весовых коэффициентов использованы для вычисления представленных в таблице 6 количественных оценок итогового предпочтения альтернатив (рейтинг):

$$R_m = \sum_{j=1}^n k_j a_{m,j}, (4)$$

Таблица 3 Предпочтения альтернативных решений по информативности

Альтернативные решения	Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций	Перечень процессов производства изделия	Перечень процессов верификации и валидации	Перечень процессов проектирования	Перечни всех процессов	Веса, a_{1i}
Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций (российское требование)	1	1/5	3	2	3	0,25
Перечень процессов производства изделия	5	1	4	4	2	0,43
Перечень процессов верификации и валидации	1/3	1/4	1	2	2	0,14
Перечень проектирования	1/2	1/4	1/2	1	¹ / ₂	0,07
Перечни всех процессов (европейское требование)	1/3	1/2	1/2	2	1	0,11

Под информативностью понимается, что документ возможно использовать как входную, в некоторых случаях – вспомогательную – информацию для других процессов проекта. Учитывая, что перечень КТП и ООО содержит информацию о процессах наиболее влияющих на качество и надежность изделия – главных показателях, принимаемые во внимание при планировании и выполнении всех процессов проекта – данный документ будет наиболее информативен по сравнению с другими альтернативами. Однако перечень процессов производства по определению несет больше информации и особенно информативен для разработки процессов валидации и верификации, что характеризуют выставленные оценки для

альтернативы «Перечень процессов производства». Перечень процессов верификации и валидации как самостоятельный документ может быть не информативен, т.к. в некотором смысле его заменяют другие обязательные документы. Поэтому введение нового документа с перечнем процессов верификации и валидации является нецелесообразным в части информативности. Процессы проектирования в сравнении с другими альтернативами не представляются информативными, хотя и выполняются в самом начале жизненного цикла. Европейское требование в форме разработки перечня всех процессов информативнее только по отношению к перечню процессов проектирования.

Таблица 4 Предпочтения альтернативных решений по степени автоматизации сбора необходимых данных

Альтернативные решения	Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций	Перечень альтернативы 1 совместно с перечнем процессов производства изделия	Перечень процессов верификации и валидации	Перечень процессов проектирования	Перечни всех процессов	Весы, a_{1i}
Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций (российское требование)	1	1/2	2	2	7	0,25
Перечень процессов производства изделия	2	1	3	2	7	0,3
Перечень процессов верификации и валидации	1/2	1/3	1	3	7	0,23
Перечень процессов проектирования	1/2	1/2	1/3	1	7	0,19
Перечень всех процессов (европейское требование)	1/7	1/7	1/7	1/7	1	0,03

Степень автоматизации при оценке альтернатив рассматривается как средство, снижающее трудоемкость разработки документа. Рассматривая организацию ракетно-космической промышленности, необходимо отметить, что информационные потоки всех основных процессов автоматизированы. По процессам проекта создаются системы, формирующие планы собственных работ подразделений по проектам. По сравнению с другими альтернативами наиболее полно автоматизированы информационные процессы производства. Процессы производства наиболее трудоемкие и, следовательно, жестко нормируются и отслеживаются. Автоматизация данных по другим процессам также достаточно внедрена. Выполнение процессов проектирования постепенно автоматизируется. Однако по объему автоматизация уступает процессам производства и верификации и валидации. Формирование перечня всех процессов проекта (в т.ч. процессов менеджмента) с помощью автоматизированных средств в полном объеме затруднительно.

Таблица 5 Предпочтения альтернативных решений по информативности и возможности применения для других проектов

Альтернативные решения	Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций	Перечень процессов производства изделия	Перечень процессов верификации и валидации	Перечень процессов проектирования	Перечень всех процессов	Веса, a_{1i}
Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций (российское требование)	1	5	3	2	5	0,4
Перечень процессов производства изделия	1/5	1	1/5	1/3	1	0,06
Перечень процессов верификации и валидации	1/3	1/5	1	3	5	0,23
Перечень процессов проектирования	1/2	3	1/3	1	5	0,24
Перечень всех процессов (европейское требование)	1/5	1	1/5	1/5	1	0,06

Информатизация и возможность применения для других проектов рассматривается в том смысле, что документ возможно с доработками применить для каких-либо процессов другого проекта, в т.ч. для анализа и выработки новых решений. Наибольшей информативностью будут обладать процессы, непосредственно связанные с качеством и надежностью: КТП и ООО, а также валидации и верификации. Это отражено в оценках эксперта.

Таблица 6 Итоговая рейтинговая таблица при исходных предпочтениях

Альтернативы	Критерии			Рейтинг
	Информативность документа для других работ проекта	Степень автоматизации сбора необходимых данных	Информативность и возможность применения для других проектов	
Перечни критичных технологических процессов и особо ответственных операций (российское требование)	0,05	0,163	0,052	0,265
Перечень процессов производства изделия	0,086	0,195	0,008	0,29
Перечень процессов верификации и валидации	0,028	0,15	0,03	0,208
Перечень альтернативы 1 совместно с перечнем проектирования	0,038	0,123	0,03	0,191

Перечни всех процессов (европейское требование)	0,006	0,02	0,008	0,034
---	-------	------	-------	-------

Полученные значения рейтинга альтернатив говорят о том, что предпочтение в пользу создания/разработки документа «Перечень процессов производства». Данный документ, несомненно, также является трудоемким. Однако принимается во внимание, что, несмотря на опытное производство, многие процессы являются типовыми и собрать информацию в целом возможно и целесообразно. В качестве конкретизации принятого решения, как отмечалось выше, можно как привлечь больше экспертов для оценки альтернатив, так и ввести дополнительные критерии и альтернативы.

Представленный пример поддержки принятия решения при выполнении сопоставительного анализа требований зарубежного стандарта и российских нормативных документов подтверждает целесообразность применения метода анализа иерархий. При необходимости выполнение МАИ может быть автоматизировано.

Список литературы

1. Кукарцева А.А., Пикулин В.В., Выбор варианта создания системы управления требованиями с использованием метода анализа иерархий//Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 2 (18). – С. 195–203.
2. Мороз, А.Ю., Проблематика гармонизации зарубежных нормативных документов на национальном уровне в России / А.Ю. Мороз // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2016. – № 3. – С. 23-26.
3. Мороз, А.Ю., Оценка гармонизации зарубежных нормативных документов на национальном уровне в России / А.Ю. Мороз // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2016. – № 1 (129) – С. 87-90.
4. Мороз А.Ю., Общие положения сопоставительного анализа требований зарубежных и российских нормативных документов // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2016. – № 8 – С. 12-15.
5. Салугин, А.Н., Введение в системный анализ. Методы принятия управленческих решений: Учеб. пособие / Салугин А.Н. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2015 – 294 с.
6. Саати, Т., Принятие решений. Метод анализа иерархий /Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Таланова Ю.В.

МТУ, РФ, г. Москва

В современном мире одним из важнейших факторов успешного хозяйствования и ведения бизнеса является умение владеть и грамотно использовать информацию. В наши дни с определенной периодичностью возникает проблема проведения анализа порой с заделом на будущее в различных сферах деятельности. Для этого организации должны стремиться обладать совершенными и/или новейшими информационными технологиями. Не менее важным представляется использование современного инструментария.

Актуальность настоящей работы обусловлена тем, что в настоящее время часто встречаются задачи, которые в качестве решения требуют построения прогноза, а также максимально точных и быстрых действий и решений.

Под моделированием понимается процесс замещения оригинала исследуемого объекта некоторым условным образом, описанием или иным объектом, который называется моделью. Данная модель обеспечивает аналогичное с оригиналом поведения в рамках предполагаемых допущений и приемлемых погрешностей исследований [1].

Математическое моделирование выполняется с целью изучения различных характеристик заменяемого оригинала путем исследования его моделей. Процесс моделирования оправдан в том случае, если он менее сложный, чем создание оригинала, а также, если его целесообразно создавать.

Математическое моделирование является эффективным средством исследования, позволяющим, не прибегая к непосредственному изучению объекта, получить интересующую информацию о его свойствах и поведении в той или иной ситуации [2,3,4].

Требования к математической модели задаются в рамках решаемой задачи. Рассмотрим общие требования к моделям:

- адекватность – приближенное к оригиналу описание свойств моделируемого объекта;
- полнота – отображение исследователю необходимой информации об объекте;
- гибкость – способность моделирования всех возможных ситуаций, которых охватывают все условия и параметры;
- приемлемая трудоемкость разработки с учетом имеющихся в наличии ресурсов [5].

Процесс моделирования представлен на рисунке 1.

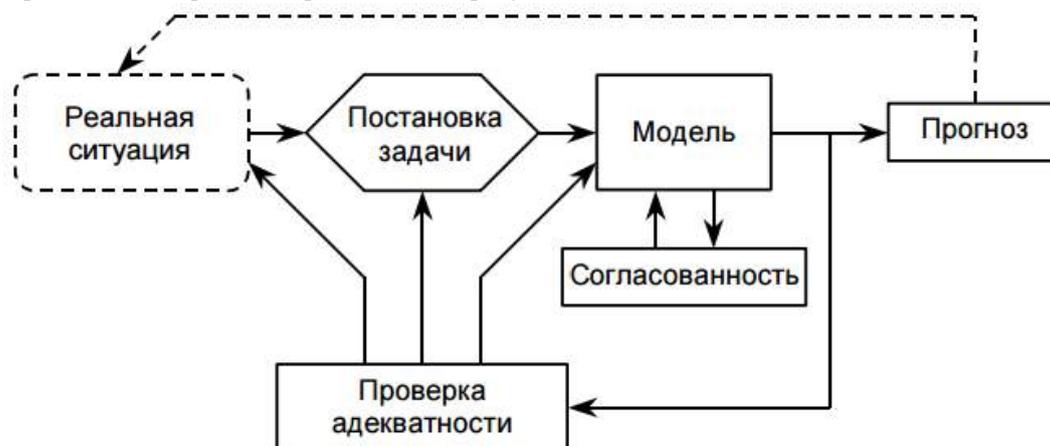


Рис.1. Математическое моделирование

Ключевым вопросом, влияющим на математическое моделирование, становится подбор необходимых факторов и интерпретация полученных результатов. Это необходимо в связи с тем, что должно исполняться главное требование к математической модели – согласованность полученных результатов численного анализа с данными наблюдений и экспериментальных исследований [6].

Наиболее приемлемыми моделями прогнозирования в последнее время стали математические построения при помощи нейронных сетей. Использование нейронных сетей позволяет снизить субъективность лица, принимающего решения, а также по анализу уже существующих данных предсказать возможный вариант с введением некоторых дополнительных воздействующих факторов. Также моделирование ситуации с применением обученной нейронной сети позволит не привлекать экспертов для решения ежедневных задач.

Нейронные сети – удобный инструмент для создания различных экспертных систем, решения задач классификации и извлечения знаний из данных. Рассматривая нейронную сеть как набор элементов, производящих некоторые вычисления над приходящими к ним данными, можно изучать решение главной и вспомогательных задач.

К главной задаче относятся функции генерации, обучения и тестирования нейронных сетей. Вспомогательные задачи: определение значимости входных сигналов, контрастирование нейронных сетей, обучение примеров, определение минимального решающего набора входных параметров, получение логически прозрачной нейронной сети и, в конечном счете, знаний из данных. Для решения этих задач разработан и используется математический аппарат искусственных нейронных сетей. Архитектуры и алгоритмы позволяют обучать и тестировать нейронные сети, решать различные задачи обработки данных.

Нейронные сети представляют собой совокупность однотипных базовых элементов – нейронов, соединенных между собой линиями передачи информации, или синаптическими связями с определенными коэффициентами веса. Выделяют группу связей, по которым сеть получает информацию из внешнего мира, и группу выходных связей, с которых снимаются выдаваемые сетью сигналы. Нейронные сети применяются для решения различных задач классификации и прогнозирования. Нейронная сеть обучается решению

задачи на основании некоторой обучающей выборки – «задачника», состоящего из набора пар «вход–требуемый выход», и далее способна решать примеры, не входящие в обучающую выборку.

Ключевым аспектом является проверка точности выстраиваемых моделей прогнозирования и корректность вычислений. Для обеспечения точности прогноза необходимо, чтобы сеть вычисляла производную от ошибки по весам. Этот процесс в большинстве случаев осуществляется посредством алгоритма обратного распространения.

В процессе реализации данного алгоритма, требуется математическое описание нейронной сети. Это происходит в следующем порядке [7].

Определяется, что j – элемент выходного слоя, i – элемент предшествующего выходному слою. Активность элемента выходного слоя определяется двумя вычислениями. Рассчитывается суммарный взвешенный вход S :

$$S = \sum_{i=0}^n X_i * W_i \quad (1),$$

где X_i – множество входных сигналов;

W_i – величина синаптической связи (вес).

После чего рассчитывается активность $f(s)$:

$$f(s) = 1/(1 + e^{(-as)}) \quad (2),$$

Сеть, имея расчет активности выходных элементов, определяет значение ошибки:

$$E_j = \frac{1}{2} * \sum_{j=1}^p (Y_j - D_j)^2 \quad (3),$$

где Y_j – уровень активности j -го элемента в верхнем слое, а D_j – целевой выход j -го элемента, p – число нейронов на выходном слое.

Если типы классифицируемых объектов известны заранее, то обучение производится с «учителем» (то есть на основе сравнения эталонного и текущего значения выхода), так как заранее известно какой выход соответствует определённому типу объектов.

Первый этап обучения нейросети заключается в изменение весов согласно дельта-правилу:

$$\delta_j = d_j - y_j, \quad (4)$$

где δ_j – величина ошибки на j – ом выходе, d_j – ожидаемое значение j – го выхода, y_j – реальное значение j – го выхода до применения функции $\varphi = th(s)$.

$$w_{ij}(t + 1) = w_{ij}(t) + \delta_j x_i \eta, \quad (5)$$

где $w_{ij}(t + 1)$ – значение веса на $t + 1$ шаге обучения, $w_{ij}(t)$ – значение на t шаге, δ_j – величина ошибки, x_i – значение входа, η – коэффициент скорости обучения.

Первоначально η – количество типов классифицируемых объектов, для того, чтобы быстрее приблизиться к оптимальному множеству весовых коэффициентов, но впоследствии, чтобы нейросеть не пропустила минимум ошибки (4) следует уменьшать η согласно числу шагов обучения (6).

$$\eta_{t+1} = \gamma \eta_t, \quad (6)$$

где γ – скорость уменьшения η ($0 < \gamma < 1$), t – номер шага.

Изменение веса зависит от величины ошибки δ : если ошибка равна 0, то вес изменяться не будет, в противном случае он будет корректироваться для усиления соответствующей связи ($\delta > 0$) или для ослабления ($\delta < 0$).

Таким образом, благодаря описанным методам возможно не только исследование динамики распространения явления под влиянием различных внешних условий, а также моделирование параметров для осуществления прогнозирования с заданной степенью точности.

Список литературы

1. Алексеев Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация / Г.В. Алексеев. - СПб.: Гиорд, 2014. - 272 с.
2. Лобова Светлана Владиславьевна, Понькина Елена Владимировна, Боговиз Алексей Валентинович Проблемы математического моделирования экономических кластеров как системы взаимосвязанных целей участников // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2011. №4.

3. Смирнова Э.Е., Таланова Ю.В., Шмелева А.Г. Эффективные методы управления проектами транспортной отрасли. Качество. Инновации. Образование. 2016. с.225-230.
4. Шмелева А.Г., Таланова Ю.В. Оценка инновационных технологий на основе когнитивного моделирования. Международная научно-техническая конференция «информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» («МНТК ФТИ-2017») с.328-330.
5. Зарубин В. С., Кувыркин Г. Н. Особенности математического моделирования технических устройств //Математическое моделирование и численные методы. – 2014. – №. 1. – С. 5-17.
6. Жирков А.М. Математическое моделирование систем и процессов: Учебное пособие / А.М. Жирков, Г.М. Подопригора, М.Р. Цуцунава. - СПб.: Лань КПП, 2016. - 192 с.
7. В.А. Головки. От многослойных перцептронов к нейронным сетям глубокого доверия: парадигмы обучения и применение. В сб.: Нейроинформатика-2015. XVII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Лекции по нейроинформатике, с.47-84. НИЯУ МИФИ, 2015.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Широков П.С., Алексеев А.Ф.

Казанский национальный исследовательский технический университет –
КАИ им. А.Н. Туполева

Прогнозирование и планирование потребления энергоресурсов является важной задачей, поскольку является базовым элементом для снижения затрат на энергоресурсы. Активное развитие промышленности ведет к значительному росту потребления энергетических ресурсов. Одновременно просматривается тенденция возникновения дефицита энергоресурсов. В связи с этим возникает острая необходимость рационального использования энергоресурсов в промышленности как крупнейшем потребителе.

Любой процесс изменения потребления энергоресурсов является результатом потребления электроэнергии, воды, газа, тепловой энергии системами инженерной и технической инфраструктуры и представляет собой временной ряд показаний приборов учета потребления энергоресурсов.

Ранее в [1] мы рассматривали применение искусственной нейронной сети в задаче прогнозирования и рационального использования энергоресурсов предприятия на базе нейросетевого моделирования. В текущей работе будет рассмотрено продолжение научной работы, и речь пойдет о возможности применения рекуррентных нейронных сетей для решения задачи прогнозирования потребления энергоресурсов.

К одному из сложных видов искусственных нейронных сетей (ИНС) относятся рекуррентные, в которых имеются обратные связи. В первых рекуррентных ИНС главной идеей было обучение своему выходному сигналу на предыдущем шаге. Рекуррентные сети реализуют нелинейные модели, которые могут быть применены для оптимального управления процессами, изменяющимися во времени, то есть обратные связи позволяют обеспечить адаптивное запоминание прошлых временных событий [3].

В качестве примера рекуррентной сети будем использовать сеть Элмана. Пример архитектуры сети Элмана показан на рис. 1. Выходы скрытого слоя $\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ подаются с временной задержкой на входные нейроны с весовыми коэффициентам $\{w_{ij}\}^{-1}$, где i – индекс нейрона, на который подается сигнал ($i = 1, 2, \dots, n$), j – индекс выходного сигнала нейрона скрытого слоя ($j = 1, 2, \dots, k$) [3]. При $m=0$ нейронная сеть Элмана будет соответствовать структуре нейронной сети типа MLP – многослойный перцептрон.

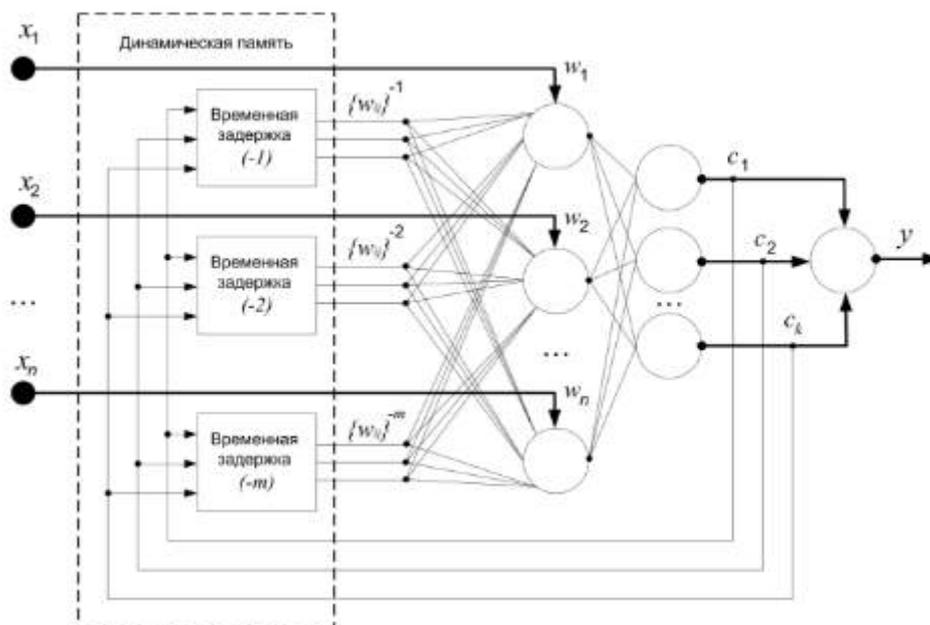


Рис. 1. Пример архитектуры сети Элмана

В силу того, что вход-выходные данные содержат большое количество неопределенностей, это сильно влияет на результат прогнозирования. В [2] мы рассматривали один из способов снижения степени ошибки, путем подготовки входных данных и кодирования сигнала на входе нейронной сети. Использование рекуррентной сети Элмана позволяет решать задачу прогнозирования даже при наличии неопределенностей. Сеть Элмана, благодаря фиксированной обратной связи, хранит значение выхода искусственной нейронной сети за предыдущий шаг. Таким образом, неопределенность содержащаяся во временном ряде постепенно нивелируется, а вместе с ней нивелируется и ошибка, в результате чего точность прогноза увеличивается.

Рассмотрим алгоритм работы при использовании рекуррентной нейронной сети для решения задачи прогнозирования потребления энергоресурсов:

1. На первом шаге решается задача сбора и подготовка вход-выходных данных на основе показаний приборов учета энергоресурсов.
2. На втором шаге проходит процесс нормализации вход-выходных данных. Предложенный Лиля В.Б. и Пучковым Е.В. метод обучения рекуррентной нейронной сети в своей работе «Методология обучения рекуррентной искусственной нейронной сети с динамической стековой памятью» [3] позволяет свести процесс обучения рекуррентной сети к процессу обучения нейронной сети вида «многослойный персептрон», что значительно упрощает дальнейшую работу с искусственной нейронной сетью.
3. На третьем шаге определяется начальная структура нейронной сети, которая далее будет оптимизирована по структуре и параметрам. Применение генетического алгоритма для настройки весовых коэффициентов позволяет рассмотреть более широкое пространства поиска решения оптимальной структуры нейронной сети.
4. На четвертом шаге мы получаем готовую нейронную сеть, обученную по подготовленным на 2-ом шаге вход-выходным данным. Нейронная сеть опробуется на тестовой выборке и вычисляется отклонение. 3 и 4 шага повторяются до тех пор, пока отклонение не окажется ниже требуемого значения.
5. Вычисляется прогнозируемое значение на один шаг вперед.

Рассмотрев некоторые аспекты и зарубежные опыт практического применения рекуррентной нейронной сети можно сделать выводы, что применение рекуррентной нейронной в задачах прогнозирования позволяет получать более точные результаты, учитывать неопределенность и неполноту вход-выходных данных.

Список литературы

1. Широков П.С., Алексеев А.Ф., Нагавкин С.В «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»; //Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции «Развитие технических наук в современном мире» - г.Воронеж, 2016г. – 128с.
2. Широков П.С., Дегтярев А.Г. «Применение нейросетевого моделирования для решения задач прогнозирования и рационального использования энергоресурсов с автоматической подстройкой функций принадлежности и параметров нейронной сети» // Сборник научных трудов XI международной Чатаевской конференции «Аналитическая механика, устойчивость и управление», г.Казань, 2017г.
3. Лиля В.Б., Пучков Е.В. «Методология обучения рекуррентной искусственной нейронной сети с динамической стековой памятью» Международный журнал "Программные продукты и системы", Тверь, №4, 2014 г.
4. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. – Харьков: ТЕЛТЕХ, 2004. – 369 с.
5. J. L Elman. Finding structure in time. Cognitive Science, 14(2): 179-211, 1990.
6. S. Haykin. NeuralNetworks, a Comprehensive Foundation. Prentice Hall, 1999.
7. Haykin S.: Neural Networks and Learning Machines, 3rd Edition, Prentice Hall, 2008.
8. Hans-Georg Zimmermann, Christoph Tietz, Ralph Grothmann Forecasting with Recurrent Neural Networks: 12 Tricks Siemens AG, Corporate Technology Otto-Hahn-Ring 6, D-81739 Munich, Germany
9. ROESSLER, F.; TEICH, T. & FRANKE, S. NEURAL NETWORKS FOR SMART HOMES AND ENERGY EFFICIENCY DAAAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOOK 2012 pp. 305-314 CHAPTER 26
10. ROESSLER, F.; TEICH, T. & FRANKE, S. NEURAL NETWORKS FOR SMART HOMES AND ENERGY EFFICIENCY DAAAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOOK 2012 pp. 305-314 CHAPTER 26

СЕКЦИЯ №3.

ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

СЕКЦИЯ №4.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

АНАЛИЗ УСИЛИЙ И МОМЕНТОВ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОДНОЦИЛИНДРОВУЮ ПАРОВУЮ ТУРБИНУ СО СТОРОНЫ ПРИСОЕДИНЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА

Гаврилов П.Я.^{1,2}, Мурманский Б.Е.¹, Сосновский А.Ю.¹, Степанов М.Ю.^{1,2}

(Гаврилов П.Я.^{1,2}, Мурманский Б.Е., докт.техн.наук.¹, Сосновский А.Ю,
канд.техн.наук.¹,Степанов М.Ю.^{1,2})

¹ – Уральский Федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина,

² – АО «Уральский Турбинный завод», РФ, г. Екатеринбург

Изменение температурного состояния цилиндров паровых турбин сопровождается не только изменением их размеров, но и изменением размеров трубопроводов, присоединенных к турбине и вспомогательному оборудованию. Нормальная работа турбоустановки при изменении ее температурного состояния обеспечивается системой тепловых расширений (СТР) турбины.

Одной из причин затруднения тепловых расширений паровых турбин являются повышенные усилия и моменты, действующие на турбину со стороны трубопроводов [1].

Повышенные, негативно влияющие на работу СТР, усилия со стороны присоединенных трубопроводов могут быть вызваны:

- отклонениями от требований проектной и нормативной документации, допущенными при монтаже или ремонте трубопроводов;
- ошибками, допущенными при проектировании в результате принятия неверных решений по результатам расчетов трубопроводов на прочность и самокомпенсацию.

Традиционно проектные организации (в т.ч. заводы-изготовители паровых турбин) производят расчет трубопроводов только на прочность и самокомпенсацию для двух состояний: холодного и рабочего (полностью прогретого). Оценка усилий и моментов, действующих на основное и вспомогательное оборудование со стороны трубопроводов, на переходных режимах работы турбоустановки, как правило, не производится.

В настоящей работе авторы представляют разработанную ими методику анализа изменения усилий и моментов, приложенных к одноцилиндровой паровой турбине со стороны присоединенных трубопроводов во время проведения пусковых операций.

В качестве объекта исследования рассматривается одноцилиндровая теплофикационная турбина, работающая в составе парогазовой установки (ПГУ). Выбранная турбина в настоящий момент эксплуатируется на ряде станций.

В тепловой схеме и конструкции турбины реализован двухконтурный подвод пара от котла-утилизатора (контура высокого и низкого давления).

Основной особенностью работы турбины в составе ПГУ является отсутствие системы регенерации: в конструкции предусматриваются только отборы пара на производство и теплофикацию (реализован двухступенчатый подогрев сетевой воды с отбором пара на верхний и нижний сетевые подогреватели). К рассматриваемой турбине присоединены следующие паропроводы: четыре трубопровода подвода пара контура высокого давления (наружный диаметр $D_m=219$ мм; толщина стенки $S_m=28$ мм), два трубопровода подвода пара контура низкого давления ($D_m=219$ мм; $S_m=7$ мм), по два трубопровода отбора пара на верхний ($D_m=720$ мм; $S_m=9$ мм) и на нижний ($D_m=1000$ мм; $S_m=10$ мм) подогреватели сетевой воды. Отбор пара на производство в фактическом исполнении – не реализован. Также к турбине присоединены трубопроводы системы концевых уплотнений цилиндра, которые при анализе не учитывались, так как имеют диаметр менее 100 мм и, по мнению авторов, не влияют на общую картину перемещений. Общая протяженность рассчитываемых трубопроводов составляет более 260 м.

Методика анализа предполагает разбиение процесса пуска турбины на несколько характерных точек – квазистационарных режимов [2]. Исследуемые расчетные точки приняты с графика пуска турбины из холодного состояния, разработанного заводом-изготовителем.

Основные параметры для расчета трубопровода на прочность и самокомпенсацию – это давление в трубопроводе и температура металла трубопровода. Для оценочного анализа температура металла трубопроводов была принята равной температуре паровой среды.

Параметры пара, подводимого к турбине, приняты из графика пуска турбины. На этапе предварительного прогрева трубопроводов принималась температура пара на 10°C больше температуры насыщения, исходя из условия недопущения конденсации пара в трубопроводе. Значения температуры пара в трубопроводах отбора на теплофикацию приняты в соответствии с данными расчетов, выполненных с применением специализированного программного обеспечения, используемого заводом-изготовителем турбины.

Для расчета трубопроводов на прочность и самокомпенсацию применяется ряд специализированных программ [3], реализующих требования нормативной документации. В настоящей работе анализ усилий и моментов, действующих на турбину со стороны присоединенных трубопроводов, проводился с помощью ПО «СТАРТ». При расчете рассматривалась полная трасса трубопровода. Геометрия трубопроводов соответствует принятым проектным решениям, а также учтено тепловое расширение цилиндра турбины и вспомогательного оборудования.

С целью оценки влияния усилий и моментов от трубопроводов на турбину при расчете, все силы и моменты были перенесены в одну точку, относительно которой цилиндр турбины может поворачиваться в горизонтальной плоскости в пределах заданных зазоров. В рассматриваемой одноцилиндровой турбине принято, что такой точкой будет являться фикс-пункт (Рис. 1, а).

Для переноса сил в точку фикс-пункта (ФП), силы разложены на составляющие, сонаправленные с основными осями глобальной системы координат: вдоль оси X , оси Y и оси Z (Рис. 1,б).

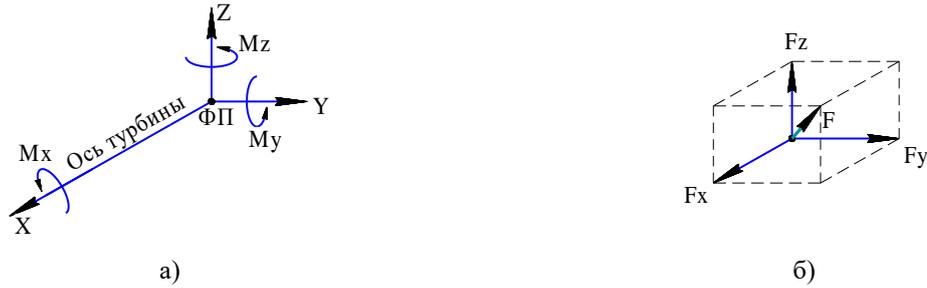


Рис. 1 – Принятые в методике системы отсчета

Далее согласно теореме Пуансона [4], сила F перенесена в точку ФП (см. Рис. 2). Силы F и F_2 создают крутящий момент вокруг оси Z :

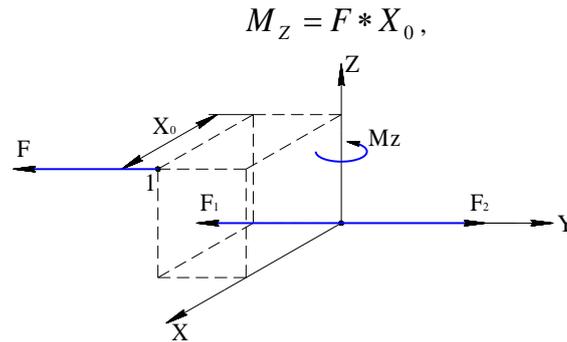


Рис. 2 – Проекция силы F

Считаем, что сила, стремящаяся повернуть тело, вокруг центра моментов в направлении, противоположном ходу стрелки часов, создает положительный момент, а по ходу стрелки часов – отрицательный. Тогда в данном случае момент вокруг оси Z является отрицательным (Рис. 2).

Вычислив все моменты от каждого трубопровода относительно ФП, необходимо их просуммировать. Суммирование моментов, лежащих в одной плоскости:

$$\Sigma M_X = F_Y * Z_0 + F_Z * Y_0 + M_X^{\text{II}},$$

$$\Sigma M_Y = F_X * Z_0 + F_Z * X_0 + M_Y^{\text{II}},$$

$$\Sigma M_Z = F_X * Y_0 + F_Y * X_0 + M_Z^{\text{II}},$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты точки действия приложенной силы F относительно ГСК, м;

F_X, F_Y, F_Z – силы, направленные вдоль осей ГСК;

$M_X^{\text{II}}, M_Y^{\text{II}}, M_Z^{\text{II}}$ – моменты, рассчитанные в программе «СТАРТ», приходящие на патрубки турбины со стороны трубопроводов.

Для удобства анализа полученные данные представлены в виде графиков. Величина момента, отображаемая на графике по оси ординат, рассчитывалась относительно максимального момента, полученного при расчете всех трубопроводов на исследуемом режиме. Величина временного промежутка, отображаемого по оси абсцисс и соответствующая определенному режиму, рассчитана относительно конечного момента времени пуска.

На рисунке 3 представлен график изменения суммарных моментов. Из графика видно, что моменты относительно осей X и Z скомпенсированы. Моменты относительно оси Y являются максимальными на протяжении всех пусковых операций (по модулю).

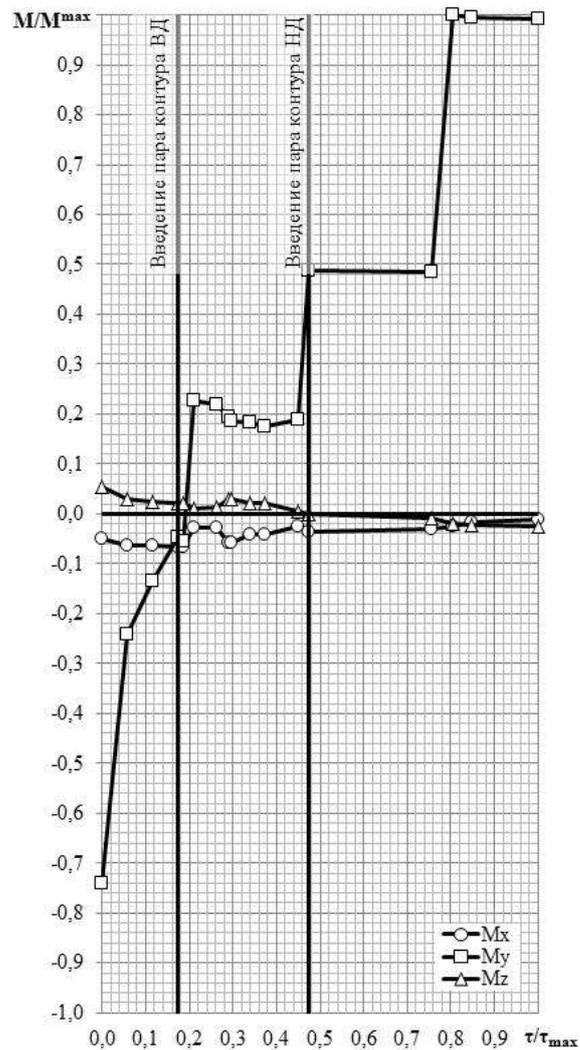


Рис. 3 – Суммарные моменты во время пуска турбины из холодного состояния

На рисунке 4 представлен график изменения моментов относительно оси Y . Как видно из графика, все моменты от основных трубопроводов имеют положительное значение на протяжении всего пуска, кроме 2-х трубопроводов нижнего подвода пара контура ВД. На предпусковых режимах эти трубопроводы имеют максимальную величину моментов (по модулю).

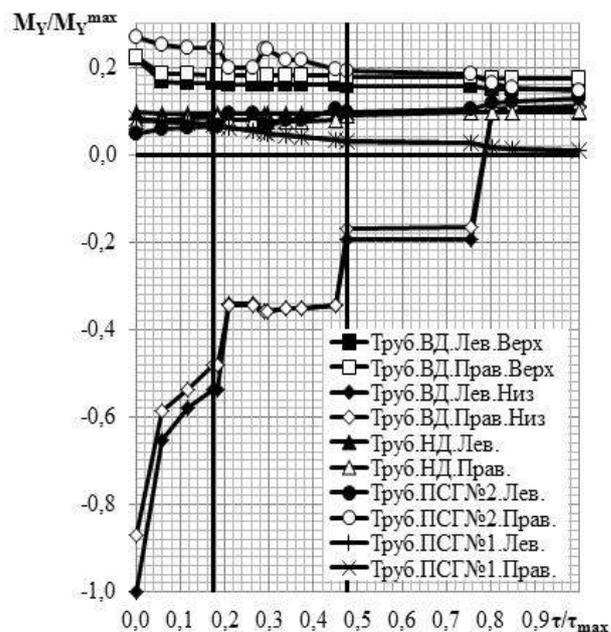


Рис. 4 – Моменты относительно оси Y во время пуска из холодного состояния

Полученные величины могут являться результатом сложной трассировки трубопроводов, связанной с компоновочными ограничениями. Для исключения негативного влияния этих трубопроводов на турбину требуется изменение схемы трассировки трубопроводов.

На рисунке 5 представлено изменение распределения весовой нагрузки на левую и правую опоры, установленные на фундаментную раму. Из графика видно, что уже на предпусковых операциях весовая нагрузка на фундаментную раму от опор различна. Сила $F_{\text{вес}}$, учитывает всю весовую нагрузку, действующую на фундаментную раму, кроме веса и усилий трубопроводов.

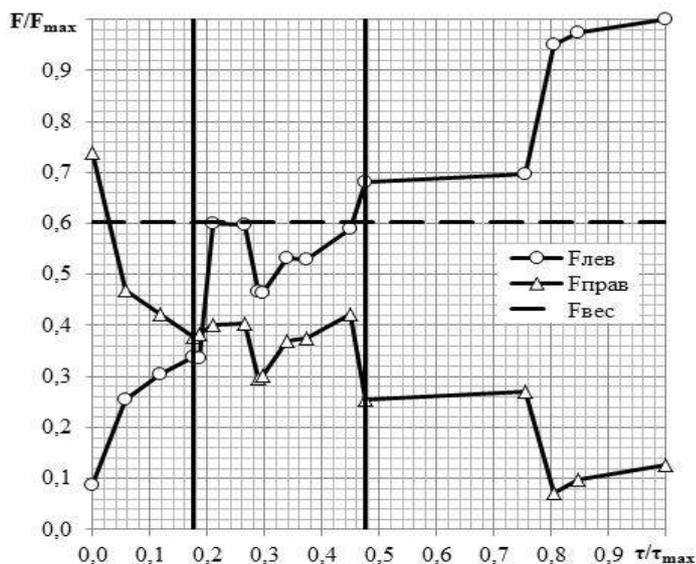


Рис. 5 – Весовая нагрузка на опоры

Согласно графику нагрузка на опоры на предпусковых операциях переключается с одной стороны на другую. При дальнейшей подаче пара в турбину и дальнейшего увеличения мощности эта величина

растет. Максимальная величина весовой нагрузки на опору приходится на конечный момент времени на левую сторону. Данная нагрузка почти в 9 раз больше нагрузки на противоположной стороне.

Выводы:

1. Разработанная методика позволяет оценить качественную и количественную картину изменения влияния трубопроводов на турбину.
2. Анализ выбранной одноцилиндровой турбины показал, что компоновочные ограничения не позволяют выполнить оптимальную и эффективную трассировку трубопроводов.
3. Наибольшее влияние на турбину оказывают трубопроводы нижнего подвода пара контура ВД, так как являются толстостенными с небольшим диаметром.
4. Трубопроводы, находясь в холодном состоянии, пытаются вытолкнуть цилиндр турбины вверх, т.е. приподнимают ее, во время прогрева, подвода пара и нагружения турбины, моменты, приходящие от трубопроводов постепенно меняют направление и начинают тянуть цилиндр вниз.

Список литературы

1. Комплексный подход к нормализации тепловых расширений / В.В. Ермолаев, А.Ю. Сосновский, А.И. Шкляр, Б.Е. Мурманский, М.В. Великович, М.В. Фертиков, М.М. Мительман, // Электрические станции. 2002. №5. С. 26-31
2. Зверков Б.В. Расчет и конструирование трубопроводов: Справочное пособие / Б.В. Зверков, Д.Л. Костовецкий, Ш.Н. Кац [и др.]; под ред. Б.В. Зверкова. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1979. – 246 с.
3. Сосновский А.Ю. Системы тепловых расширений паровых турбин: учебное пособие для вузов / А.Ю. Сосновский, Б.Е. Мурманский, Ю.М. Бродов; под общ. ред. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 132 с.
4. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов / Е.М. Никитин. 12-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 336 с.

НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Геркусов А.А.

дежурный электромеханик тяговой подстанции 330/110 «Лужская» КТН

Аннотация

В настоящей работе рассмотрены виды технических потерь электроэнергии в воздушных линиях электропередач общего назначения и проанализированы существующие методы расчета условно-постоянных и нагрузочных потерь электроэнергии. Проведена оптимизация суммарных относительных потерь электроэнергии по минимуму относительных дисконтированных затрат и определен ток минимальных затрат в линиях электропередачи. В качестве норматива технических потерь электроэнергии рекомендуется принимать значение относительных потерь электроэнергии соответствующих этому току.

Abstract

The paper discusses the types of technical losses of electricity in overhead power lines, utility and analyzed the existing methods of calculation of fixed and load losses. Optimization of the total relative energy loss at a minimum relative discounted costs and determined the current minimum cost in power lines. As the standard of technical losses it is recommended to take the value of the relative energy loss corresponding to this current.

Ключевые слова: линия электропередачи, технические потери электроэнергии, относительные дисконтированные затраты, ток минимальных затрат, норматив потерь электроэнергии.

Keywords: transmission line, technical losses relative discounted costs, the current minimum cost, the ratio of energy losses.

Введение. Одним из основных элементов электроэнергетических систем и систем электроснабжения народно-хозяйственных объектов являются воздушные и кабельные линии электропередачи, обеспечивающие транспорт электроэнергии от источников мощности до потребителей. Наибольший удельный вес в структуре электрических сетей занимают распределительные сети

напряжением 110 кВ и ниже. Однако всё чаще функции распределительных сетей выполняют линии напряжением 220 и даже 330 кВ, что связано с ростом электрических нагрузок и межсистемных перетоков мощности [1].

Потери электроэнергии в электрических сетях – один из важнейших экономических показателей работы электросетевого предприятия. Они отражают техническое состояние и качество эксплуатации электрических сетей, уровень морального и технического старения, систем сбора и учёта информации, эффективность энергосбытовой деятельности.

Уменьшение потерь электроэнергии в электрических сетях различного назначения – является одним из основных направлений реализации энергосберегающей политики в электроэнергетических системах страны [2, 3, 4, 5, 12, 13].

В стоимость услуг по передаче и распределению электроэнергии входит и стоимость её потерь. При установлении тарифа региональные энергетические комиссии анализируют обоснованность потерь, включаемых в тариф. Очевидно, что учёт в тарифе фактических потерь в полном объёме не будет стимулировать сетевые компании и потребителей к их снижению, хотя резервы для снижения потерь всегда имеются. В этих условиях возникает задача определения рационального уровня потерь, который должен быть включён в тариф, являющийся нормативом потерь.

Согласно [3, 4, 12], под нормативом потерь N понимают приемлемый по экономическим критериям уровень потерь, определяемый на основе расчёта потерь и анализа возможности снижения в планируемом периоде каждой составляющей их фактической структуры и представляющей собой отношение заданной составляющей абсолютных фактических потерь ΔW_{Σ} к расходуемой электроэнергии W .

Сверхнормативные потери являются убытком сетевой компании и должны компенсироваться из её собственной прибыли.

Нормирование потерь электроэнергии должно служить организационным инструментом мотивации энергоснабжающих организаций к проведению экономически обоснованных мероприятий по снижению потерь с целью снижения темпов роста тарифов на электроэнергию. Такое стимулирование необходимо в силу естественной монопольности энергоснабжения, и как следствие, невозможности задействовать для снижения тарифов эффективные рыночные механизмы [3, 4, 6, 7, 12].

Однако, несмотря на то, что разработка методов расчёта, анализа, нормирования потерь электроэнергии и выбора экономически обоснованных мероприятий по их снижению ведётся уже более 30 лет, до настоящего времени методология определения нормативов потерь не установлена. Не определены до конца даже принципы нормирования потерь. Так, например, в связи с недостоверностью сведений о нагрузках и потерях в распределительных электрических сетях напряжением 6 – 20 кВ, общепринятые расчётные методы определения и нормирования потерь дают значительные погрешности и искажения. Поэтому в таких СЭ вопрос по обоснованию норматива потерь является актуальным, также как по определению и оптимизации потерь во всех элементах такой СЭ. Мнения о подходе к нормированию лежат в широком диапазоне – от желания иметь установленный твёрдый норматив в виде процента потерь, до контроля за “нормальными потерями”, с помощью постоянно проводимых расчётов по схемам сетей с использованием соответствующего программного обеспечения [4, 12].

Норматив потерь на регулируемый период определяется, в настоящее время, приказом минпромэнерго РФ от 30.12. 2008 г, на основе расчёта технологических потерь электроэнергии за базовый (отчётный год, предшествующий году расчёта) и на регулируемый (год, следующий за годом расчёта) периоды по фактическим и прогнозным показателям баланса электроэнергии [4], по формуле:

$$N_{\text{НТПЭр}} = \frac{\Delta W_{\text{ТПЭр}}}{W_{\text{оср}}} \cdot 100 \quad (1)$$

Где $\Delta W_{\text{ТПЭр}}$ – абсолютные технологические потери электроэнергии на регулируемый период. Они определяются как:

$$\Delta W_{\text{ТПЭр}} = \Delta W_{\text{унр}} + \Delta W_{\text{нр}} + \Delta W_{\text{погр. р}} \quad (2)$$

Здесь: $\Delta W_{\text{унр}}$ – условно-постоянные потери на регулируемый период (потери на корону, в линейной изоляции ВЛ, на плавку гололёда); $\Delta W_{\text{нр}}$ – нагрузочные потери электроэнергии на регулируемый период;

$\Delta W_{\text{погр.р}}$ – потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями системы учёта электроэнергии на регулируемый период.

Рассчитываемый таким способом норматив потерь электроэнергии не мотивирует потребителей и электроснабжающие организации к повышению эффективности затрат, осуществляемых в различные годы энергосберегающих мероприятий. В связи с этим *целью* настоящей работы является разработка альтернативно существующей методики нормирования потерь электроэнергии, основанной на построении и оптимизации технико-экономической модели воздушной ЛЭП в параметры и режимы линий электропередач.

Виды технических потерь электроэнергии в ЛЭП и методы их расчёта.

Согласно [3, 4, 8, 12] технические потери электроэнергии состоят из условно-постоянных и нагрузочных потерь.

Нагрузочные (переменные) потери – это потери электроэнергии на нагрев в продольных элементах передаваемой по ним нагрузки. К ним относятся: потери в линиях электропередачи (воздушных и кабельных), шинпроводах, силовых трансформаторах и токоограничивающих реакторах [3, 8, 9].

Условно-постоянные потери – это часть технических потерь электроэнергии в элементах электрических сетей (поперечных ветвях схем замещения), независящая от передаваемой по элементам сети мощности.

Три составляющие условно постоянных потерь относятся к климатическим, т.е. к потерям зависящим от погодных условий. Для воздушных линий электропередачи, согласно [3, 4], к климатическим потерям относят:

- потери на корону в проводах ВЛ ΔW_k ;
- от токов утечки по изоляторам ВЛ $\Delta W_{\text{из.}}$;
- на плавку гололёда ΔW_r .

Допущение: Согласно [3], для отдельно взятой ВЛ сечением 95-330 мм² расчётный расход электроэнергии на плавку гололёда составляет 24-74 кВт.ч/км, что составляет $\approx 0,2\%$ от суммарных климатических потерь. Поэтому составляющая расхода электроэнергии на плавку гололёда в дальнейших расчётах не учитывается.

Нагрузочные потери ΔW_n электроэнергии в воздушной линии длиной **L** определяются:

$$\Delta W_n = 3I_{\text{нб}}^2 r_0 L \tau, \quad (3)$$

где $I_{\text{нб}}$ – ток максимума нагрузки ВЛ, А; r_0 – удельное активное сопротивление линии, Ом/км; τ – время максимума потерь, ч, определяемое по эмпирической формуле (формула Кезевича) [1, 2, 3, 4, 8, 12]:

$$\tau = (0,124 + 10^{-4} T_{\text{нб}})^2 \cdot 8760. \quad (4)$$

Здесь $T_{\text{нб}}$ – время использования максимума нагрузки, ч.

Потери электроэнергии на корону в линиях ΔW_k , согласно [3, 4, 5], определяется на основе данных об удельных потерях мощности, приведенных в справочной технической литературе [3, 9, 10, 12] и о продолжительности видов погоды в течении расчётного периода по формуле:

$$\Delta W_k = L \cdot \sum_{i=1}^4 \Delta P_{ki} T_{pi} k_{u \text{кор}}, \quad (5)$$

где T_{pi} – продолжительность i-го вида погоды, ч; ΔP_{ki} – удельные потери мощности на корону при i-м виде погоды, кВт/км; $k_{u \text{кор}}$ – поправочный коэффициент на рабочее напряжение линии, определяемый, согласно [3, 4]:

$$k_{u \text{кор}} = 4,65 \cdot U_{\text{отн}}^{2*} - 3,65 \cdot U_{\text{отн}}^*, \quad (6)$$

где $U_{\text{отн}}^*$ – отношение рабочего напряжения линии к его номинальному значению.

Основным фактором, определяющим потери на корону в воздушных линиях, является отношение напряжённости электрического поля на поверхности проводов к начальной напряжённости короны, которое зависит от рабочего напряжения, сечения и количества проводов в фазе, типа опоры и электрической характеристики воздуха. При отсутствии данных о продолжительностях видов погоды в течении расчётного периода, потери электроэнергии на корону в линии определяются в зависимости от региона расположения линии по среднегодовым значениям потерь мощности $\Delta P_{к.ср.}$ [1, 3, 4, 9, 10, 12].

$$\Delta W_k = 8760 \cdot L \cdot \Delta P_{к.ср.} \quad (7)$$

Потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам ВЛ. В нормальном эксплуатационном режиме по изоляторам течёт, так называемый фоновый ток утечки. Длительный фоновый ток утечки в условиях увлажнения изоляторов практически одинаков для линий любого класса напряжения и составляет $0,5 \div 1$ мА.

Потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам для ВЛ $\Delta W_{из}$, согласно [3] определяется по формуле:

$$\Delta W_{из} = \frac{U_n^2}{3 \cdot R_{из} \cdot N_{из}} \cdot T_{вл} \cdot L \cdot N_{гир}, \quad (8)$$

где $T_{вл}$ - продолжительность влажной погоды в расчетном периоде, ч; $N_{гир}$ - число гирлянд изоляторов, шт/км; $R_{из}$ - сопротивление изоляторов в зависимости от уровня СЗА (для принятого третьего уровня СЗА, $R_{из} = 915$ кОм); $N_{из}$ - число изоляторов в фазе линии.

В оценочных расчетах, при определении числа гирлянд (табл. 1), согласно [3], рекомендуется использовать средние значения числа опор на 1 км для ВЛ различных классов напряжений.

Таблица N 1 Удельное число гирлянд для ВЛ различных напряжений

Напряжение ВЛ, кВ	500	220	150	110	35	6 ÷ 20
$N_{суп}$, шт/км	11,3	9,8	11,2	12,9	23,4	46,8

Следовательно, годовые суммарные относительные потери электроэнергии в заданной ВЛ $\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W}$ определяются очевидным выражением:

$$\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W} = \frac{\Delta W_n + \Delta W_k + \Delta W_{из}}{W} = \frac{3I_{н6}^2 r_0 L \tau + 8760 \cdot L \cdot \Delta P_{к.ср.} + \frac{U_n^2}{3 \cdot R_{из} \cdot N_{из}} \cdot T_{вл} \cdot L \cdot N_{гир}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{н6} \cdot T_{н6} \cdot \cos \varphi} \quad (9)$$

Таким образом, зависимость (9) $\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W} = f(I_{н6}, r_0, \tau, L, U_n, \Delta P_{к.ср.}, R_{из}, N_{из}, N_{гир}, T_{вл}, \cos \varphi)$

концентрирует в себе целую серию технических параметров, как самой линии, так и параметров её режима, изменяя которые можно добиться “настройки” рассматриваемой линии на режим передачи электроэнергии с минимальными относительными потерями.

По результатам проведенного на ЭВМ по формуле (9) расчёта построена зависимость $\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W} = f(I_{н6})$, являющейся по сути математической моделью относительных потерь электроэнергии в воздушных линиях при следующих исходных данных: номинальное напряжение $U_n = 220$ кВ, время использования максимума нагрузки $T_{н6} = 3000$ ч, длина линии $L = 120$ км. ВЛ эксплуатируется в 3-м районе по СЗА ОЭС Центра и выполнена проводами марки АС при сечениях $F = 240; 300; 400; 500$ мм² (рис. 1).

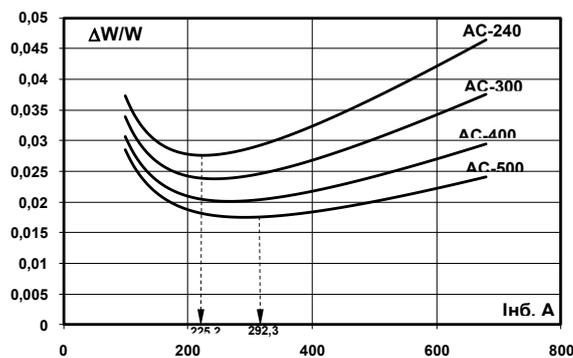


Рис. 1. Зависимость относительных потерь электроэнергии от тока нагрузки ВЛ-220 кВ, выполняемой проводами различных сечений марки АС и проходящей в 3-м районе по СЗА, ОЭС Центра, при $\tau=1575$ ч.

Как следует из рис. 1, величина суммарных относительных потерь ($\Delta W_{\Sigma}/W$) имеет выраженный минимум при некотором токе $I_{нб}^{опт}$, который назовём током минимума потерь. Подставляя значение $I_{нб}^{опт}$ в выражение годовых суммарных относительных потерь электроэнергии, получаем расчётное значение норматива технологических потерь электроэнергии N' [13]:

$$N' = \left(\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W}\right)' = \frac{\left(0,003 \cdot (I_{нб}^{опт})^2 \cdot r_0 \cdot \tau + 8760 \cdot \Delta P_{к.ср} + \frac{U_H^2 \cdot T_{вл} \cdot N_{гир}}{3 \cdot N_{из} \cdot R_{из}}\right) \cdot L}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{нб}^{опт} \cdot T_{нб} \cdot \cos \varphi}, \quad (9a)$$

Однако, нормирование потерь электроэнергии на основании минимума значения $\frac{\Delta W_{\Sigma}}{W}$ не содержит финансово-экономической оценки, полученного таким методом норматива потерь и, также как и действующие в настоящее время методы нормирования потерь не мотивирует энергоснабжающие организации и потребителей к повышению эффективности затрат, осуществляемых в различные годы энергосберегающих мероприятий. В связи с этим предлагается проводить нормирование потерь, исходя из минимума целевой функции **удельных дисконтированных затрат** $Z_{уд.д}$ на передачу одного кВт.ч в питающую ЛЭП или систему электроснабжения [11]. Так имеем:

$$Z_{уд.д} = \frac{\left[K_0 + D \cdot \left(P_{об,рем} \cdot K_0 + 0,003 \cdot I_{нб}^2 \cdot r_0 \cdot \tau \cdot \tau + 8760 \cdot \Delta P_k \cdot \tau + \frac{U_H^2 \cdot T_{вл} \cdot N_{гир} \cdot \tau}{3 \cdot N_{из} \cdot R_{из}} \right) \right] \cdot L}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{нб} \cdot T_{нб} \cdot \cos \varphi \cdot D}, \quad (10)$$

Здесь: K_0 – удельные капиталовложения в сооружение воздушных линий, руб./км; $p_{об,рем}$ – доля затрат на амортизационные отчисления, обслуживание и ремонт ВЛ по отношению к ее стоимости; D – дисконтирующий множитель, представляющий собой безразмерную величину, определяемую по формуле:

$$D = \frac{1 - (1 + E_{ср})^{-t}}{E_{ср}}, \quad (11)$$

где $E_{ср}$ – принятый норматив дисконтирования.

Взяв 1-ю производную $dZ_{уд.д}/dI$, приравняв её к нулю и решая полученное уравнение относительно $I_{нб}$, получаем оптимальный ток нагрузки, соответствующий минимальным удельным дисконтированным $(I_{нб}^{опт})'$, который является **током минимальных затрат**:
затратам

$$(I_{нб}^{опт})' = \sqrt{\frac{\left(\frac{K_0}{D \cdot U_H}\right) + \left(\frac{8760 \cdot \Delta P_k \cdot \tau}{U_H}\right) + \left(\frac{K_0 \cdot p_{об,рем}}{U_H}\right) + \left(\frac{U_H \cdot T_{вл} \cdot N_{гир} \cdot \tau}{3 \cdot R_{из} \cdot N_{из}}\right)}{\left(\frac{0,003 \cdot r_0 \cdot \tau \cdot \tau}{U_H}\right)}}, \quad (12)$$

Далее, подставляя значение $(I_{нб}^{opt})'$ в выражение годовых суммарных относительных потерь электроэнергии (9), получаем рекомендуемое расчётное значение норматива технологических потерь электроэнергии N' и определяемое по формуле (9а).

Таким образом, согласно выражений (9а), (12) значение норматива потерь электроэнергии зависит от целого ряда экономических и технических параметров ЛЭП: сечения проводов, района гололёдности сооружения линии, рабочего напряжения ЛЭП, уровня СЗА, числа часов использования максимума нагрузки, коэффициента мощности, тарифа на получаемую электроэнергию, полной длины линии, удельных потерь на корону, нормы дисконтирования, срока расчётного периода.

Из всего спектра переменных, влияющих на величину норматива потерь, наиболее просто и целесообразно использовать величину коэффициента мощности и такие показатели графика нагрузки, как $I_{нб}$ и $T_{нб}$.

Так, например, изменяя высоты ординат ступеней суточных графиков нагрузки, снятых в дни зимнего и летнего солнцестояния можно «настроить» энергопотребление питающей объекты народного хозяйства ЛЭП на оптимальные параметры режима $T_{нб}$ и $(I_{нб}^{opt})'$, что в итоге и приведёт к потерям электроэнергии в линии в пределах рекомендуемого норматива.

Компенсация реактивной мощности, достигаемая путём установки батарей статических конденсаторов, перевода некоторых генераторов электростанций в режим синхронных компенсаторов, применение статических компенсаторов реактивной мощности (СТАТКОМ) приводит к возрастанию величины коэффициента мощности $\cos \varphi$, снижению потерь электроэнергии, увеличению пропускной способности сети. Эти мероприятия, как правило, окупаются за счёт снижения потерь [12]. Сравнение эффективности затрат в указанные мероприятия проводят с помощью метода дисконтированных затрат [11, 12]. Для этого в формулах (10) и (12) необходимо учесть единовременные капиталовложения в конкретное оборудование, устанавливаемое в год его монтажа и ежегодные затраты а его обслуживание и текущий ремонт. Минимум удельных дисконтированных затрат соответствует оптимальной стратегии ввода технических средств снижения потерь. Однако, для оценки эффективности затрат в конкретное мероприятие, достаточным критерием является срок его окупаемости (приемлемый для инвестора срок возврата средств за счёт экономии на потерях электроэнергии).

По результатам проведенного на ЭВМ расчёта, на основании зависимости (6), построена серия кривых $(I_{нб}^{opt})' = f(T_{нб})$ для различных сечений проводов некоторой ВЛ-220 кВ, проходящей в 1-м, 2-м районе гололёдности и 3-м уровне СЗА (рис. 2), из которых следует, что значение оптимального тока нагрузки, соответствующего рекомендуемому нормативу потерь, с ростом времени $T_{нб}$, снижается.

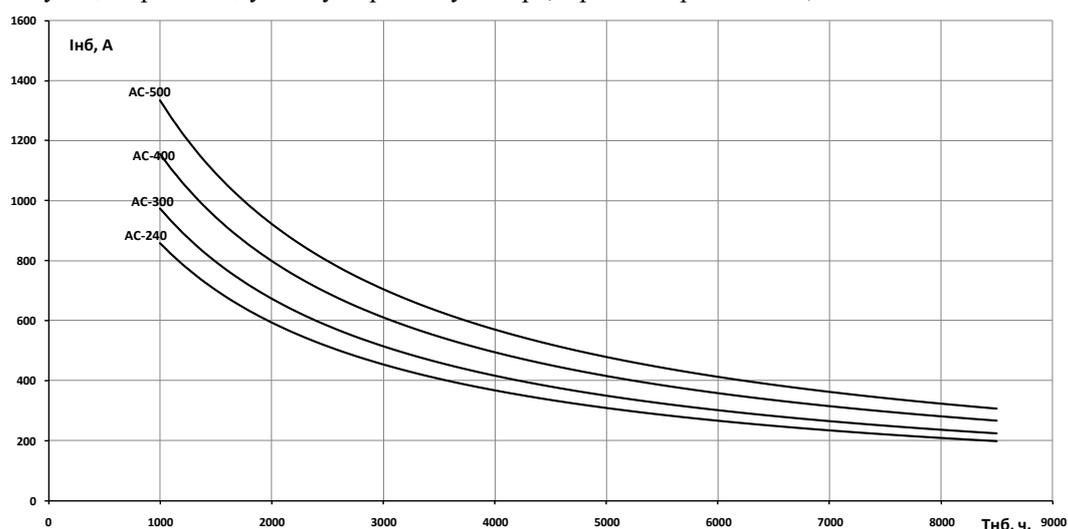


Рис. 2. Зависимость оптимальных токовых нагрузок от времени использования их максимума для ВЛ-220 кВ, длиной L=120 км построенная по ТЭМ минимума удельных дисконтированных затрат для ВЛ проходящей в 3-м районе по СЗА и 1-м - 2-м районе гололёдности

Одновременно, как это следует из рис. 3, с ростом времени $T_{нб}$, т.е. с ростом плотности графика нагрузки, снижается и сам рекомендуемый норматив потерь электроэнергии.

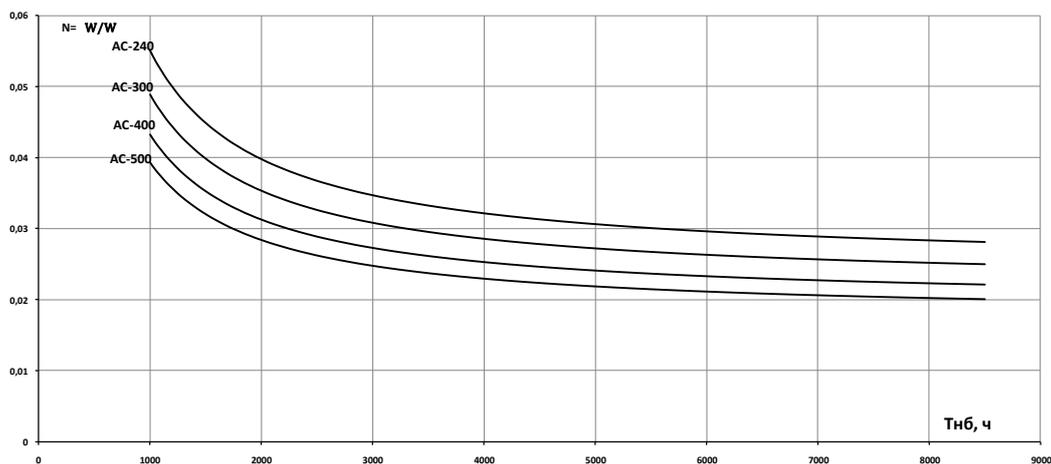


Рис. 3. Зависимость принимаемого норматива потерь от числа часов использования максимума нагрузки для ВЛ-220 кВ, длиной L=120 км, проходящей в 3-м районе по СЗА и 1-м - 2-м районе гололёдности европейской части СНГ.

Для определения норматива технических потерь электроэнергии в некоторой среднестатистической ЛЭП, при заданном сечении провода и времени $T_{нб}$, по рис.2, определяется оптимальный ток нагрузки (ток минимальных затрат) $I_{опт}$, который затем, в натуре, откладывается по горизонтальной оси зависимости $(\Delta W/W) = f(I_{опт})$ (рис. 4). После чего, визуальнo, по кривой рис. 4 определяется значение рекомендуемого норматива технических потерь электроэнергии в данной ВЛ на базовый период.

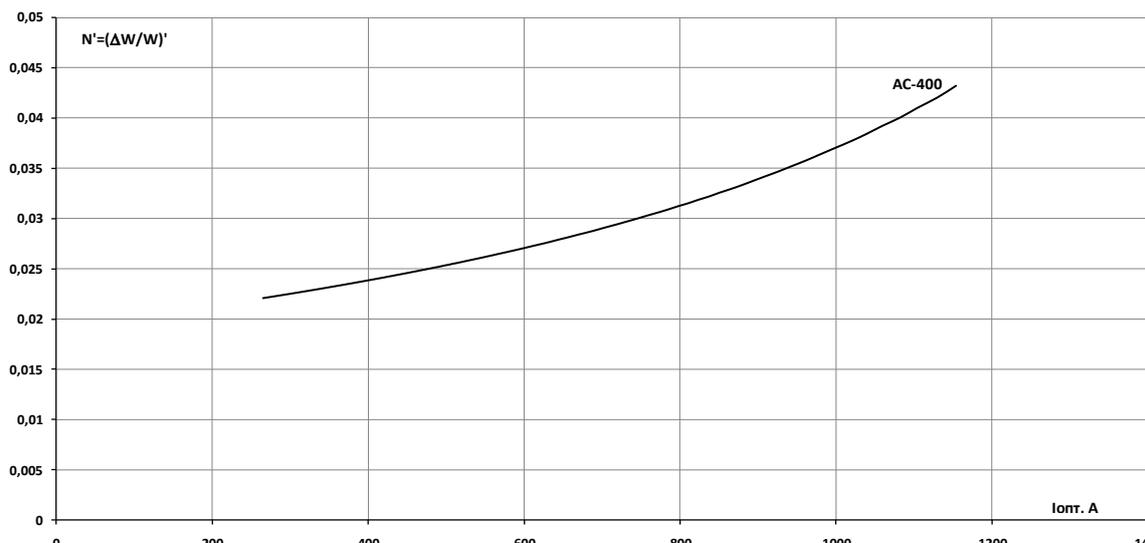


Рис. 4. Зависимость норматива относительных потерь электроэнергии от оптимальной токовой нагрузки (ток минимальных затрат) для ВЛ-220 кВ, полной длиной L=120 км, проходящей в 1-м, 2-м районе гололёдности и в 3-м районе СЗА ОЭС Центра и выполненной проводами марки AC-400

Для более полной реализации предложенной в настоящей работе методики рекомендуется:

- внедрить в практику нормирования потерь электроэнергии соответствующее программное обеспечение, позволяющее по оптимизированным значениям $I_{нб}^{опт}$ и $T_{нб}$ намечать альтернативные графики нагрузки линии.
- создать базу данных и оптимизированные нормативы потерь всех находящихся в эксплуатации ВЛ напряжением 110 кВ и выше.
- рассмотреть влияние приёмных трансформаторов и всей примыкающей к ВЛ части системы электроснабжения на значение оптимизированных нормативов потерь электроэнергии.

Выводы: Таким образом в настоящей работе выполнено:

- смоделирована и построена целевая функция, определяющая зависимость суммарных дисконтированных относительных затрат от тока нагрузки линии и определён оптимальный ток линии, соответствующий минимальным дисконтированным относительным затратам на передачу одного кВт.ч в питающую ЛЭП или систему электроснабжения, который был назван *током минимальных затрат*.

- с целью мотивации энергоснабжающих организаций и промышленных предприятий к планированию и проведению энергосберегающих мероприятий, предложена оригинальная методика, предполагающая в качестве норматива потерь электроэнергии использовать значения относительных потерь электроэнергии, соответствующих минимуму дисконтированных относительных затрат, что в свою очередь приводит к снижению тарифов на используемую электроэнергию.

Список литературы

1. Идельчик В. И. «Электрические системы и сети» М.: Энергоатомиздат. 1989 г. 592 с.
2. Зуев Э. Н. «Технико-экономические основы проектирования электрических сетей» Учебное пособие М.: МЭИ 1988 г.
3. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. «Расчет анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях» М.: Издательство НЦ «ЭНАС» 2005 г. 277 с.
4. Железко Ю. С., Шаров Ю. В., Зарудский Г. К., Сипачева О. В., Шведов Г. В. «Потери электроэнергии в электрических сетях: основные сведения, расчет и нормирование» уч. Пособие. М.: ЗАО «Издательский дом МЭИ» 2007 г. 128 с.
5. Федотов А. И., Геркусов А. А. «Проблема энергосбережения при выборе сечений проводов воздушных линий 110-500 кВ» Известия ВУЗОВ Проблемы энергетики – 2000 – N 11-12 стр. 54-61.
6. Максимов Б.К., Молодюк В.В. Основы формирования тарифов на электрическую энергию на рынках России. Изд-во МЭИ, 1998.– 44 с.
7. Максимов Б.К., Молодюк В.В. Электроэнергетика России на современном этапе ее развития / Вестник МЭИ. – 1998. – №2. – С. 63-69.
8. Зуев Э.Н., Ефентьев С.Н. “Задачи выбора экономически целесообразных сечений проводов и жил кабелей” М.: Издательство МЭИ, 2005 – 88 с.
9. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под ред. С.С. Рокотяна и М.Н. Шапиро. М. Энергоатомиздат, 1985г.
10. Правила устройства электроустановок 6-е издание М.: Энергоатомиздат 1985 г. – 630 с.
11. «Экономика и управление энергетическими предприятиями» под ред. Кожевникова Н. Н. М.: изд-во «ACADEMA» 2004 г. 427 с.
12. Железко Ю. С. «Потери электроэнергии реактивная мощность качество электроэнергии» Руководство для практических расчётов М.: Издательство НЦ «ЭНАС» 2009 г. 455 с.
13. Геркусов А.А. “Оптимизация потерь электроэнергии, передаваемой по воздушным линиям 110 кВ и выше” Научно-технические ведомости СПбГПУ №1 (214) 2015 г. с. 89-96.
14. Дьяков А.Ф., Жуков В.В., Максимов Б.К. Молодюк В.В. «Менеджмент и маркетинг в электроэнергетике» М.: Издательство МЭИ, 2007 – 504 с.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Махмудов А.М.

ДагГТУ, РФ, г. Махачкала

Использование ископаемых углеводородов, потребление которых в мире ежегодно растет, создает все большее тепловое и химическое загрязнение окружающей среды. Задачей человечества на сегодняшний день является их оптимальное использование и поиск новых источников энергии. В качестве альтернативы представляются перспективными источники геотермальной, ветровой и солнечной энергии. Они не вызывают заметного загрязнения окружающей среды, а ресурсы их достаточны для обеспечения землян энергией на сотни лет.

Сегодня установленная мощность электростанций мира составляет более 4000 ГВт, а в России 200 ГВт. При этом мощность электростанций на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) растет ежегодно и составляет, ГВт: геотермальных - 11; солнечных – 40; ветровых – 60. На долю ВИЭ в США приходится 5 % энергопроизводства. К 2020 году в мире на основе ВИЭ планируется производить до 15% электроэнергии, а к 2030 году – до 20%.

Геотермальная энергия выделяется из внутренних зон Земли за счет энергии радиоактивных распадов в ее недрах. Предполагают, что на глубине 12-15 км температура составляет 500-800°C. К сожалению, на сегодняшний день использование геотермальной энергии выгодно только там, где ее источники расположены близко к поверхности Земли, т.е. в районах сейсмической и вулканической активности: Новая Зеландия, Исландия, Мексика, Италия, США, Филиппины, Япония, Сальвадор, Россия, Венгрия. Расчеты показывают, что запасы геотермальной энергии (до глубины 10 км) в 40 млрд. раз больше мирового потребления энергии в течение года. Только 1% энергии земной коры может дать энергию в 600 раз превышающее энергию мировых запасов газа и нефти. Однако экономические причины препятствуют сегодня широкому использованию этих ресурсов.

За последние 50 лет в мире накоплен определенный опыт в освоении ресурсов геотермальной энергии. В 1974 г. установленная мощность всех геотермальных электростанций в мире равнялась - 1 300 МВт, в 1990 году - 7300 МВт, а в 2015 г. – 11 000 МВт. В этом плане наибольших успехов достигли Мексика, Италия, США, Филиппины, Япония. В России геотермальные ресурсы распределены весьма неравномерно. Производство природного пара сосредоточено, в основном, на Камчатке, Сахалине и Курильских островах, где можно получить более 2000 МВт электрической и 5000 МВт тепловой энергии [1]. Месторождения парогидротерм размещены также в Ставропольском крае и Дагестане, где во времена СССР планировалось строительство ГеоТЭС. Но в связи с высокой минерализацией воды в настоящее время скважины на этих площадях законсервированы.

По одной из классификации геотермальные воды подразделяются на низкопотенциальные с температурой до 70 °С, среднетемпературные – от 70 до 100°C и выше 100°C – высокопотенциальные (в т.ч. 100–150°C –слабоперегретые , 150–250°C – значительно перегретые и 250–375°C – весьма перегретые). В связи с доступностью и широкой распространенностью в настоящее время в целях горячего тепловодоснабжения в мире наиболее широко используются ресурсы геотермальных вод с температурой ниже 70 °С. По данным Всемирного геотермального конгресса 2010 г. (о. Бали, Индонезия) установленная мощность геотермальных систем тепловодоснабжения в мире составила 50583 МВт [2]. В России геотермальные системы теплоснабжения в основном работают на Камчатке, Курилах, в Дагестане, в Чеченской республике, Ставропольском и Краснодарском краях. На Северном Кавказе хорошо изучены геотермальные месторождения, которые находятся на глубине от 300 до 5000 метров, вода которых уже в течение длительного времени используется для горячего тепловодоснабжения. Здесь геотермальное водоснабжение используют около 500 тыс. чел. В Республике Дагестан ежегодно добывается более 6 млн. м³ геотермальной воды. В Краснодарском крае эксплуатируется 79 скважин на 12 месторождениях. Температура воды этих скважин составляет 75-120°C. Как перспективные для внедрения геотермального теплоснабжения рассматриваются Омская и Тюменская области, западная часть Новосибирской области и северная часть Томской области, где температура воды 50 - 70 °С.

Сегодня по запасам геотермальных вод среди федеральных и субъектов Российской Федерации Дагестан занимает первое место (86,2 тыс. куб. м/сутки). За ним идет Камчатская область (77,6), Чеченская Республика (64,68), Краснодарский (35,574) и Ставропольский края, (12,2), Республика Адыгея (8,98), Карачаево-Черкесская республика (6,8), Кабардино-Балкария (5,3), Чукотский АО (2,2) и Магаданская область (0,135). Основные запасы геотермальных вод Дагестана сосредоточены на месторождениях Избербаш, Кизляр, Речнинка, Кордоновка, Махачкала, Тернаир, Терекли-Мектеб, Червленые Буруны, Калиновская. Всего используется 13 тыс. м³/сутки или всего 10% от их запасов. Остаются еще около 75 тыс. м³/сутки геотермальных вод, использование которых дает дополнительно 10 млн. Гкал тепловой энергии в течение года [3].

Для повышения теплового потенциала геотермальных вод используется либо теплонасосная технология, либо догрев ее до необходимой температуры. Теплонасосная технология в геотермальном теплоснабжении представляется перспективным, так как на 1 кВтч затраченной электроэнергии можно получать 3-4 кВтч тепловой энергии. Как показывают исследования, окупаемость этих устройств в условиях Дагестана завершается за первые 3-4 года.

Основные трудности при использовании геотермального тепла связаны с образованием твердых отложений, в основном, карбоната кальция и коррозией металла оборудования, работающего в условиях агрессивной среды раствора геотермальной воды, а также проблема возврата использованной воды в водоносный горизонт [4-7].

Борьба с образованием твердых отложений ведется, в основном, путем сохранения высокого давления в геотермальном оборудовании, что предотвращает выход углекислотного газа из воды, растворяющего

карбонат кальция в воде. Имеются научные разработки, в которых используются новые технические и технологические разработки по стабилизации воды [8], а также по оценке состояния внутренней поверхности оборудования на предмет наличия на ней твердых отложений [9]. Есть разработки по эксплуатации геотермальных систем теплоснабжения в режиме без накипи путем охлаждения поверхности теплообмена [10,11], очистки стенки оборудования от образовавшихся отложений [12], а также эксплуатации энергетического оборудования в условиях утилизации попутных горючих газов [13], часть которых уже используется на объектах геотермального теплоснабжения. Способы контроля солеотложения используются на скважинах месторождения Тернаир и Кизляр. Работает система защиты поверхности теплообмена путем ее охлаждения, планируется ввести в Кизлярских тепловых сетях систему очистки теплообменника от CaCO_3 в самой же геотермальной воде.

Список литературы

1. Поваров О.А. Развитие геотермальной энергетики в России и за рубежом-Теплоэнергетика, 2006, № 3,С.2
2. Lund, I. Direct Utilization of Geothermal Energy / I. Lund, D. Freeston, T. Boyd /Proc. WGC-2010. Bali, Indonesia, 25– 29 April 2010 // Worldwide Review. – 2010. – Режим доступа: <http://www.geothermal.org>.
3. Алиев Р.М., Алхасов А.Б., Исрапилов М.И., Бадавов Г.Б. Геотермальные проекты Республики Дагестан, как объект привлечения инвестиций / Тр. Межд. конф. "Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы". Т. 1. Под ред. д.т.н. А.Б. Алхасова. Махачкала: ООО "Деловой Мир", 2005. С. 118-131.
4. Ахмедов Г.Я. Твердые отложения карбоната кальция в геотермальных системах//Альтернативная энергетика и экология.- 2010.- № 11.- С. 81- 86.
5. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем от карбонатных отложений. М.: Научный мир, 2012.- 330 с.
6. Ахмедов Г.Я. Проблемы солеотложения при использовании геотермальных вод для горячего теплоснабжения//Промышленная энергетика.- 2009.- № 9.- С. 50-54.
7. Ахмедов Г.Я. Повышение эффективности использования геотермальной воды для горячего водоснабжения//Водоснабжение и санитарная техника.- 2010.- № 2.- С. 18-23.
8. Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальных вод // Водоснабжение и санитарная техника.- 2010.- № 6.- С. 33-38.
9. Ахмедов Г.Я. Измерение толщины солеотложения в геотермальных системах // Ползуновский вестник.- 2011.- № 3/1.- С. 175 – 178.
10. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем водоподготовки от карбонатных отложений // Энергосбережение и водоподготовка.- 2010.- № 6.- С. 18-21.
11. Ахмедов Г.Я. К вопросу о влиянии теплопередачи на отложение твердой фазы карбоната кальция на теплообменной поверхности // Энергосбережение и водоподготовка.- 2011.- № 6.- С. 6 – 8.
12. Ахмедов Г.Я. Очистка геотермальных систем отопления и горячего водоснабжения от карбонатных отложений// Водоснабжение и санитарная техника.- 2012.- № 1.- С. 59-63.
13. Ахмедов Г.Я. К вопросу об эксплуатации энергетических систем в условиях декарбонизации геотермальных вод// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.-2013.- №28.-С.63-69.

УСИЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПЕРСПЕКТИВАМИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ

Петухова С.Ю.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, РФ, г. Москва

Разработка и эксплуатация нефтяного месторождения включают в себя несколько стадий: растущей добычи, стабильной добычи, снижающейся добычи, заключительную стадию. Продолжительность

каждой их перечисленных стадий определяется не только геолого-физическими характеристиками, но и системой разработки месторождения.

Месторождение Каражанбас, расположенное на территории Республики Казахстан, относится к одному из самых крупных неглубоко залегающих месторождений высоковязкой нефти [1] с эффективной возможностью транспортировки добытой нефти на мировые рынки. В настоящее время для данного месторождения характерно увеличение нефтедобычи, сопровождающееся увеличением потребления электрической энергии [2].

На Рисунке 1 в процентах показана динамика годовых изменений фонда действующих нефтяных добывающих скважин за несколько последних лет.

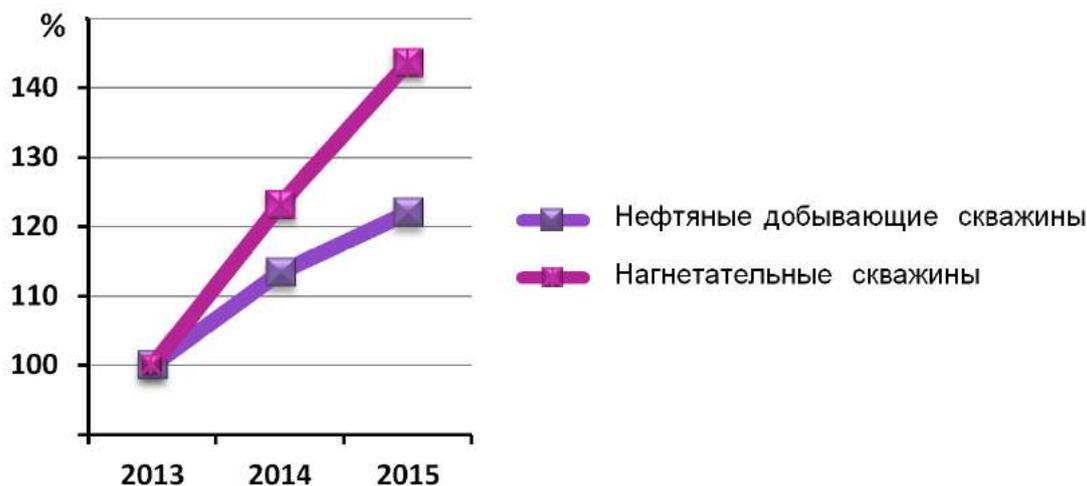


Рис.1. Увеличение количества действующих нефтяных добывающих и нагнетательных скважин на месторождении

Для увеличения нефтедобычи в условиях месторождения Каражанбас применяются методы паротеплового воздействия (ПТВ) на высоковязкие нефтяные пласты, причем электропотребление установок ПТВ в общей структуре годового электропотребления всех потребителей электроэнергии месторождения составляет свыше 18% [3]. Для закачки пара на месторождении действуют нагнетательные скважины, динамика изменения количества которых за несколько лет показана на Рисунке 1.

Газонефтяное месторождение Каражанбас было открыто в январе 1974 года [1]. До настоящего времени его разработка и эксплуатация претерпела несколько стадий своего жизненного цикла. В том числе и частичную консервацию фонда скважин. На Рисунке 2 приведена динамика уменьшения количества бездействующих нефтяных добывающих и нагнетательных скважин за несколько последних лет, что в сочетании с освоением новых скважин также является характерной особенностью месторождения с перспективами увеличения нефтедобычи.

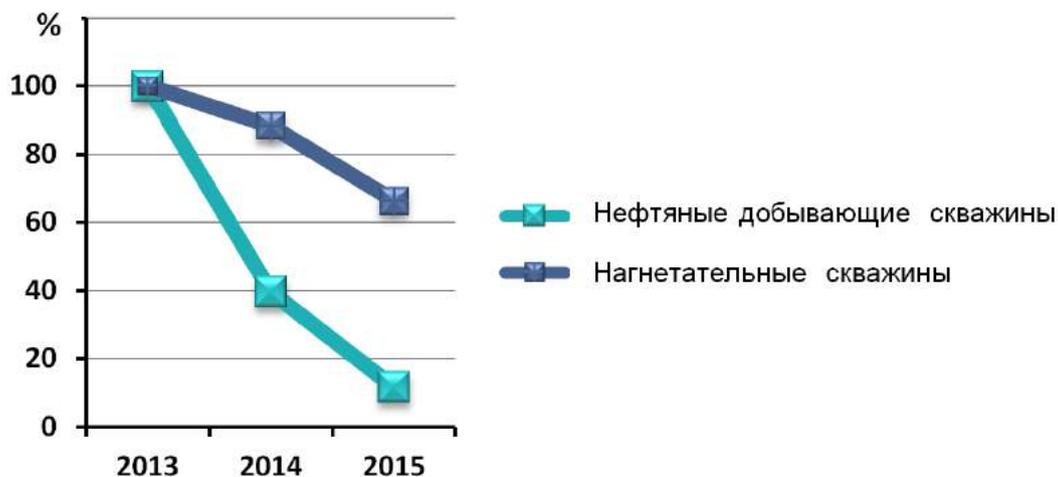


Рис.2. Уменьшение количества бездействующих нефтяных добывающих и нагнетательных скважин на месторождении

Еще одна из особенностей месторождения Каражанбас состоит в том, что добыча нефти из скважин происходит с выносом песка. При этом для разработки месторождения применяются винтовые насосы с частотно-регулируемым приводом, а также штанговые глубинные насосы [4].

Первоначально для ускорения строительства и ввода в эксплуатацию нефтяного месторождения Каражанбас система внешнего электроснабжения осуществлялась по временной схеме при напряжении 110 кВ. На Рисунке 3 показан фрагмент одного из вариантов схемы электроснабжения.

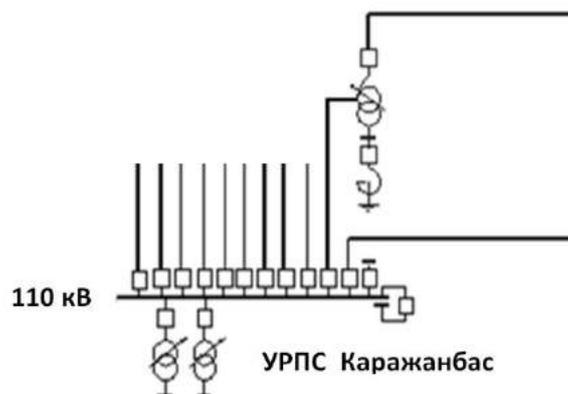


Рис.3. Фрагмент схемы УРПС Каражанбас

С увеличением электропотребления и ростом электрических нагрузок это привело к снижению пропускной способности элементов системы электроснабжения месторождения. Для увеличения пропускной способности требовалась установка двух автотрансформаторов 220/110 кВ, строительство ОРУ 220 кВ и переводом УРПС «Каражанбас» на напряжение 220 кВ, а также установка двух ячеек 220 кВ на ТЭС-3 «МАЭК». Кроме того, для резервирования источников электроэнергии в системе электроснабжения основных потребителей месторождения обоснована целесообразность применения газотурбинных и дизельных электростанций.

Система электроснабжения нефтяного месторождения представляет собой сложный электротехнический комплекс [5], в состав которого входят не только объекты электроэнергетической инфраструктуры самого нефтедобывающего предприятия, но и объекты территориально-распределенных компаний и организаций, специализирующихся на таких видах производственной деятельности, как: генерация, передача и распределение электрической энергии [6]. Поэтому, для обеспечения надежного электроснабжения месторождения с перспективами увеличения нефтедобычи необходимо учитывать не только прогнозируемый прирост объемов электропотребления с покрытием дефицита генерируемых энергетических мощностей и степень износа технологического электрооборудования, но и пропускную способность и модернизацию электрических сетей всех классов напряжений в системе электроснабжения нефтедобывающего предприятия [7].

Пропускная способность электрических сетей системы электроснабжения может иметь ограничения по передаваемой мощности, по величине напряжений и токов, не соответствующих допустимым значениям и нормативным параметрам качества электроэнергии. Для увеличения пропускной способности могут использоваться различные способы усиления систем электроснабжения – повышение класса напряжения линий электропередачи и применение распределенного питания объектов электропотребления с сооружением дополнительных понижающих подстанций [8], применение устройств компенсации реактивной мощности [9], реализация принципа глубоко ввода на территорию предприятия.

Список литературы

1. URL: <http://www.kbm.kz/ru/> (дата обращения 27.07.2017)
2. Петухова С.Ю. Совершенствование системы электроснабжения нефтедобывающего предприятия в условиях развития месторождения с высоковязкими нефтями // Перспективы развития технических наук / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3 . - Челябинск: ИЦРОН, 2016, с.70-75

3. Петухова С.Ю., Кыдырханов И.И. Исследование электропотребления технологических установок паротеплового воздействия на высоковязкие нефтяные пласты / Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом / Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции. Выпуск III. – Новосибирск: ИЦРОН, 2016, с.36-41
4. Ершов М.С. Электрооборудование и станции управления технологических установок механизированной добычи нефти / М.С. Ершов, А.Д. Яризов - М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2008. – 124 с.
5. Меньшов Б.Г. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности / Б.Г. Меньшов, М.С. Ершов, А.Д. Яризов – М.: ОАО «Издательство «Недра», 2000. – 487 с.
6. Петухова С.Ю. Анализ причин аварийных отключений потребителей электроэнергии нефтедобывающего предприятия // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. - Новосибирск: ИЦРОН, 2017, с.25-28
7. Петухова С.Ю. Характеристика электрических сетей системы электроснабжения нефтедобывающего предприятия в условиях развития нефтяного месторождения // Технические науки в мире: от теории к практике / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3.- Ростов-на-Дону: ИЦРОН, 2016, с.82-86
8. Петухова С.Ю. Усиление тяговых сетей переменного тока использованием распределенного питания и провода повышенного напряжения / Диссертация канд.техн.наук . - М., 1994, 159 с.
9. Петухова С.Ю. Технологии увеличения пропускной способности элементов систем электроснабжения нефтегазовых комплексов с применением устройств компенсации реактивной мощности // Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты / Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Том 4. - Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015, с.99-101

СЕКЦИЯ №6.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

СЕКЦИЯ №7.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

СЕКЦИЯ №8.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)

ОБ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ УСТРОЙСТВ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К КАЧЕСТВУ ПИТАНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ

Горячкин В.П., Гатиятуллин В.В.

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева-КАИ, РФ, г. Казань

Потребители с повышенными требованиями к качеству питания, в основном это электронные приборы: микропроцессоры блоков управления, электронные датчики, микроконтроллеры, светодиодные элементы и др., находят все большее применение в системах электрооборудования автомобилей.

Качество системы электропитания на автомобилях регламентируется стандартом на общие технические условия эксплуатации автомобильного электрооборудования, а также стандартами, определяющими требования помехоустойчивости и совместимости. В таблице приводятся допустимые напряжения на зажимах потребителей легкового автомобиля в установившихся и переходных режимах электропотребления.

Таблица – Допустимые напряжения на потребителях бортовой сети легкового автомобиля

ГОСТ 52230-2004		ГОСТ 28751-90		ГОСТ 29157-91	
Номинальное напряжение, В	Допустимые значения напряжений, В	Требования помехоустойчивости (испытательный импульс 100 мкс, длительность испытаний 10 мс), В		Требования электромагнитной совместимости (испытательный импульс 100 мкс, длительность испытаний 1 час), В	
13,5	от 12,15 до 16,9	от 0 до - 150	от 0 до 100	от 0 до 40	от 0 до - 60

Практика показывает, что при эксплуатации автомобиля в зависимости от условий внешней среды, состояния аккумуляторной батареи, бросков напряжения на зажимах генератора (при изменениях оборотов двигателя), принимая во внимание аварийные режимы, а так же влияние электромагнитных помех от работы бортовых и внешних электросистем, напряжение на зажимах потребителей может изменяться в пределах превышающих значения, приведенные в таблице.

Учитывая невысокое качество электроснабжения бортовой системы генерирования, обеспечение качественным электропитанием и электрозащита электронных устройств в настоящее время возложены на разработчиков систем и устройств электрооборудования автомобилей.

Вместе с тем немаловажно отметить, что на автомобилях все больше используются нештатные электронные устройства (планшеты, ноутбуки, мобильные телефоны, регистраторы и др.), неадаптированные к бортовой сети электроснабжения автомобиля по качеству питания.

На основании вышесказанного, актуальным становится разработка для автомобилей бортовых источников (DC/DC преобразователей) централизованного питания электронных устройств с повышенными требованиями к качеству входного напряжения.

При постановке задачи необходимо учесть, что напряжение бортовой сети на входе преобразователя может значительно выходить за пределы допустимых напряжений на потребителях, приведенных в таблице, как в большую, так и в меньшую сторону.

Для решения поставленной задачи, при проектировании DC/DC преобразователя мощностью более 10 Вт, наиболее применимы преобразователи с двухступенчатой стабилизацией (сочетание повышающего и понижающего стабилизаторов) или обратноходовые преобразователи (Fly-Back). Расчеты таких преобразователей достаточно хорошо описаны в технической литературе и Интернет ресурсах, например, в (URL: <http://www.bludger.narod.ru/smps/Flyback-R01.pdf>).

При разработке блоков малой мощности интерес представляет преобразователь с топологией SEPIC, позволяющий получать стабилизированное выходное напряжение, которое может быть как выше, так и ниже входного напряжения. Методика расчета таких преобразователей приводится в статьях (URL:<http://www.gesigor.ru/pdf/SEPIC.pdf>) и (URL:http://radiohlam.ru/teory/sepic_raschet.htm).

Интересным является использование для решения поставленной задачи платформы блоков питания Car PC. Например, линейка Car PC семейства ATX интеллектуальных блоков питания. Так, автомобильный блок питания M4-ATX, рассчитанный на нагрузочную мощность 250 Вт, обеспечивает стабилизированным напряжением : +12 В, -12 В, 3,3 В, +5 В SB (Stand-By), питания при изменении входного постоянного напряжения в диапазоне от 6 В до 30 В и имеет встроенную систему защиты и управления.

Таким образом, имеется достаточное количество схемных реализаций преобразователей, позволяющих решить поставленную задачу централизованного качественного электропитания электронных устройств автомобиля на современной элементной базе при приемлемых массогабаритных, стоимостных показателях и высоким коэффициентом полезного действия.

Авторы полагают, что отсутствие широкого применения бортовых источников вторичного электроснабжения со стабилизацией выходных напряжений на автомобилях в настоящее время, связано в основном с недостаточно проработанными вопросами стандартизации и унификации изделий для различного класса автомобилей. Тем не менее, работы по практической реализации централизованной системы вторичного электропитания электронных устройств автомобилей актуальны, так как в конечном результате ведут к снижению массогабаритных и стоимостных показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТАХ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Худовец В.И., Кузнецов Е.Е., Капустина Н.А.

ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск,

Эффективность использования новой техники, чаще всего оценивается ее производительностью. С целью определения эффективности использования трактора класса 1,4 с дополнительным ведущим мостом и меняющимся сцепным весом в условиях Амурской области были проведены сравнительные хозяйственные испытания экспериментального машинно-тракторного агрегата (МТА) при проведении предпосевных сельскохозяйственных работ в реальных условиях эксплуатации. При сравнении в качестве энергетического средства был принят серийный вариант трактора класса 1,4 с колесной формулой 4К2. На экспериментальный трактор установлено гидравлическое устройство для перераспределения сцепного веса и дополнительный ведущий мост [3]. Сравнение было выполнено методом сплошного хронометража всего рабочего времени.

Основной целью проведения хронометражных хозяйственных испытаний является нахождение параметров, характеризующих эффективность работы МТА. К ним относятся:

- производительность в час времени движения;
- производительность в час чистого рабочего времени;
- средняя скорость движения;
- расход топлива на единицу обработанной площади [1,2].

Обработка полученных данных проводилась на основании общепринятых методик [4,5].

Производительность в час чистого рабочего времени

$$W_{\text{ч}} = \frac{F}{T_p}, \quad (1)$$

где T_p – время движения на гонах, ч;

F – обработанная площадь, га.

Производительность в час времени движения

$$W_{\text{ос}} = \frac{F}{T_{\text{ос}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{дв}}$ – время движения, ч;

Средняя скорость движения на гонах

$$V_{\text{сп}} = \frac{S_{\text{г}} \cdot n_{\text{г}}}{T_p}, \quad (3)$$

где $S_{\text{г}}$ – длина рабочего гона, м;

$n_{\text{г}}$ – число гонов.

Расход топлива на единицу обработанной площади

$$\sigma_y = \frac{G}{F}, \quad (4)$$

где G – количество топлива, израсходованного на обработку площади, л.

Коэффициент использования времени движения

$$K_{\text{ос}} = \frac{T_p}{T_p + T_n} = \frac{T_p}{T_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{д}}$ – общее время смены, ч.

Сравнительные хозяйственные испытания были проведены на таких сельскохозяйственных операциях, как сплошная культивация, прикатывание, боронование. Полученные данные приведены в таблицах 1-3

Таблица 1

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на бороновании

Показатели		Состав МТА (МТЗ-80+БЗСС-1.0 (15 шт.))	
		Серийный	Экспериментальный
Длина гона, м		920	920
Ширина захвата, м	конструктивная	15,00	15,00
	рабочая	14,91	14,92
Скорость движения, м/с		2,52	3,16
Производительность, га/ч	в час времени движения	6,29	7,87
	в час основного рабочего времени	6,57	8,14
Коэффициент использования времени движения		0,88	0,86
Коэффициент использования времени смены		0,84	0,80
Расход топлива на единицу обработанной площади, кг/га		1,58	1,38

Таблица 2

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на прикатывании

Показатели		Состав МТА (МТЗ-80+3ККШ-6 (2 шт.))	
		Серийный	Экспериментальный
Длина гона, м		914	914
Скорость движения, м/с		2,46	3,11
Производительность, га/ч	в час времени движения	4,33	5,47
	в час основного рабочего времени	4,70	5,94
Коэффициент использования времени движения		0,87	0,85
Коэффициент использования времени смены		0,85	0,81
Расход топлива на единицу обработанной площади, кг/га		1,75	1,56

Таблица 3

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на сплошной культивации

Показатели		Состав МТА (МТЗ-80+КПС-4)	
		Серийный	Экспериментальный
Длина гона, м		930	930
Ширина захвата, м	конструктивная	4,00	4,00
	рабочая	3,98	3,98

Скорость движения, м/с		2,30	2,94
Производительность, га/ч	в час времени движения	1,71	2,17
	в час основного рабочего времени	1,80	2,29
Коэффициент использования времени движения		0,85	0,83
Коэффициент использования времени смены		0,83	0,85
Расход топлива на единицу обработанной площади, кг/га		4,56	4,21

Анализ таблицы 3 показывает, что использование трактора МТЗ-80 с дополнительным ведущим мостом и устройством для перераспределения сцепного веса при прикатывании позволило повысить производительность МТА в час основного рабочего времени на 23,8% и снизить расход топлива на единицу обработанной площади на 14,4% по сравнению с трактором МТЗ-80, работающим в серийном варианте. Аналогичные результаты получены при сплошной культивации и бороновании. Так, при сплошной культивации увеличение производительности в час основного времени у трактора с дополнительным ведущим мостом составило 27,2%, и при этом снижение расхода топлива на единицу обработанной площади составило 12,1%. Использование трактора МТЗ-80 с дополнительным мостом при бороновании позволило повысить производительность в час основного рабочего времени на 27,1% и снизить расход топлива на единицу обработанной площади на 8,3%.

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний показали, что использование трактора класса 1,4 с дополнительным ведущим мостом и устройством для перераспределения сцепного веса позволило повысить производительность в час основного рабочего времени и снизить расход топлива на единицу обработанной площади по сравнению с серийным трактором на прикатывании, сплошной культивации и бороновании.

Список литературы

1. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Худовец В.И. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2013. - 153 с.
2. Кузнецов Е.Е. Дополнительные догружающие устройства в ходовой системе тракторов // Сельский механизатор. – 2015, № 10. - С.9-11.
3. Устройство-цилиндро-прижимной механизм для распределения собственной нагрузки с передней оси колесного трактора на дополнительно установленный движитель/ Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.// Пат. на на изобретение № 2480343 Рос. Федерация заявитель и патентообладатель Дальневосточный гос. агр. университет. заявл. 01.11.2011, зарегистрирована 01.11.2011, опубл. 27.04.2013, Бюл.№ 12. - 10 с.
4. Щитов С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис.докт.техн.наук:05.20.01: защищена 20.05.09/Щитов Сергей Васильевич; ДальГАУ-Благовещенск,2009. - 325 с.
5. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Поликутина Е.С. Влияние перераспределения сцепного веса между мостами трактора на ширину захвата, буксование и производительность машинно-тракторного агрегата // АгроЭкоИнфо. – 2017, №1. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/1/st_106.doc.

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ПЕСКА НА ПРОЧНОСТЬ РАСТВОРА

Ильина Л.В., Туляганов А.К.

г. Новосибирск

Песок характеризуется следующими паспортными характеристиками:

- модуль крупности;
- насыпная плотность;
- содержание глинистых и пылевидных частиц [1 - 5].

Роль мелкого заполнителя в формировании структуры искусственного конгломерата особенно проявляется в тощих составах. Когда на прочность искусственного камня оказывает влияние зерновой состав заполнителя, определяющий плотность укладки зерен и число контактов их друг с другом в монолите. Мелкие пески имеют в единице объема большое количество контактов, чем более крупные пески, но «каждое зерно в них скрепляется с другими меньшим числом связей [1, 3]. В результате чего структура получается менее прочной и жесткой.

Рассмотрим, как влияют крупность песка на прочностные свойства раствора.

Для оценки влияния крупности песка на прочностные характеристики цементно-песчаного раствора формовались образцы размером 70,7 X 70,7 X 70,7 мм из растворной смеси, содержащей: портландцемент – 500 г, вода – 210 мл, песок – 1500 г. Образцы твердели 28 суток при температуре плюс 20 – 22 °С, первые сутки в ванне с гидрозатвором и оставшиеся (2, 6 и 27) сутки в воде.

Для контрольного состава использовался стандартный монофракционный песок, соответствующий требованиям ГОСТ 6139-2003 [6], который имел: полный остаток на сите № 09 – 0,5 %, полный остаток на сите № 0,5 – 98 %; влажность – 0,2 %, потери при прокаливании – 0,5 %; количество глинистых и илистых частиц – 0,8 %.

В качестве вяжущего в работе использовался портландцемент производства ООО «Искитимцемент» (Новосибирская область) марки ЦЕМ II/A-III 32,5. Минеральный состав его, % мас.: C_3S -60, C_2S – 16, C_3A – 7,3, C_4AF – 14. Удельная поверхность его составила 300 м²/кг. Химический состав цемента, % мас: SiO_2 – 20,7; Al_2O_3 – 6,3; Fe_2O_3 – 4,6; CaO – 65,4; MgO – 1,3; SO_3 – 0,4; п.п.п.- 0,5.

Для исследования влияния крупности песка на прочность раствора песок фракционировали путем отсеивания крупной или мелкой фракции. Для дальнейших исследований принимался песок с модулем крупности: 0,27; 0,80; 0,99; 1,33; 1,87; 2,40; 2,94. Результаты испытаний представлены в таблице и на рисунке.

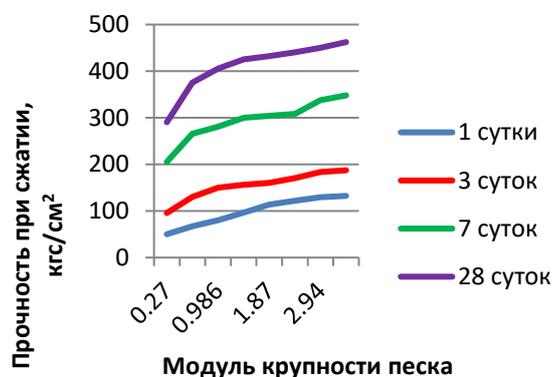


Рис. 1. Влияние крупности песка на прочность раствора, твердевшего в нормальных условиях различного периода времени

Таблица 1
Влияние крупности песка на прочность раствора

Модуль крупности песка	Средний диаметр частицы, мм	Изменение расхода воды, л	Общий расход воды, л	Прочность при сжатии, кгс/см ² , в возрасте			
				1 сутки	3 суток	7 суток	28 суток
0,986 контрольный состав	0,527	-	210	80,4	150,1	280,8	405,4
0,27	0,144	+ 80	290	50,1	95,7	205,3	290,4
0,80	0,428	+ 13	223	67,2	130,3	265,6	375,2
1,33	0,711	- 9	201	96,4	155,9	299,7	425,1
1,87	1,006	- 15	195	113,7	160,6	304,3	431,9
2,40	1,283	- 18	192	122,0	170,3	308,0	440,4
2,94	1,5721	- 20	190	129,8	183,5	337,6	450,1
3,47	1,850	- 21	189	132,4	187,3	348,0	462,3

Анализ экспериментальных данных показал, что прочность при сжатии контрольного состава, изготовленного на стандартном монофракционном песке составляет 405,5 кгс/см². Увеличение модуля крупности песка путем отсеивания мелкой фракции привело к увеличению прочности при сжатии раствора в возрасте 28 суток:

- при модуле крупности 1,33 на 4,9 %,
- при модуле крупности 1,87 на 6,6 %,
- при модуле крупности 2,4 на 8,6 %,
- при модуле крупности 2,94 на 11,0 %,
- при модуле крупности 3,47 на 14,0 %.

Уменьшение модуля крупности песка путем отсеивания крупной фракции привело к снижению прочности при сжатии раствора:

- при модуле крупности 0,80 на 7,5 %,
- при модуле крупности 0,27 на 28,4 %.

Данное снижение прочности при сжатии при снижении модуля крупности песка объясняется большой удельной поверхностью мелких частиц и, следовательно, большим необходимым расходом воды, идущем на увлажнение этих частиц. При этом при стандартной консистенции растворной смеси количество воды при уменьшении модуля крупности песка, а, следовательно, и среднего диаметра частичек, увеличивается на 38 %. Данные частички в реакцию с водой не вступают и после твердения раствора и испарения воды, не вступившей в реакцию с порландцементом образуются поры, которые и приводят к снижению прочности.

Увеличение количества воды из-за повышенного содержания мелких частиц в песке, значительно увеличивает вероятность образования трещин на ранних стадиях твердения раствора. Этот фактор чрезвычайно важен при устройстве растворяемых слоев.

Кроме того, по снижению прочности при сжатии можно косвенно судить и о снижении других физико-механических показателей, таких как, прочность при изгибе, морозостойкость, прочность сцепления с основанием.

Список литературы

1. Волков В.Г., Елшин И.М., Харин А.И., Хрусталева М.Н. обогащение и фракционирование при родных песках для бетона гидравлическим способом. – М.: Стройиздат, 1964
2. Гордон С.с. Пески для бетонов. - М.: Госстройиздат, 1957
3. Монгуш С.Ч. Влияние свойств мелких заполнителей на качество бетона / Вестник тувинского государственного университета 2011 №3 с.4-8
4. Баженов Ю.М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций. Госстройиздат. – М.: 1963
5. Бегларян В.С. Производство заполнителей бетона из песчано-гравийных смесей. – М.: Стройи

здат, 1973

6. ГОСТ 6139 - 2003. Песок для испытаний цемента. Технические условия. - М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Лезина Е.П.

ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарева, РФ, г. Саранск

Устойчивое развитие городов и сельских поселений — одна из главных задач градостроительного планирования и проектирования, которая актуальна не только в России, но и в странах Европейского Союза, Америки, Азии. В настоящее время распространено несколько научных концепций, лежащих в основе ее решения. Ниже рассмотрим две из них.

Согласно концепции устойчивого развития, объединяющей три составляющие — экономическую, экологическую и социальную, — их сбалансированное развитие во времени является основой устойчивого развития городской территории. На первый взгляд эта концепция имеет в большей степени гуманитарный смысл, в то время как в формировании территории любого поселения первостепенную роль играют архитектурно-технические вопросы, которые являются основой для реализации этой концепции, а следовательно, не могут быть решены в отрыве от ее основных положений. Однако «город», в котором каждый из компонентов будет находиться в состоянии равновесия, позволит обеспечить максимально эффективное и рациональное использование территории и его ресурсов, создать комфортную и экологически благоприятную среду обитания, решить социальные и экономические проблемы общества, раскрыть потенциал для его дальнейшего развития.

Модель биосферной совместимости городов, включающая техногенную составляющую как элемент системы, входит в направление исследований Российской академии архитектуры и строительства (РААСН). Любое урбанизированное пространство, будь то крупная агломерация или сельское поселение, представляет собой сложную социо-природно-техногенную систему (СПТС), равновесие, или биосферная совместимость которой должны обеспечить ее устойчивое развитие. Согласно биосферной концепции, которую также можно назвать техногенной, для обеспечения экологической безопасности жителей урбанизированных территорий необходимо воплощать в жизнь такие планировочные, архитектурно-технические и инженерные решения, которые позволят снизить остроту экологических проблем. Только такой подход к градостроительному планированию и проектированию позволит обеспечить экологический гомеостаз природной среды [1].

В настоящее время все более распространенным становится международный термин «sustainable development» — «устойчивое развитие», под которым понимают создание безопасной и качественной среды обитания, удовлетворяющей запросам развития современного человеческого сообщества, не ущемляя при этом жизненно важные возможности будущих поколений человечества.

Градостроительное проектирование изучает и создает пространственную конфигурацию, внешний облик и функциональность элементов города или иного населенного пункта. Особое внимание при этом уделяется разработке конфигурации мест общего пользования, в которых протекает повседневная деятельность горожан (парки, площади, улицы, жилые и общественные территории). Градостроительное проектирование является дисциплиной, находящейся на стыке и синтезирующей подходы городского (урбанистического) планирования, ландшафтного дизайна и архитектуры, требует понимания политических, социальных и экономических факторов [2].

Термин «urban design» (градостроительное проектирование) был предложен в 1956 г. на международной конференции в Гарвардской высшей школе дизайна (проектирования) — Harvard Graduate School of Design (GSD).

Устойчивое проектирование — это процесс создания различных объектов городской среды, для которой характерно принятие современных рациональных, экономичных, технологичных и «дружественных» решений, учитывающих не только существующие интересы, но и обеспечивающих прогрессивное развитие территорий во благо будущих поколений, а также отвечающих концепции устойчивого развития. Критериями для оценки принятых решений становятся такие понятия, как качество,

функциональность, доступность, ресурсоэффективность, биосовместимость, социальная ориентированность, технологичность, конкурентоспособность и т.п. Они позволяют реализовать вариантное проектирование на всех этапах разработки градостроительных проектов, что направлено на обеспечение устойчивого развития территории.

Градостроительные задачи проектирования устойчивой городской среды предполагают рассмотрение вопросов планировочной организации городской территории с целью ее наиболее рационального и эффективного использования. Градостроительная концепция устойчивой городской среды как одна из задач общей концепции устойчивого развития предполагает рассмотрение трех основных составляющих системы городской среды: социально-экономической, экологической и техногенной, баланс которых может быть обеспечен инструментами градостроительного проектирования.

Функционально-планировочная структура города или сельского поселения служит основным инструментом градостроительного планирования. Эта структура разрабатывается в составе генерального плана на основе градостроительного анализа, мониторинга и оценки основных показателей и должна обеспечить:

- рациональное территориальное планирование и градостроительное зонирование;
- соблюдение баланса территорий;
- осуществление градостроительной деятельности, которая должна выполняться с соблюдением требований сохранения объектов культурного наследия и особо охраняемых природных территорий [3].

Основное назначение транспортно-планировочной системы — это обеспечение потребности людей в передвижениях; при этом каждый из элементов инфраструктуры в полном объеме должен выполнять свои функции. При проектировании предпочтение необходимо отдавать устойчивым транспортным системам, обеспечивающим его экологическую, социальную и экономическую эффективность.

Значимость и важность экологической грамотности специалистов при проектировании городской среды трудно переоценить. Город служит мощнейшим техногенным фактором воздействия на окружающую среду, получившим название селитебного техногенеза, масштабы и последствия которого зависят от многих природных и техногенных условий.

Важно понять, что все возникающие экологические проблемы городов являются следствием высокой концентрации сосредоточенных на ограниченной территории материальных, энергетических и людских ресурсов, а также отходов производства и потребления, что негативно сказывается на здоровье горожан и экономической продуктивности.

При градостроительном проектировании рассматриваются следующие вопросы:

- контроль в основных природоэксплуатирующих секторах;
- мониторинг основных экологических индикаторов;
- политика соблюдения требований охраны окружающей среды и экологической безопасности;
- природоохранная деятельность, направленная на снижение техногенной и антропогенной нагрузки [4].

Архитектурно-пространственная композиция города определяет эстетические качества и планировочные решения застройки жилых районов, городских центров, производственных зон и рекреаций, создавая неповторимую архитектуру городской среды. Принимаемые решения должны быть ориентированы на повышение архитектурно-градостроительных качеств застройки, отвечать архитектурно-художественным требованиям, обеспечивать доступность среды для маломобильных групп населения. При разработке проектов целесообразно использовать приемы архитектурно-ландшафтного проектирования, а также энергетически эффективные и экологически чистые технологии.

Целенаправленная разработка идеологии с позиций вышеуказанных принципов по каждому из градостроительных аспектов позволит создать высококачественный «Проект устойчивой городской среды». Цель реализации такого проекта — повышение экономического уровня города, привлечение инвестиций, решение социальных проблем занятости населения. При реализации градостроительной политики устойчивого развития будут созданы условия, позволяющие повысить уровень жизни населения, создать комфортную среду обитания.

Список литературы

1. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А. Методика прогнозирования показателей биосферосовместимости урбанизированных территорий // Градостроительство. 2010. № 1. С. 37—43.

2. Косицкий Я.В., Благовидова И.Г. Основы теории планировки и застройки городов. М.: Архитектура-С, 2007. 77 с.
3. Щербина Е. В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // Вестник ИрГТУ. 2014. № И. С. 183-186.
4. Щербина Е. В. Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий : учебное пособие / Е. В. Щербина, Д. Н. Власов, Н. В. Данилина : под ред. Е. В. Щербины ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит, ун-т. Москва : НИУ МГСУ, 2016. 128 с.

НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА

Потехин А.А., Сапрыгина Ю.В., Тышкевич А.В., Андреев Е.А.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова,
г. Новочеркасск

Деревянные или кирпичные дома по праву имеют армию поклонников. Но при всех достоинствах они имеют один весьма значительный минус – их возведение быстрым не назовешь. Тем, кто задумался о постройке собственного дома, но при этом не обладает достаточным временем в запасе и не может похвастаться большими познаниями в строительстве, остается выбрать монолитный способ постройки жилья.

Для того чтобы выполнить заливку фундамента и стен такого дома применяют опалубку. Она может быть съемной (то есть демонтироваться после окончания работ) или несъемной. Второй вариант остается на месте после заливки и отвердения раствора, а все внешние отделочные работы проводятся прямо поверх опалубки.



Несъемная опалубка собирается по принципу детского конструктора из блоков, имеющих различный состав. Принцип монтажа напоминает кирпичную кладку. Элементы конструкции имеют пазы или специальные соединения замкового типа.

При необходимости скрепить противоположные блоки применяют стяжки. Обязательно используют вертикальное армирование, а чтобы конструкция выдержала давление, оказываемое на нее изнутри раствором, заливку проводят сериями. В каждый из заходов цементом заполняют высоту, равную трем или четырем рядам блоков.

Элементы для опалубки производят из пенополистирола или некоторых других материалов, способствующих теплоизоляции.

Применение несъемной опалубки имеет ряд плюсов:

- Монолитные конструкции прочны сами по себе. Оставленная опалубка создает дополнительный каркас, усиливающий стены будущего дома.
- Монолитные стены меньше давят на основание, поэтому разрабатывая проекты домов из несъемной опалубки можно просчитать вариант с увеличением этажности дома.
- Звуко- и теплоизоляция жилища. Вспененный полистирол – прекрасный материал для утепления жилых помещений, а его характеристики дополняются еще и тем, что он отлично гасит звуки. Возведение несъемной опалубки – это в своем роде одновременное проведение работ по утеплению и звукоизоляции.
- Меньше времени – меньше трудозатрат.
- Экономия места. Свободного пространства даже внутри частных домов, сконструированных по личным проектам, никогда не бывает много. Монолитные стены тоньше кирпичных, но защищают своих владельцев от холода ничуть не хуже, а место внутри экономят в значительной мере.

- Долговечность. Если до мелочей придерживаться технологии, то стены, образованные полистирольными блоками и бетоном, прослужат не менее века.
- Простота отделки. Блоки создают хорошую ровную поверхность стен, что позволяет без усилий и лишних затрат на выравнивание оснований провести их финишную отделку и со стороны улицы, и внутри дома.

Несъемная опалубка имеет несколько разновидностей.

Блоки из пенополистирола для монтажа неразборной опалубки - это пустотелые элементы со стенками различной толщины. Внешняя сторона материала гораздо больше внутренней – именно она будет отвечать за сохранение тепла в доме. Сами блоки достаточно прочные, чтобы удерживать заливаемый раствор, негигроскопичны и доступны по цене. Сборка в виде кирпичной кладки добавляет прочности конструкции, а дополнительную жесткость стене придаст армирование. Пруты арматуры, расположенные вертикально, соединяются внахлест. Важно правильно выбрать ее диаметр, как и марку бетона. Коммуникации, включая электропроводку, закладываются через предварительно вырезанные в блоках отверстия. Все работы нужно завершить до начала заливки. На выходе получается своеобразный сэндвич, где «начинка» из железобетона заключена между слоями изоляции. Противники пенополистирола делают упор на то, что этот материал неэкологичен. Но это скорее вопрос выбора производителя. Изготовленный по всем стандартам и правилам вспененный полистирол не представляет угрозы для здоровья.



Достаточно отметить, что придирчивые европейские комиссии и эксперты разрешили использовать этот синтетический материал совместно с продуктами питания. Поэтому совершая закупку материала, стоит ознакомиться с сертификатами качества и не гнаться за сомнительной денежной выгодой.

А вот с паропроницаемостью у пенополистирола дела действительно обстоят плохо. Но проблемы не возникнет, если хорошо продумать систему вентиляции.

Полистиролбетон – это «дышащий» материал. Он паропроницаем потому, что создан на основе цемента. Укладывать блоки придется на специальный клей, связывать арматурой и потом заливать. По прочности они превосходят опалубку из вспененного полистирола. Блоки на цементной основе отличаются к тому же большим разнообразием. Так есть кладочные блоки для несущих стен, выпускаемые в нескольких размерах и модификациях, отдельно можно приобрести элементы для опалубки колонн, вертикальных или несущих балок перекрытий, перемычек или обвязочных поясов.



Щепо-цементные блоки - это изобретение нидерландских разработчиков. Известны они с 30-х годов XX столетия. Для их производства используется крупная щепа древесины хвойных пород (она составляет примерно 80-90% от общего состава материала). Щепки обрабатываются специальными добавками и скрепляются смесью гипса, цементного клинкера и еще некоторых добавок (портландцемент). Преимущества, помимо экологичности, очевидны: высокая прочность на фоне малого веса, паропроницаемость, тепло- и звукоизоляционные свойства, стойкость к атмосферным воздействиям, морозоустойчивость. Пожарная безопасность достигается за счет специальной обработки, а гниения, плесени и вредителей такие блоки тоже не боятся. Они легко поддаются резке и обработке. При



сооружении опалубки плиты ставят друг напротив друга и скрепляют стяжками из проволоки. Они не просто соединяют элементы конструкции, но и не позволяют стене отклоняться от вертикали. Размеры материала стандартные: 2000 × 500 × 35 мм. Они нашли и другое применение: нередко щепо – цементные плиты используют для утепления фасадов или для постройки небольших щитовых домиков на даче, рассчитанных на проживание в летний период. Армировать конструкцию придется меньше. Укрепления потребуют переемычки оконных и дверных проемов, колонны. А сами стены армируют со значительным разрывом в 2,5 или 3 метра (для опалубки из пенополистирольных блоков интервал составляет 1 метр). За один подход заливают смесь, двигаясь по периметру, на высоту метра (два ряда). Уплотняют залитый бетон методом штыкования. Так как первый вариант материала для несъемной опалубки встречается гораздо чаще, то в качестве примера стоит рассмотреть технологию возведения из пенополистирольных блоков.

Список литературы

1. <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/dom-iz-nesemnoi-opalubki-tehnologiya-stroitelstva>
2. <http://greensector.ru/stroitelstvo-i-remont/nesemnaya-opalubka-iz-penopolistirola-dlya-stroitelstva-domov.html>

СПОСОБЫ УКЛАДКИ ТЕПЛОГО ПОЛА

Сапрыгина Ю.В., Потехин А.А., Тышкевич А. В., Андреев Е. А.

ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова, РФ, г. Новочеркасск

Водяной пол относится к системе комфортного отопления, и чтобы схема теплого пола для дома была правильно подобрана, необходимо знать площадь помещения и количество комнат.

В сравнении с традиционной радиаторной системой отопления, при которой теплый воздух поднимался к потолку, а пол остается холодным, система теплого пола равномерно отапливает помещение по всей площади, причем температура воздуха у пола выше, чем у потолка, что благотворно влияет на человека.

В сравнении с традиционной системой отопления теплый водяной пол на 25% дешевле в эксплуатации.

Водяной теплый пол может быть смонтирован по одной из 3-х технологий:

1. В бетонную стяжку;
2. По матам из пенополистирола;
3. В пазы деревянных плит.

Монтаж водяного теплого пола в бетонной стяжке

Процесс монтажа водяного теплого пола со стяжкой:

- Очистка и выравнивание поверхности. После очистки нужно проверить поверхность основания на перепады высот. Если перепад не превышает 1 см, можно приступать к укладке пола. Если перепад 2 см и более, нужно выровнять поверхность. Лучше всего для этого подойдет наливной пол.
- Гидроизоляция. Гидроизоляционная пленка укладывается для того, чтобы оградить теплоноситель от возможной влаги снизу.
- Кромочная изоляция. По периметру стен укладывается и крепится демпферная лента на всю высоту будущего пола.
- Теплоизоляция. Утеплитель толщиной 1-5 см (в зависимости от того, насколько теплый пол вы делаете, и какие климатические условия) должен быть плитным. Также можно купить утеплитель с отражающей поверхностью.
- Пароизоляция.
- Армирование. Для этого подойдет арматурная сетка с ячейками 15-20 см: по ним легко прокладывать трубу водяного теплого пола. Многие делают армирование перед укладкой труб водяного пола, но желательно сделать это после, так как в таком случае арматура будет равномерно распределять нагрузку на трубы.
- Укладка водяного теплого пола. Сначала подсоединяем трубу к выходу подающего коллектора. Если вы делаете теплый пол единственным источником отопления, то укладывайте трубу с

минимальными отступами прямо по сетке (шаг между трубами 15-20 см). Если теплый пол — вспомогательная система отопления, то шаг укладки может быть до 30 см, но не более. Крепление трубы к сетке производится специальными клипсами очень легко (шаг креплений около 1 метра), но не нужно жестко крепить: труба может немного расширяться от нагрева. Также крепить трубы можно фиксирующими планками (трак) или завязками. Если укладка идет до армирования, то есть специальные клипсы для крепления к основанию. Если вы укладываете пол по схеме «улитка», не забывайте про обратный ход. Оптимальная длина трубы для одного контура равна 70-80 м. Если на одно помещение этой длины не хватает, разбейте площадь на 2 контура. На помещение площадью 10 м² при шаге между трубами в 15 см длина трубы будет 67 м (как раз оптимальный вариант). После прокладки всей длины трубы подсоединяем ее к выходу принимающего коллектора.

- Проверка работоспособности. После смонтированной системы водяного теплого пола его нужно включить на несколько часов, чтобы убедиться в качестве монтажа. Давление должно снижаться примерно на 0,03 МПа в час, при этом температура воды должна быть одинаковой.
- Заливка стяжки. Толщина стяжки водяного теплого пола должна быть выше труб или армирования на 2-3 см.
- Когда стяжка высохнет (1 месяц), можно приступать к укладке звукоизоляции и покрытия. Не включать теплый пол до полного схватывания стяжки: стяжку нельзя принудительно сушить — она растрескается.



Рисунок 1. Укладка труб теплого пола в бетонной стяжке

Монтаж водяного теплого пола на пенополистирольных матах

Процесс укладки водяного теплого пола по матам отличается от предыдущего отсутствием стяжки и утеплителя (которым является сам пенополистирольный мат). По всей площади мата на равном расстоянии друг от друга расположены бугорки, между которыми прокладывается труба. После укладки труб маты заливаются стяжкой, затем укладывается звукоизоляционный материал и покрытие пола.

Также укладка может производиться на плиты из пенополистирола. Но перед этим нужно создать схему монтажа, поскольку по ней вы будете укладывать плиты. В плитах есть пазы, в которые укладываются алюминиевые пластины (для нагрева), в которые уже укладываются и крепятся трубы. После укладки и проверки работоспособности водяного теплого пола на него укладывается звукоизоляция и покрытие.

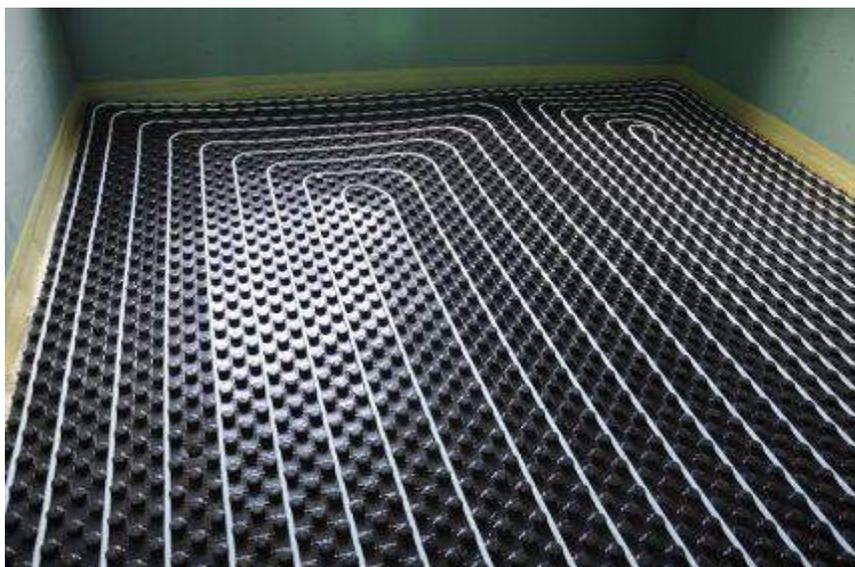


Рисунок 2. Укладка труб теплого пола на пенополистирольные маты

Монтаж водяного теплого пола в пазы деревянных плит

Деревянные плиты с пазами и алюминиевыми пластинами являются такой же модульной системой, как и плиты из пенополистирола. И монтаж такой же, за исключением необходимости прокладки утеплителя до укладки деревянных плит. Затем в плиты так же укладываются алюминиевые пластины, в них трубы, и все это накрывается звукоизоляцией и покрытием.

Также существует реечный тип укладки пола. Рейки используются вместо плит. И пазы идут не в рейках, а между ними. То есть нужно уложить рейки так, чтобы между ними проложить алюминиевые пластины (закрыв около 80% поверхности), а в них уже трубы. Деревянные технологии укладки водяных теплых полов применяются преимущественно в деревянных домах.



Рисунок 3. Укладка труб теплого пола на деревянные маты

Устройство теплых полов в стяжке предполагает наличие "мокрых" и трудоемких процессов, которые иногда необходимо избежать. Стяжка требует времени для сушки перед эксплуатацией, что не всегда можно обеспечить в условиях сжатых сроков.

Есть случаи, в которых установить бетонную систему теплые полы невозможно. Например, в домах с деревянными перекрытиями. При толщине стяжки 50 мм суммарный вес бетонной системы составляет 250-300 кг/м². Его способны выдержать только перекрытия из бетонных плит. Поэтому в этом случае применяют «легкую» (по весу), «сухую» (по технологии укладки), деревянную или полистирольную систему.

Полистирольная система может быть применена во всех типах домов: на бетонных, деревянных перекрытиях и на старых напольных покрытиях при реконструкции. Необходимо, чтобы основание было ровное и чистое.

Список литературы

1. Козин В. Теплый водяной пол своими руками // Самиздат, 2013.
2. Теплый пол в современном строительстве. // Еврострой. — 2000 г. — № 19
3. Покровский С. Преимущества систем водяного теплого пола. // Строительство. Новые технологии. Новое оборудование. — 2007 г. — № 10.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОРОГИПСОБЕТОНА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Шишин А. В., Маракулина С. П., Соловьева А. А.

(доктор техн. наук Шишин А. В., кандидат техн. наук Маракулина С. П., аспирант Соловьева А. А.)
ГУЗ, г. Москва

Строительные материалы на основе гипсовых вяжущих характеризуются большим разнообразием физико- и теплотехнических свойств и находят применение в различных видах строительных изделий и конструкций. Так, плотность (ρ) гипсовых, в том числе порогипсовых, материалов изменяется от 200 до 1200 кг/м³, коэффициент теплопроводности (λ) соответственно от 0,1 до 0,47 Вт/м *°C, а коэффициент теплоусвоения (s) от 1,16 до 6,7 Вт/м²*°C [1].

Одной из областей рационального применения гипсовых материалов являются ограждающие конструкции малоэтажных зданий, отличающиеся экологичностью и высокими эксплуатационными качествами [2]. Использование в ограждающих конструкциях новых высокоэффективных теплоизоляционных материалов позволяет значительно уменьшить их толщину и массу. Однако, легкие многослойные ограждающие конструкции типа «Гитор» обладают малой тепловой инерцией, которая снижает их теплоаккумулирующую способность и теплоустойчивость к внешним переменным тепловым воздействиям, что может привести к недопустимым колебаниям температуры внутренней поверхности ограждения и требует устройства теплоаккумулирующего слоя. Последнее обстоятельство имеет важное значение при обеспечении нормируемых параметров микроклимата в малоэтажных жилых домах, удельная площадь наружных ограждений которых, по отношению к объему здания, в 3 раза и более превышает аналогичный показатель многоэтажных зданий. В зависимости от объемно-планировочных решений жилых домов расходы тепловой энергии составляют 250 – 600 кВт/ч за отопительный период на 1 м² отапливаемой площади многоэтажных или малоэтажных, в том числе многоквартирных домов [3].

Теплоустойчивость ограждающих конструкций зависит от величины их тепловой инерции (D). Тепловая инерция отдельного слоя толщиной δ определяется по формуле $D=Rs=\delta s/\lambda$. С целью оценки теплозащитной эффективности теплоаккумулирующего слоя из гипсобетонов различной плотности, в данной статье проведен анализ термического сопротивления (R) и тепловой инерции (D) гипсобетонного слоя толщиной 0,1 м. Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные значения теплотехнических показателей гипсобетонного слоя различной плотности.

Плотность Кг/м ³	Условия эксплуатации	Теплопроводность Вт/м*°C	Теплоусвоение Вт/м ² *°C	Термическое сопротивление м ² *°C/Вт	Тепловая инерция
200	А	0,10	1,16	1,0	1,16
	Б	0,11	1,24	0,91	1,13
400	А	0,14	1,94	0,71	1,39
	Б	0,15	2,35	0,67	1,37
600	А	0,19	3,24	0,53	1,80
	Б	0,23	3,84	0,44	1,67
800	А	0,21	3,73	0,48	1,78

	Б	0,26	4,50	0,39	1,74
1000	А	0,29	4,62	0,35	1,59
	Б	0,35	5,28	0,29	1,51
1200	А	0,41	6,01	0,24	1,47
	Б	0,47	6,70	0,21	1,43

Как видно из приведенных данных, с уменьшением плотности гипсового вяжущего материала термическое сопротивление возрастает, а теплоусвоение снижается; величина тепловой инерции теплоаккумулирующего бетонного слоя постоянной толщины изменяется по нелинейной зависимости от его плотности: наибольшие значения тепловой инерции слоя отмечаются при плотности порогипсобетона от 600 до 800 кг/м³ и достигает величины 1,8, что на 28% выше тепловой инерции гипсобетонного слоя плотностью 1200 кг/м³. При тех же условиях термическое сопротивление порогипсового слоя увеличилось с 0,24 до 0,53 м²*С/Вт или в 2,2 раза. При дальнейшем снижении плотности порогипсобетона тепловая инерция слоя уменьшается и при плотности 200 кг/м³ достигает величины 1,16, что на 55% ниже максимального значения при одновременном увеличении термического сопротивления слоя почти в 2 раза.

Таким образом, наибольшей тепловой инерцией обладает теплоаккумулирующий гипсобетонный слой с применением порогипсобетона плотностью 600 – 800 кг/м³ и при толщине порогипсобетонной панели равной 30 см – тепловая инерция составит 5,4 единиц.

Список литературы

1. Бессонов И. В. Перспективы применения теплоизоляции из порогипса в ограждающих конструкциях зданий. «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», материалы Всероссийского семинара 22 – 23 апреля 2002 г., Москва, НИИСФ, 2002 г., с. 158 – 165.
2. Гаркави М. Е., Френкель Э. З. и др. Эффективные стеновые материалы на основе гипса. Там же, с 88 – 90.
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ КАТОДНОМ ВНЕДРЕНИИ ЛАНТАНА И ЛИТИЯ В MnO₂ - ЭЛЕКТРОД

Гусева Е.С., Попова С.С., Францев Р.К.

ЭТИ СГТУ, РФ, г. Энгельс, Саратовская область

Несмотря на высокие конкурентные преимущества литий-ионных аккумуляторов, такие как высокая плотность накапливаемой энергии и разрядных токов, а также более высокое напряжение, в пределах 4 В, проблема широкого использования ЛИА с катодом из оксидов переходных металлов остаётся нерешенной прежде всего из-за недолгого срока службы (сравнительно быстрого старения аккумулятора), сравнительно высокой стоимости и токсичности используемых в ЛИА катодных материалов (кобальтатов, никелатов лития и др.). В связи с этим, научные разработки последних десятилетий направлены на поиск способов предварительной обработки катодных материалов, позволяющих снизить их токсичность, себестоимость и соответственно улучшить электрохимические характеристики литий-ионных аккумуляторов. Среди литированных оксидов переходных металлов неоспоримыми преимуществами в этом плане обладают литированные оксиды марганца, прежде всего благодаря низкой стоимости и малой опасности для окружающей среды. [1].

Диоксид марганца, являющийся прекурсором синтезированных на его основе литированных оксидов, известен в нескольких модификациях: α , β , γ , δ , широко распространен в природе. В ХИТ наиболее широко используется γ - MnO₂ марки ЭДМ-2, получающийся методом анодного окисления сульфата марганца в сернокислых растворах [2]. Структура оксида марганца марки ЭДМ-2 обеднена кислородом,

содержит марганец смешанной степени окисления (+3,+4). Благодаря наличию катионных вакансий и дефектов при литизации диоксид марганца ромбической структуры переходит в стабильную кубическую структуру. Существенным недостатком литированного диоксида марганца является невысокая стабильность при циклировании. Причин потери емкости несколько - это искажение кристаллической решетки вследствие эффекта Яна-Теллера и частичное растворение MnO_2 вследствие диспропорционирования ионов марганца. Отсюда поиск путей упорядочения структуры литированного диоксида марганца и создания условий, замедляющих реакцию диспропорционирования ионов марганца является актуальным. [3] Последнее возможно при обработке диоксида марганца путем гетеровалентного легирования.

Большинство способов гетеровалентного легирования связано с допированием переходного металла в подрешетку марганца. [4-8]

Наши исследования [4] показали что в этом плане весьма эффективно применение метода катодного внедрения редкоземельных металлов, в частности лантана, в структуру MnO_2 электрода из апротонных органических растворов его солей в ДМФА (диметилформамиде) и последующего внедрения лития из раствора $LiClO_4$ в смеси ПК (пропиленкарбоната) + ДМЭ (диметоксиэтана) (1:1 об.) в потенциостатическом режиме. Получаемые материалы превосходят по своим свойствам немодифицированный литированный диоксид марганца $LiMn_2O_4$ и обладают более высокой устойчивостью при циклировании до 4,5 В, высокой удельной разрядной емкостью до 150-170 мАч/г и повышенной термической устойчивостью.

При катодном внедрении лантана изменение смешанно-валентного состояния ионов марганца, обусловленное образованием катионных вакансий в металлической подрешетке MnO_2 , приводит к тому, что реакция диспропорционирования оказывается затруднена. Соответственно повышается стойкость такого катода к действию электролита в процессе циклировании в апротонном органическом литийсодержащем растворе.

Согласно результатам [9] сканирующей электронной микроскопии, шероховатость поверхности при такой обработке практически не изменяется - модифицирующие добавки равномерно распределены в поверхностном слое электрода. Рентгеновский микроанализ состава электродов позволил определить процентное содержание по основным оксидобразующим элементам (таблица 1).

Таблица 1.

Элементный состав образцов электродов: MnO_2 , $La_{0.01}Mn_{1.99}O_4$, $Li_xLa_{0.01}Mn_{1.99}O_4$

Материал электрода	C (%)	Mn (%)	O (%)	La (%)	F (%)
MnO_2	3,44	79,28	17,28	-	-
$La_{0.01}Mn_{1.99}O_4$	3,54	75,58	20,38	0,50	-
$Li_xLa_{0.01}Mn_{1.99}O_4$	2,83	71,29	25,67	0,20	-

Цель настоящего исследования - оценить активирующее влияние предварительного лантанирования MnO_2 электрода на процесс его последующего литирования.

Материалы и методы

Материалами для работы служили изготовленные нами в НИЛ «Литиевые источники тока» при кафедре «Химические технологии» СГТУ MnO_2 - электроды по методике, разработанной в АО «Литий-Элемент» (г.Саратов) [9], и продукты их лантанирования и литирования по методу катодного внедрения в растворах салицилата лантана в диметилформамиде и перхлората лития $LiClO_4$ в смеси пропиленкарбоната и диметоксиэтана (1:1) в потенциостатическом режиме. Для определения степени восстановленности модифицированного MnO_2 использовали метод измерения потенциала, устанавливающегося на электроде при размыкании цепи после сообщения электроду заданного количества электричества, а также методы рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии.

Рабочие электроды (катоды):

электроды из диоксида марганца состава: MnO_2 - 90%, углерод технический печной электропроводный П 267 Э ТУ 38.11574-86 – 5%, фторопластовая суспензия марки Ф-4Д – 5% - в виде пластин с площадью рабочей поверхности 2,0 см²,

модифицированные лантаном La_xMnO_2 электроды, изготовленные путем катодной обработки в диметилформамидном 0,5 М растворе салицилата лантана при потенциале $E_k = -2,9$ В (относительно неводного ХСЭ) и времени $t_k = 30$ мин;

модифицированные лантаном и литием электроды из диоксида марганца $\text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$, которые получали соответственно путем катодной обработки $\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$ электрода в апротонном 0,8М растворе LiClO_4 в смеси ПК и ДМЭ при $E_k = -2,9$ В и времени $t_k = 1$ час; .

Противоэлектроды: электролитические сплавы алюминия с лантаном (LaAl) и литием (LiAl, LiLaAl), полученные путем катодной обработки алюминиевой фольги 99,99% (А99, ГОСТ 11069-74) толщиной 100мкм в виде пластин с площадью рабочей поверхности 1 см², при потенциале $E_k = -2,9$ В в течение 1 часа в тех же апротонных растворах салицилата лантана и перхлората лития.

Электролиты: 0,5 М раствор салицилата лантана $\text{La}(\text{OH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO})_3$ в ДМФ, 0,8 М раствор перхлората лития LiClO_4 в смеси (ПК+ДМЭ).

Потенциал исследуемых электродов во всех случаях измеряли относительно неводного хлорсеребряного электрода сравнения.

Состав соединений, образующихся в результате твердофазного электрохимического восстановления диоксида марганца при интеркалировании лития и лантана и соответственно степень восстановленности марганца (IV) x (по литию) и y (по лантану) определяли с помощью метода измерения равновесного потенциала в разомкнутой цепи после сообщения электроду заданного количества электричества в импульсном гальваностатическом режиме и анализировали зависимость между потенциалом электрода и количеством внедрившегося лантана и (или) лития на каждой ступени процесса восстановления марганца в токовых единицах ($Q_n = i \cdot t_n$) в формирующихся соединениях Li_xMnO_2 , La_yMnO_2 и $\text{Li}_x\text{La}_y\text{MnO}_2$. Заданное количество электричества ($Q_n = i \cdot t_n$), сообщенное электроду, регистрировали с помощью хронопотенциограмм. Плотность катодного тока составляла в нашем случае 0,05 мА/см². Интервал времени, достаточный для установления постоянного, не меняющегося во времени потенциала образующегося продукта, составлял 30 сек. В отличие от традиционных физических и химических методов, использованный нами электрохимический метод позволяет с достаточной степенью точности идентифицировать фазы образующихся промежуточных соединений неопределенного состава благодаря тому, что каждому значению степени восстановленности Mn, « x » соответствует определенное значение потенциала. Поэтому, если при разряде катода электрическим током заданной плотности отключать поляризацию через определенные промежутки времени, то состояние границы раздела фаз $\text{Li}_x\text{MnO}_2/\text{Li}^+$ (раствор) будет соответствовать некоторому значению потенциала E_p .

Метод основан на том, что в процессе катодного восстановления электрод разряжается и за время t теряет определенную емкость $Q = I \cdot t$. Если разряд периодически прерывать, то для каждой ступени восстановления после отключения поляризующего тока будет устанавливаться некоторый постоянный, не меняющийся во времени потенциал E_p , характерный для заданного плотностью тока и временем поляризации состава соединения (например, $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$). Считая, что в этом случае все количество электричества пошло на образование этого соединения и эквивалентно ему, по зависимости $E_p - \lg Q$ можно рассчитать степень восстановленности x и определить состав образующегося на каждой ступени поляризации продукта.

При восстановлении MnO_2 , как и других оксидов подобного типа, образуются соединения, известные как соединения внедрения, или интеркалаты M_xMeO_y , где М - катион электролита, MeO_y - оксид переходного металла. Интеркалирование происходит путем «растворения» катионов внедряющегося металла в пустотах между слоями или в каналах исходного катодного материала и образования соединений, в нашем случае, Li_xMnO_2 , $\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$, $\text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$. Особенностью процесса интеркалирования является неизменность валентности внедряющегося металла (лития Li^+ , лантана La^{3+}). Меняется валентность оксидобразующего переходного металла (марганца). В результате в процессе внедрения в образующейся молекуле M_xMeO_y происходит перераспределение электронной плотности - перенос заряда с атома переходного металла на кислород. Частичное восстановление Me делает возможным внедрение М в структуру оксида. Величина « x » в формулах соединений Li_xMnO_2 , $\text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$ характеризует степень восстановленности марганца, т.е. изменение валентности марганца на величину « x » и одновременно степень внедрения лития в структуру MnO_2 или соответственно $\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$. Таким образом, при $x_{\text{Li}^+} = 1$ валентность марганца условно становится равной 3.

В случае « n » повторений в процессе прерывистого разряда фиксируемые задержки потенциала $E_{p,n}$ на хронопотенциограммах будут соответствовать n - ряду соединений переменного состава, различающихся

содержанием ионов Li^+ (степень литизации) и величиной условного заряда на атоме Mn (степенью восстановленности его). Принимая, что в апротонных органических растворах протекает только одна реакция $x\text{Li}^+ + xe^- + \text{MnO}_2 \leftrightarrow \text{Li}_x\text{MnO}_2$, (и соответственно $x\text{Li}^+ + xe^- + \text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2 \rightarrow \text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$, можно считать, что вся сообщаемая электроду емкость $Q = i \cdot t_n$, расходуется при заданной плотности тока i и длительности катодной поляризации t_n , практически полностью на образование соединения $\text{Li}_{x,n}\text{MnO}_2$. Скорость этого процесса можно описать уравнением

$$i = k_1[\text{M}^{z+}]_{\text{тв}} \cdot e^{azF\Delta E/RT} - k_2[\text{M}^{z+}]_{\text{эл}} \cdot e^{-(1-a)zF\Delta E/RT} \quad (1)$$

При достижении состояния межфазной границы, отвечающего условию

$$k_1[\text{M}^{z+}]_{\text{тв}} \cdot e^{azF\Delta E/RT} = k_2[\text{M}^{z+}]_{\text{эл}} \cdot e^{-(1-a)zF\Delta E/RT}, \quad (2)$$

концентрация ионов M^{z+} в электролите и в твердой фазе через кажущуюся константу равновесия K_p связаны с концентрацией образующейся фазы M_xMeO_y соотношениями

$$[\text{M}_i^{z+}]_{\text{эл}}^{\text{нх}} = [\text{M}_x\text{MeO}_y]^n / K_p, \quad (3)$$

$$[\text{M}_i^{z+}]_{\text{тв}} = [\text{M}_x\text{MeO}_y]^{1/x} / K_p. \quad (4)$$

$$E_p = E' + 2,3 RT/F [1/z \cdot \lg[\text{M}_i^{z+}]_{\text{эл}} - 1/x \cdot \lg[\text{M}_x\text{MeO}_y]], \quad (5)$$

Соответственно, для исследуемого процесса внедрения ионов Li^+ ($z = +1$) в MnO_2 электрод получим (при 20°C)

$$E_p = E' + 0,059 \lg[\text{Li}^+]_{\text{эл}} - 0,059/x \cdot \lg[\text{Li}_x\text{MnO}_2]. \quad (6)$$

При заданной концентрации ионов Li^+ в растворе

$$E_p = E'' - 0,059/x \cdot \lg[\text{Li}_x\text{MnO}_2], \quad \text{где } E'' = E' + 0,059 \lg[\text{Li}^+]_{\text{эл}} \quad (7)$$

Полагая, что концентрация Li_xMnO_y в электроде пропорциональна количеству электричества $Q = i \cdot t_n$, затраченному на процесс катодного восстановления металла MnO_2 электрода, по зависимости E_p - Q и E_p - $\lg Q$ можно определить величину x и соответственно состав Li_xMnO_2 . (таблица №2).

Результаты эксперимента и их обсуждения:

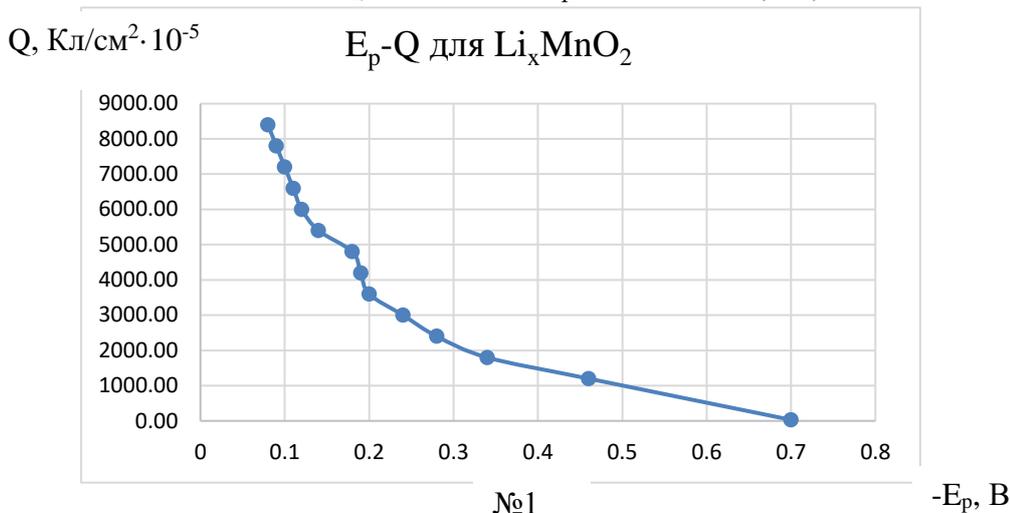
Анализ зависимости величины $E_{p,n}$, устанавливающегося на каждой ступени поляризации, от количества пропущенного электричества Q_n , представленной на рис.1 и 2 в координатах E_p - Q и $E_{p,n}$ - $\lg Q_n$, показал, что на начальном этапе поляризации внедрение ионов лития (и соответственно ионов лантана) сопровождается образованием твердого раствора ионов Li^+ (La^{3+}) в матрице электрода, т.е. без искажения кристаллической решетки материала катода.

Таблица 2.

Зависимости E_p - x , характеризующие процесс разряда Li_xMnO_2 , La_yMnO_2 и $\text{Li}_x\text{La}_y\text{MnO}_2$ -электродов ($i = 0,05 \text{ мА/см}^2$)

Время разряда t_n , с	Li_xMnO_2		La_xMnO_2		$\text{Li}_x\text{La}_y\text{MnO}_2$	
	$-E_p, \text{В}$	x	$-E_p, \text{В}$	x	$-E_p, \text{В}$	x
600	0.7	0.026	0.38	0.0004	0.42	0.266
1200	0.46	0.052	0.31	0.0008	0.36	0.401
1800	0.34	0.078	0.28	0.0012	0,17	0.533
2400	0.28	0.104	0.26	0.0016	0.128	0.799
3000	0.24	0.130	0.24	0.002	0,066	0.894
3600	0.2	0.156	0.22	0.0024	0.029	1.066
4200	0.19	0.182	0.2	0.0028		
4800	0.18	0.208	0.18	0.0032		
5400	0.14	0.235	0.18	0.0036		
6000	0.12	0.261	0.17	0.004		
6600	0.11	0.287	0.16	0.0044		
7200	0.1	0.313	0.16	0.0048		
7800	0.09	0.339	0.14	0.005		
8400	0.08	0.365	0.13	0.01		

На образование новой фазы указывает появление задержек потенциала на кривых $Q-E_p$ и $\lg Q-E_p$ в области значений $\approx -0,2$ и $\approx -0,4$ В связанных с изменением соотношения Mn (III) и Mn (IV) в катионной подрешетке частично восстановленного MnO_2 , вызванным внедрением ионов Li (La^{3+}).



Значения потенциалов образующихся фаз внедрения достаточно хорошо воспроизводятся как при катодном (заряд), так и при анодном (разряд) (рис.3) направлении тока, что позволяет говорить о высокой обратимости процесса внедрения катионов раствора в решётку MnO_2 и выхода обратно в раствор: $xLi^+ + MnO_2 + e^- = Li_x MnO_2$. (8)

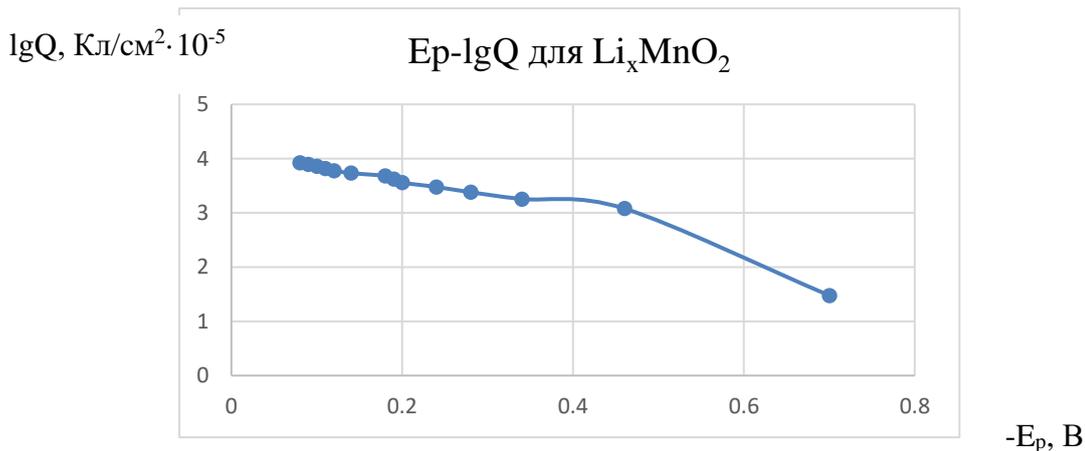


Рис.1-2. Зависимость величины $E_{p,n}$, устанавливающейся на каждой ступени поляризации, от количества пропущенного электричества Q_n в координатах E_p-Q (№1) и $E_{p,n}-\lg Q_n$ (№2)

Предельное значение в случае внедрения ионов Li^+ x близко к 1.

В этом случае степень восстановленности Mn (IV) достигает 3. Предельное значение y в случае внедрения катионов лантана в заданных условиях достигает 0.01, что говорит о частичном замещении ионов Mn(III) катионами лантана. Уравнение протекающего процесса:



Заключение

На основании полученных данных можно утверждать, что внедрение ионов лития происходит с одновременным уменьшением степени окисления Mn в матричном электроде $LiMnO_2$ по реакции $Mn^{4+} + e^- \rightarrow Mn^{3+}$, а внедряющиеся в незначительных количествах катионы лантана, внедряясь в узлы катионной подрешетки MnO_2 , снижают суммарную валентность марганца в MnO_2 и активируют процесс внедрения лития. (рис.3).

Степень внедрения катионов лития возрастает при переходе от $Li_{(x=1)}MnO_2$ к $Li_{(x=1,06)}La_{0.01}MnO_2$, благодаря частичному замещению марганца в структуре MnO_2 с образованием соединения нестехиометрического состава $La_{0.01}Mn_{1.99}O_4$ и созданию более оптимальных условий для внедрения лития, поскольку радиус иона лантана ($r_{La^{3+}} = 0,1061$ нм) меньше радиуса иона марганца ($r_{Mn^{3+}} = 0,1306$ нм).

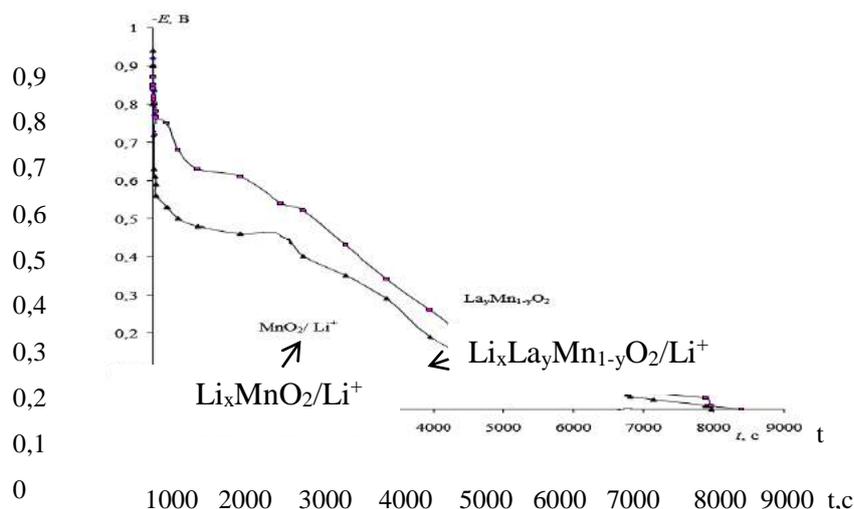


Рис.3. Разрядные кривые на 5 цикле при разряде плотности тока $i = 0,05 \text{ mA/cm}^2$ до $E = 0 \text{ В}$ для Li_xMnO_2 , $\text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$ электродов.

Циклирование электродов в гальваностатическом режиме при плотности тока $i = 0,05 \text{ mA/cm}^2$ до потенциала $E = 0 \text{ В}$ показало (рис.3), что у немодифицированного литированного оксида марганца Li_xMnO_2 уже на 5 цикле наблюдается снижение емкости вследствие меньшей устойчивости структуры MnO_2 в сравнении с модифицированными образцами. Наибольшая отдача по емкости и наименьшая скорость деградации характерны для образцов, модифицированных лантаном $\text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$. После отдыха ячейки в разомкнутой цепи разрядные кривые смещаются в область более высоких отрицательных значений. Это может быть связано с диффузией катионов Li^+ и La^{3+} к внешней границе с раствором. В результате длительность разряда возрастает: $\text{MnO}_2 < \text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2 < \text{Li}_x\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$. Таким образом, хотя, в отличие от Li_xMnO_2 , в $\text{La}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$ (далее $\text{La}_{0,01}\text{Mn}_{0,99}\text{O}_2$) степень восстановленности марганца изменяется незначительно (валентность его остается близкой к 4) однако и этих количеств достаточно чтобы облегчить последующее внедрение лития и его накопление в матрице модифицированного MnO_2 .

Список литературы

1. Кубасов В.Л., Банников В.В. Электрохимическая технология неорганических веществ. М: Химия. 1989. 288 с.
2. Скундин А.М. Перспективы совершенствоования и применения литий-ионных аккумуляторов / Скундин А.М., Кулова Т.Л.// Автономная энергетика, 2014, №34.-С.21-29. ISSN 0868-8605
3. Т.-Ф.Йи. Кинетика электрохимической интеркаляции ионов лития для получения катодного материала - шпинели $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$ / Т.-Ф.Йи, Ч.Я.Ли, Я.-Р.Жу, Р.-С.Жу, Ж.Шу // Электрохимия, 2010. -Т.46, №2.-С.236-242
4. Францев Р.К. Электрохимическое интеркалирование MnO_2 - электрода в апротонных органических растворах солей редкоземельных элементов / Р.К. Францев, С.С. Попова, Е.С. Гусева // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2011 . Т. 54. № 5 . С. 94 – 98.
5. Чудинов Е.А. Проблемы безопасности при эксплуатации литий-ионного аккумулятора / Чудинов Е.А., Ткачук С.А., Кокорин А.Н. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.
6. Чуриков А.В. Электрохимические свойства шпинелей $\text{Li}_x\text{Mn}_{2-y}\text{Me}_y\text{O}_4$ ($\text{Me} = \text{Cr}, \text{Co}, \text{Ni}$) как катодных материалов для литий-ионного аккумулятора / А.В. Чуриков, Э.Н. Качибая., В.О. Сычева, И.А. Иванищева, Р.И. Имнадзе., Т.В. Панкидзе., А.В. Иванищев // Электрохимия, 2009.-Т.45,№2.-С.185-192
7. Bergman H. Lithium - moderne stromquellen // Bild und Ton, 1984. - №4. – P. 122 -124.
8. Smirnov S.E. Structural and Electrochemical Characteristics of Lithiated Manganese Oxides / Smirnov S.E., Yashtulov N.A., Ogorodnikov A.A., Zhorin V.A., Sivtsov A.V. // Russian Journal of Electrochemistry. 2003. Т. 39. № 3. С. 247-252.

**СЕКЦИЯ №12.
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

**СЕКЦИЯ №13.
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

**СЕКЦИЯ №14.
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

ИНТЕГРАТОР РАДИОСИГНАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Абрамов А. П., Кравец Е. В., Петров П. Н.

СПбГУАП, г. Санкт-Петербург, РФ

**Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-04720.*

Для осуществления операции интегрирования радиосигналов во временной области необходимо устройство с передаточной функцией вида $(\sin x/x)$ и импульсной характеристикой, представляющей собой радиоимпульс, огибающая которого максимально близка к прямоугольной форме, т.е. устройство с импульсной характеристикой вида

$$h_{II}(t) = \begin{cases} \frac{1}{T_{II}} \cos \omega_1 t & \text{при } \begin{cases} 0 < t \leq T_{II}; \\ t \leq 0, \quad t > T_{II}; \end{cases} \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

где T_{II} – длительность, ω_1 – частота несущего колебания импульсной характеристики интегратора радиосигналов.

Устройство с импульсной характеристикой (1) весьма успешно реализуется с помощью элементов на ПАВ. При этом, целесообразно использовать не веерные ВШП ПАВ, а эквидистантные ВШП ПАВ. Топология интегратора радиосигналов на ПАВ, разработанная на основе эквидистантных ВШП ПАВ [1,2], представлена на рис. 1.

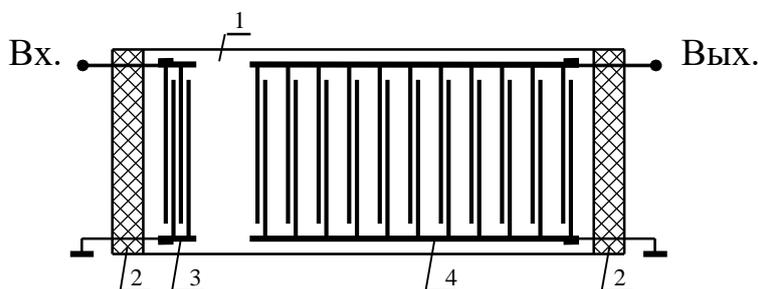


Рис. 1. Топология интегратора радиосигналов на ПАВ

В его состав входит пьезоэлектрическая подложка 1, представляющая собой пластину из пьезоэлектрического материала со звукопоглощающими покрытиями 2 на ее торцах. На полированную поверхность пьезоэлектрической подложки нанесены два эквидистантных ВШП ПАВ. Входной ВШП ПАВ 3 обладает широкой полосой пропускания и состоит из двух-трех пар встречно включенных штырей. Выходной ВШП ПАВ 4 обладает узкой полосой пропускания, так как он состоит из числа пар встречно включенных штырей значительно превосходящего число аналогичных пар входного ВШП ПАВ 3.

Акустическое расстояние между штырями определяет среднюю частоту полосы пропускания ВШП ПАВ, а его полная акустическая протяженность – ширину полосы пропускания.

Для уменьшения переотражений ПАВ, распространяющихся вдоль звукопровода, штыри выходного ВШП ПАВ 4 имеют прореженную структуру. Акустическое расстояние вдоль направления распространения ПАВ между соседними парами штырей в выходном ВШП ПАВ 4 соизмеримо с акустической длиной входного ВШП ПАВ 3. Акустическая протяженность выходного ВШП ПАВ 4, наряду с шириной его полосы пропускания, определяет длительность импульсной характеристики интегратора радиосигналов на ПАВ. Акустическое расстояние между первыми штырями входного и выходного ВШП ПАВ определяет величину постоянной задержки, вносимой интегратором радиосигналов на ПАВ.

Интегратор радиосигналов на ПАВ, разработанный с параметрами: средняя частота полосы пропускания $f_1=15$ МГц, длительность импульсной характеристики $T_{\text{И}}=22$ мкс, имеет амплитудно-частотную характеристику, представленную на рис. 2. Для определения импульсной характеристики интегратора на ПАВ использовался зондирующий сигнал (рис. 3), представляющий собой один период гармонического колебания, центральная частота спектральной характеристики которого составляла 15 МГц. Из осциллограммы импульсной характеристики интегратора на ПАВ, представленной рис. 4, следует, что величина постоянной задержки, вносимой разработанным интегратором на ПАВ, составляет $t_{01}=4,5$ мкс.

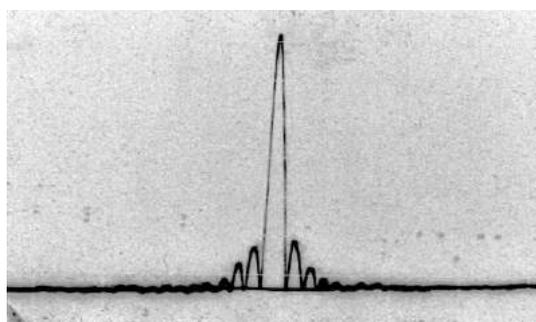


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика интегратора радиосигналов на ПАВ

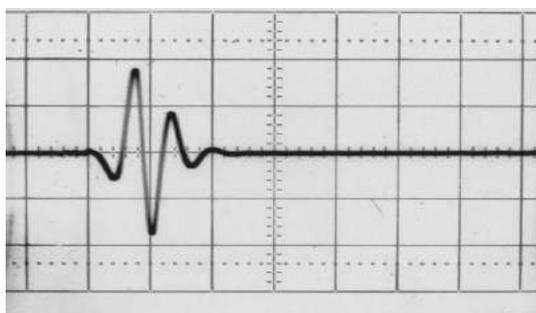


Рис. 3. Осциллограмма зондирующего сигнала.
Масштаб развертки – 0,2 мкс/дел.

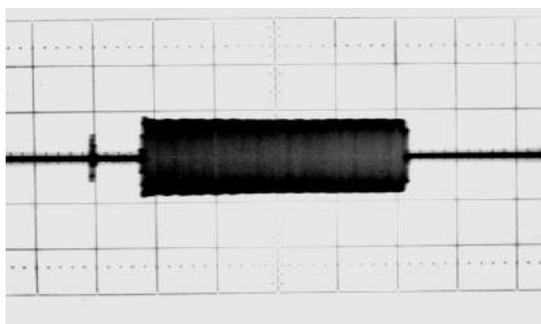


Рис. 4. Импульсная характеристика интегратора радиосигналов на ПАВ.
Масштаб развертки – 5 мкс/дел.

Экспериментально подтверждено, что импульсная характеристика разработанного интегратора на ПАВ представляет собой радиоимпульс, форма огибающей которого с высокой точностью, достаточной для

большинства практических применений, является прямоугольной, что весьма важно для любого интегратора, обеспечивающего высококачественное интегрирование исследуемых сигналов во временной области. Короткий импульс (рис. 4), предшествующий импульсной характеристике интегратора, представляет собой зондирующий сигнал. Временной интервал между началами зондирующего сигнала и импульсной характеристики интегратора определяет величину постоянной задержки t_{01} , вносимой интегратором на ПАВ.

Исследования функциональных возможностей разработанного интегратора на ПАВ осуществлялись с помощью устройства, структурная схема которого изображена на рис. 5.

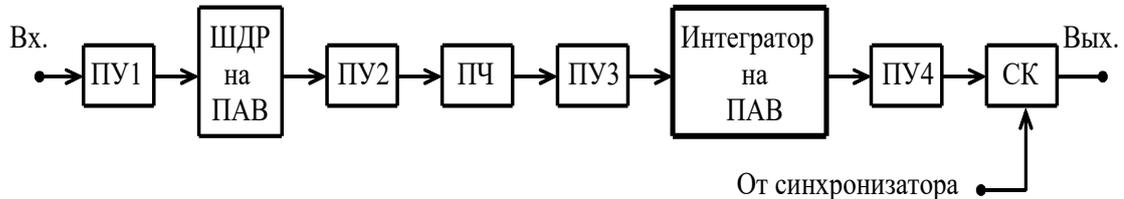


Рис. 5. Структурная схема устройства для исследования функциональных возможностей интегратора радиосигналов на ПАВ

В состав данного устройства входят: полосовой усилитель (ПУ1) с полосой пропускания 6,5 МГц и средней частотой 25 МГц; широкополосный дифференциатор радиосигналов на ПАВ (ШДР на ПАВ) и полосовой усилитель (ПУ2) с теми же параметрами; преобразователь частоты (ПЧ), опорный гетеродин которого вырабатывает непрерывное колебание с частотой $f_{ор}=40$ МГц; полосовые усилители (ПУ3 и ПУ4) с полосой пропускания 6,5 МГц и средней частотой 15 МГц; интегратор радиосигналов на ПАВ (рис. 1) и строб-каскад (СК), запуск которого осуществляется импульсом с соответствующего выхода синхронизатора, а длительность «окна» СК соизмерима с длительностью $T_{и}$ импульсной характеристики интегратора на ПАВ (рис. 4).

Принцип действия устройства (рис.5) состоит в следующем. При воздействии на вход устройства радиосигнала $s(t)$, представленного в общем виде

$$s(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + \theta(t) + \varphi_0] \quad \text{при } 0 < t < T_{и}. \quad (2)$$

в широкополосном дифференциаторе радиосигналов на ПАВ с импульсной характеристикой вида

$$h_d(t) = \frac{B_0}{\pi \Delta \omega} \left\{ \left[\frac{\sin(\Delta \omega t / 2)}{\Delta \omega t / 2} \right]_t \cos \omega_0 t - \omega_0 \frac{\sin(\Delta \omega t / 2)}{\Delta \omega t / 2} \sin \omega_0 t \right\} \quad \text{при } |t| < \infty, \quad (3)$$

происходит свертка исследуемого радиосигнала (2) с импульсной характеристикой (3). В результате этого на выходе ПУ2 формируется сигнал вида

$$s'_t(t) = \int_0^t s(\tau) h_d(t - \tau) d\tau = \frac{A_0 B_0}{\pi \Delta \omega} [\omega_0 + \theta'_t(t)] \sin[\omega_0 t + \theta(t) + \varphi_0]. \quad (4)$$

На выходе преобразователя частоты формируются сигналы: суммарной частоты ($\omega_0 + \omega_{ор}$) и разностной частоты ($\omega_{ор} - \omega_0$). Так как ПУ3 настроен на разностную частоту, то на вход интегратора на ПАВ поступает сигнал вида

$$s'_t(t) = \frac{A_0 B_0}{\pi \Delta \omega} [\omega_1 + \theta'_t(t)] \sin[\omega_1 t + \theta(t) + \varphi_0], \quad (4)$$

где $\omega_1 = (\omega_{ор} - \omega_0)$.

В интеграторе на ПАВ происходит свертка исследуемого сигнала (4) с импульсной характеристикой интегратора (1). В результате этого на выходе ПУ4 (без учета постоянной задержки t_{01} , вносимой интегратором на ПАВ) на интервале времени ($0 < t < T_{и}$) формируется сигнал вида

$$\begin{aligned}
U_{II}(t) &= \frac{1}{T_{II}} \int_0^t s'_\tau(\tau) h_{II}(t-\tau) d\tau = \\
&= \frac{A_0 B_0}{\pi \Delta \omega T_{II}} \int_0^t [\omega_1 + \theta'_\tau(\tau)] \sin[\omega_1 \tau + \theta(\tau) + \varphi_0] \cos[\omega_1(t-\tau)] d\tau = \\
&= \frac{A_0 B_0}{\pi \Delta \omega T_{II}} [\omega_1 t + \theta(t)] \cos[\omega_1 t + \theta(t) + \varphi_0].
\end{aligned} \quad (5)$$

Из конечного результата соотношения (5) следует, что на выходе интегратора на ПАВ на интервале времени ($0 < t < T_{II}$) формируется сигнал, комплексная огибающая которого пропорциональна текущей фазе исследуемого сигнала.

Наличие в устройстве (рис. 5) строб-каскада с длительностью «окна», соизмеримого с длительностью импульсной характеристики разработанного интегратора на ПАВ, обусловлено следующими причинами. Во-первых, при воздействии на вход интегратора на ПАВ выходного сигнала ПУ3 происходит свертка данного сигнала с импульсной характеристикой интегратора. При этом на выходе ПУ4 формируется сигнал, содержащий двойную информацию о результате их свертки. Первый результат свертки формируется на интервале времени от t_{01} до T_{II} (на этом интервале времени исследуемый сигнал «входит» в импульсную характеристику интегратора), а второй – на интервале времени от $(t_{01} + T_{II})$ до $2T_{II}$ (на этом интервале времени исследуемый сигнал «выходит» из импульсной характеристики интегратора), отличающийся от первого результата обратным знаком. Для исключения повторной информации длительность «окна» СК устанавливается равной длительности импульсной характеристики интегратора. Во-вторых, если длительность исследуемого радиосигнала соизмерима с длительностью импульсной характеристики интегратора на ПАВ, то наличие СК позволяет успешно обрабатывать последовательность радиосигналов, следующих со скважностью меньше 2.

С целью экспериментального подтверждения вышеизложенного на вход устройства (рис. 5) поочередно подавались следующие радиосигналы:

- Радиопульс (рис. 6,а) с параметрами: длительность – 10 мкс, частота несущего колебания 25 МГц. Результат его обработки (зафиксированный на выходе СК) представлен на рис. 6,б.
- ФМ сигнал (рис. 7,а), состоящий из двух элементов со скачком фазы на величину π между элементами, с параметрами: длительность сигнала – 8 мкс, частота несущего колебания 25 МГц, длительность элемента – 4 мкс. Результат его обработки (зафиксированный на выходе СК) представлен на рис. 7,б.
- ФМ сигнал (рис. 8,а), представляющий собой пятизначный код Баркера и состоящий из пяти элементов со скачками фазы на величину π между 3-4 и 4-5 элементами, с параметрами: длительность сигнала – 20 мкс, частота несущего колебания 25 МГц, длительность элемента – 4 мкс. Результат его обработки (зафиксированный на выходе СК) представлен на рис. 8,б.

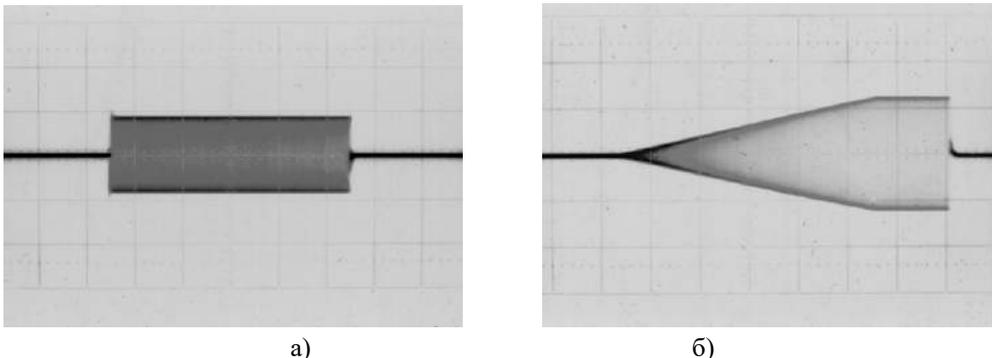


Рис. 6. Радиопульс на входе устройства (а), результат его обработки (б).
Длительность «окна» СК – 13 мкс. Масштаб развертки – 2 мкс/дел.

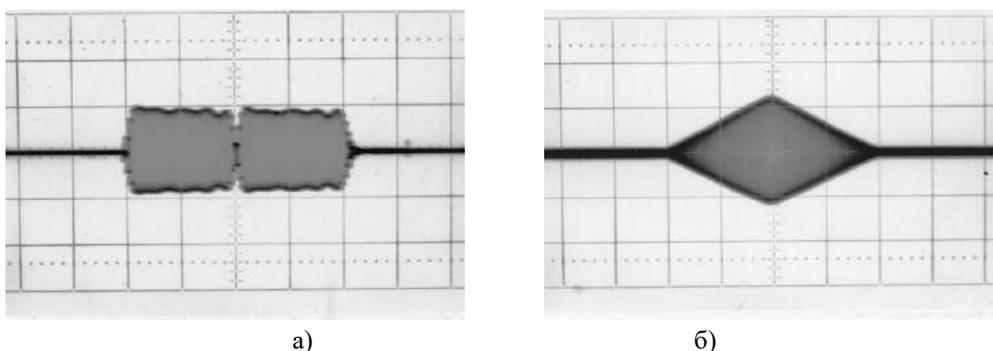


Рис. 7. ФМ сигнал, состоящий из двух элементов, на входе устройства (а), результат его обработки (б).
Длительность «окна» СК – 12 мкс. Масштаб развертки – 2 мкс/дел.

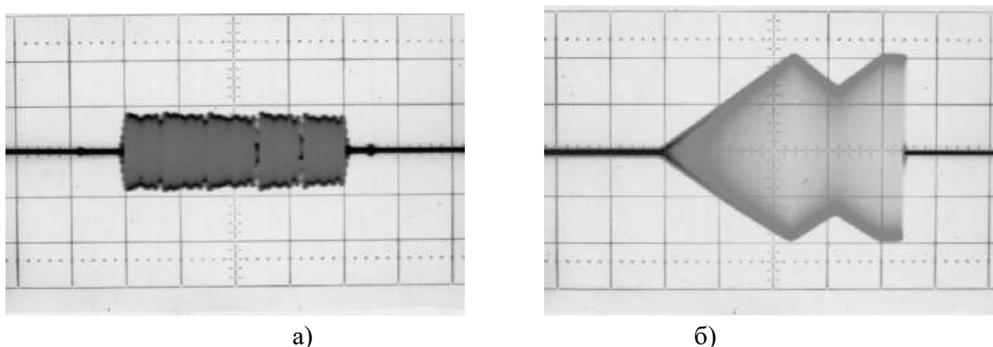


Рис. 8. ФМ сигнал, пятизначный код Баркера, на входе устройства (а), результат его обработки (б).
Длительность «окна» СК – 22 мкс. Масштаб развертки – 5 мкс/дел.

Анализ экспериментальных данных показал, что разработанный интегратор на ПАВ успешно выполняет свои функции на промежуточной частоте как при обработке простых, так и сложных радиосигналов.

Список литературы

1. Морган Д. Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990.
2. Абрамов А. П., Петров П. Н. Устройство определения фазовой структуры радиосигнала // Информационно-управляющие системы. 2015. № 4(77). С.87-90.

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Шевченко С.М.

ФГБУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород

ФГБОУ ВПО Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,
г. Нижний Новгород

В процессе своей жизнедеятельности человек постоянно испытывает воздействие различных природных, технических, антропогенных, экологических, социальных и других опасностей [1-3]. Возникновение новых производств, внедрение более совершенных, энергосберегающих и экологических технологий и оборудования [4-7] не всегда решает эту задачу в полной мере, так как с их развитием, увеличением мощности и энергетического уровня способность человека противостоять опасностям растет существенно медленнее, чем сами опасности. При этом человек склонен привыкать к ним и начинает ими пренебрегать [8,9]. Обеспечение безопасности также является необходимым условием и одним из основных показателей эффективности деятельности любого учреждения и промышленного производства [10-12]. Поэтому вопросы снижения производственного риска, профилактики травматизма и профзаболеваний, на промышленных предприятиях весьма актуальны [13].

Несмотря на то, что в целом по промышленности наблюдаются относительно позитивные тенденции снижения производственного травматизма и профзаболеваний, однако на протяжении многих лет их уровень на многих предприятиях остается достаточно высоким [14,15]. При этом значительная распространенность травматизма в Российской Федерации связана с социально-экономическими изменениями в обществе, сокращением целенаправленной работы по профилактике несчастных случаев. Важным направлением в снижении производственного травматизма и улучшении условий труда является совершенствование технологических процессов [16-20] и сведение до минимума «человеческого фактора» [21].

Для разработки действенных профилактических мероприятий по улучшению условий труда и снижению травматизма на обрабатывающих предприятиях необходимо располагать достоверными данными в конкретном производстве.

Адекватную оценку и эффективное управление качеством производственной среды позволяют выполнить количественная оценка ее неблагоприятных факторов и оценка профессиональных рисков ущерба для здоровья работников от действия вредных и опасных факторов рабочей среды и трудовой нагрузки по вероятности нарушений здоровья с учетом их тяжести.

Разработка и внедрение технологий обработки результатов специальной оценки рабочих мест по условиям труда представляется наиболее перспективной задачей в силу широкого распространения данного вида оценки условий труда и достаточного углубления изучения отдельных элементов такого рода оценки. Процедура оценки риска на основе результатов специальной оценки рабочих мест по условиям труда является одной из важнейших составляющих комплексной системы управления профессиональными рисками.

В работе проведены оценка уровня профессионального риска от комплексного воздействия вредных факторов литейного производства с использованием результатов специальной оценки рабочих мест по условиям труда на основе методики расчетов, основанной на классах условий труда (КУТ).

КУТ определяется в зависимости от уровня фактора, времени его воздействия и вида ответной реакции организма на данный вид раздражителя. Так как КУТ не поддается математической обработки, то необходима интерпретация в виде балльной оценки. Суть методики заключается в присвоении балльных оценок интервальным отрезкам шкал изменения интенсивности фактора производственной среды. Чем сильнее фактический уровень отличается от предельно допустимой концентрации или предельно допустимого уровня, тем выше балл, который затем обрабатывался по формулам [22].

При этом баллы имеют следующий смысл:

1 класс условий труда – оптимальный, он имеет 1 балл;

2 класс условий труда - допустимый, имеет 2 балла;

3 класс – вредные условия труда, 3 балла, и он имеет следующие подклассы:

3.1 – не вполне благоприятные условия труда;

- 3.2 - неблагоприятные условия труда, имеет 4 балла;
- 3.3 – весьма неблагоприятные условия труда, имеет 5 баллов;
- 3.4 – сверх экстремальные условия труда, имеет балл 6.

Чем выше балл, тем больше несоответствие состояние условий труда по данному фактору действующих норм и тем выражено опасное и вредное его действие на организм.

Принимая, что все факторы производственной среды действуют независимо друг от друга, оценивался обобщенный уровень риска, отнесенный к трудовому стажу $R_{пс}$.

Для каждого рабочего места необходимо рассчитывать уровень безопасности (2) по каждому опасному фактору производственной среды, то есть по факторам, имеющим класс условий труда от 2.0 до 3.4.

Для класса условий труда 2.0 по i -му неблагоприятному фактору производственной среды уровень безопасности равен 0,83; для 3.1 – 0,67; для 3.2 – 0,5; для 3.3 – 0,33 и для 3.4 – 0,17.

Максимально допустимый уровень профессионального риска определяется в зависимости от мероприятий по улучшению условий труда.

В результате расчетов получили обобщенный уровень безопасности S_{nc} , максимально допустимый уровень обобщенного риска и отклонения уровня профессионального риска R_{ncmax} от максимально допустимого (%) для каждой профессии.

Для рабочего места фрезеровщика предлагается улучшение условий труда за счет снижения тяжести трудового процесса путем механизации и автоматизации производства, что позволяет установить класс 2 по фактической тяжести.

$$S_{nc} = 0,39.$$

$$R_{ncmax} = 0,61.$$

$$R = 11,5\%.$$

Для рабочего места термиста предлагается улучшить условия труда за счет улучшения освещения – установить индивидуальное освещение (люминесцентные лампы). Установить класс опасности по освещению - 2.

$$S_{nc} = 0,11.$$

$$R_{ncmax} = 0,89.$$

$$R = 3,3\%.$$

Класс условий труда обрубщика определяем 3.1. Для его рабочего места предлагается улучшить условия труда за счет снижения уровня шума и вибрации – выдать необходимые средства индивидуальной защиты: противошумные наушники, ботинки и рукавицы. Это позволит установить класс опасности 3.1 по шуму и 3.1 по вибрации.

$$S_{nc} = 0,11.$$

$$R_{ncmax} = 0,89.$$

$$R = 10,1\%.$$

Класс условий труда литейщика 3.1. Для рабочего его места предлагается улучшить условия труда за счет снижения уровня шума – выдать противошумные наушники, а также улучшения освещения – установить индивидуальное освещение (люминесцентные лампы).

$$S_{nc} = 0,05.$$

$$R_{ncmax} = 0,95.$$

$$R = 2,1\%.$$

Обобщенный уровень профессионального риска и его отклонение от максимально допустимого риска представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сводная таблица безопасности и риска получения профессионального заболевания сотрудниками

Наименование рабочего места	Обобщенный уровень безопасности, S_{nc}	Обобщенный уровень риска, R_{nc}	Максимально допустимый уровень обобщенного риска, $R_{nc\ max}$	Отклонения уровня проф. риска от max допустимого, %
Фрезеровщик	0,39	0,69	0,61	11,5
Термист	0,11	0,92	0,89	3,3
Обрубщик	0,11	0,99	0,89	10,1
Литейщик	0,05	0,97	0,95	2,1

Таким образом, результаты расчета профессионального риска показывают, что наибольший риск и вероятность профессионального заболевания наблюдается в литейном производстве у литейщиков, обрубщиков и термистов. В результате внедрения предлагаемых мероприятий по улучшению условий труда, можно снизить уровень профессионального риска у фрезеровщиков на 11,5%, термистов на 3,3%; литейщиков на 2,1% и у обрубщиков на 10,1%.

Список литературы

1. Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Основы безопасности жизнедеятельности: для технических специальностей: учебное пособие / Г.В. Пачурин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.
2. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Матвеев Ю.И., Кузьмин А.Н. Сравнение технологических методов подготовки структурно-механических свойств поверхности проката для высадки метизов с целью снижения воздействия на работников опасных и вредных факторов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-1. – С. 88-96.
3. Пачурин Г.В. Долговечность пластически деформированных коррозионно-стойких сталей // Вестник машиностроения. – 2012. – № 7. – С. 65–68.
4. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Ресурсосберегающая технология подготовки калиброванного проката под холодную высадку изделий // Успехи современного естествознания. – 2007. – №12. – С. 139-139.
5. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Снижение опасных и вредных факторов при очистке поверхности сортового проката // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-1. – С. 38-43.
6. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28. – № 7. – S. 670–673.
7. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7-2. – С. 161-164.
8. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Психологический акцент в анализе производственного травматизма и его профилактики // Современные проблемы науки и образования. - 2009. - № 4. - С. 162-169.
9. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 4. - С. 101-103.
10. Галка Н.В., Пачурин Г.В., Шевченко С.М. Опасные и вредные факторы производственного процесса в учреждении быстрого питания // Современные наукоемкие технологии. - 2016. - № 10 (часть 1). - С. 43-49.

11. Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Ляуданкас Т.П. Система управления охраной труда в образовательном учреждении // Современные наукоемкие технологии. - 2016 - № 9 (часть 1). - С. 149-153.
12. Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Горшкова Т.А., Ляуданкас Т.П. Обеспечение безопасности жизнедеятельности образовательного учреждения // Современные наукоемкие технологии. - 2016 - № 9 (часть 3). - С. 545-549.
13. Галка Н.В., Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Горшкова Т.А. Оценка тепловой нагрузки в производственном помещении учреждения быстрого питания // Современные наукоемкие технологии. - 2016. - № 9-3. - С. 390-393.
14. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Состояние охраны труда в ОАО «Павловский автобус» // Фундаментальные исследования. - 2009. - № 1. - С. 44-44.
15. Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И., Филиппов А.А. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: Учебное пособие / Под общ. ред. Г.В. Пачурина. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд. «Лань», 2015. - 384 с.
16. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. - 2008. - Т. 38. - №3. - S. 217-220.
17. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. - 2016. - Vol. 59. - Nos. 9-10. January. - S. 810-815.
18. Guslyakova G.P., Zhbannikov S.I., Pachurin G.V. Fatigue failure resistance of deformed structural steels // Materials Science. - 1993. - Т. 28. - № 2. - S. 182-185.
19. Pachurin G.V. Life of Plastically Deformed Corrosion-Resistant Steel // Russian Engineering Research. - 2012. - Vol. 32. - № 9-10. - S. 661-664.
20. Пачурин Г.В. Коррозионная долговечность изделий из деформационно-упрочненных металлов и сплавов: Учеб. Пособие. - 2-е изд., доп. - СПб.: Издательство «Лань», 2014. - 160 с.
21. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. - 2016. - № 1. - С. 45-50.
22. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Влияние комплексного воздействия вредных факторов литейного производства на уровень профессионального риска // XXI век. Техносферная безопасность. - 2017. - Т.2. - № 2. - С. 10-17.

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

ПОГРЕШНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ БАЗИСАХ

Бабилов А.Ю., Рыжов В.П.

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета,
РФ, г. Таганрог

**Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 15-01-09042)*

Важнейшей областью применения информационных технологий является обработка изображений [2]. Спектральные методы сжатия сигналов широко используются в различных практических приложениях радиотехники. В значительной мере эти вопросы решены для одномерных сигналов. Однако, все более широко используются двумерные сигналы (статические изображения) и их обработка. Поэтому представляют и теоретический, и практический интерес вопросы спектрального представления двумерных сигналов в ортогональных базисах. В [1] было показано, что выбор базиса спектрального представления определяется не только погрешностью, но и трудоемкостью вычислений. Но основной задачей в данной работе является исследование среднеквадратической погрешности представления двумерных сигналов усеченным обобщенным рядом Фурье для моделей сигналов в виде случайных полей с различными функциями автокорреляции.

Будем рассматривать зависимость среднеквадратической ошибки спектрального преобразования с усечением ряда в качестве основного удобного для моделирования критерия, хотя в [3] обсуждены вопросы связи этого критерия с субъективным восприятием изображений человеком-оператором и показана ограниченность этого критерия.

В качестве тестовых сигналов воспользуемся шумовыми двумерными сигналами с различными корреляционными функциями: экспоненциальной (1), гауссовой (2) и синуса Котельникова $\text{sinc}(x)$ (3). Перечисленные выше корреляционные функции и реализации тестовых сигналов изображены на рисунке 1 (а, б, в соответственно).

$$K(x, y) = \sigma^2 \cdot \exp\{-(\alpha_x |x| + \alpha_y |y|)\}; \quad (1)$$

$$K(x, y) = \sigma^2 \cdot \exp\{-(\alpha_x^2 x^2 + \alpha_y^2 y^2)\}; \quad (2)$$

$$K(x, y) = \sigma^2 \cdot \sin c(\alpha_x x) \sin c(\alpha_y y). \quad (3)$$

Оценка среднеквадратической погрешности усеченного ряда Фурье может быть вычислена по формуле (4), где $Z_{nm}(x, y)$ – двумерный сигнал, полученный путем усечения ряда Фурье исходного сигнала $Z(x, y)$:

$$\mathcal{E}_{nm} = \sqrt{\frac{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} \{Z(x, y) - Z_{nm}(x, y)\}^2}{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} \{Z(x, y)\}^2}}; \quad (4)$$

При этом изображение, получаемое на основе усеченного ряда Фурье, выражается в виде [2]:

$$Z_{nm}(x, y) = \frac{1}{T_x T_y} \int_{-\frac{T_x}{2}}^{\frac{T_x}{2}} \int_{-\frac{T_y}{2}}^{\frac{T_y}{2}} D_{nm}(x - x', y - y') Z(x', y') dx' dy'; \quad (5)$$

В выражении (5) $D_{nm}(x, y)$ – ядро Дирихле - 2π -периодическая четная функция, соответствующее системе базисных функций $\phi_{nm}(x, y)$, определяемая как

$$D_{nm}(x, y) = \frac{2}{\|\varphi(x)\|^2} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \varphi_i(x) \cdot \varphi_j(y). \quad (6)$$

Используемые системы базисных функций: гармонических (FFT), Хартли (DHT), Уолша (FWHT), Хаара (HAAR) и дискретное косинусное преобразование (DCT). Оценки среднеквадратических ошибок (СКО) преобразований усеченного ряда Фурье с различными базисами усреднялись по 100 реализациям каждого из шумовых сигналов.

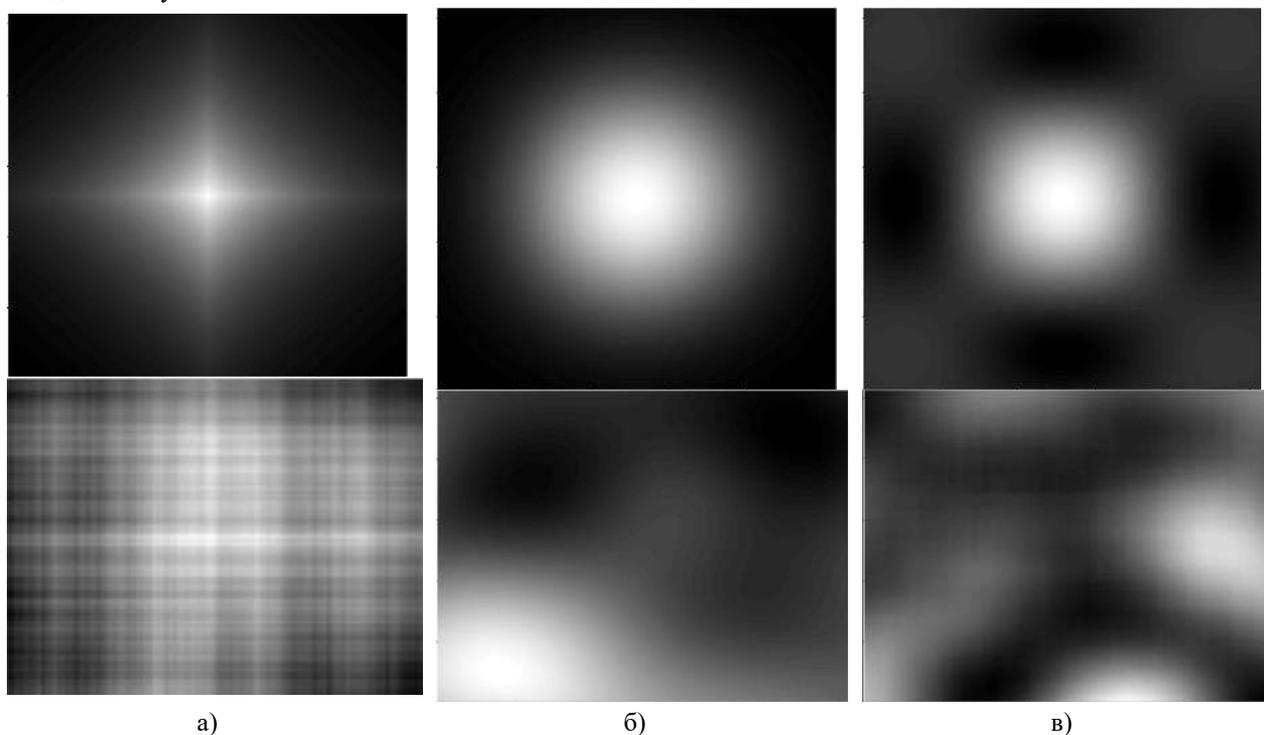


Рис. 1 – Реализация случайного нормального процесса (внизу) с заданной корреляционной функцией (сверху)

Зависимость усредненного значения СКО от числа членов усеченного ряда для различных базисов для цифрового белого шума приведена на рис. 2. Видно, что при приемлемой погрешности (до 0,1) практически для всех базисов погрешность резко увеличивается с ростом числа отброшенных членов, что делает нецелесообразным спектральное сжатие в этом случае.

Совсем иная картина для моделей коррелированных двумерных сигналов. Из результатов моделирования для реализаций случайных полей с корреляционными функциями (1), (2) и (3), приведенных на рис. 3-5, следует, что базисы гармонических функций и Хартли непригодны для спектрального сжатия, т.к. имеют плоский участок зависимости $\varepsilon(n)$ при больших значениях СКО. Большое сжатие описания при приемлемой погрешности возможно для базисов дискретного косинусного преобразования (ДКП), Уолша и Хаара. Наилучшие результаты дает применение ДКП, но это преобразование требует большего числа операций по сравнению с кусочно-постоянными функциями Уолша и Хаара.

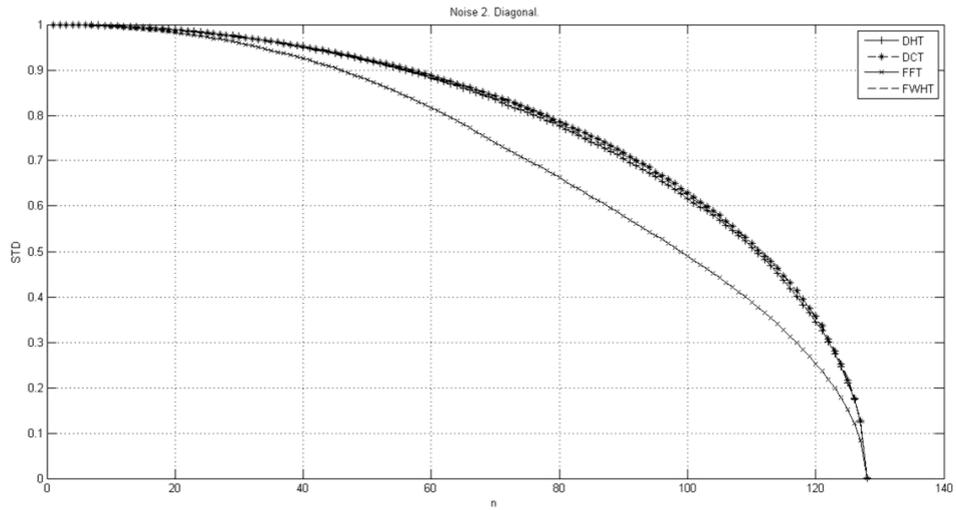


Рис. 2 - Оценка СКО усеченного ряда для квазибелого нормального шума

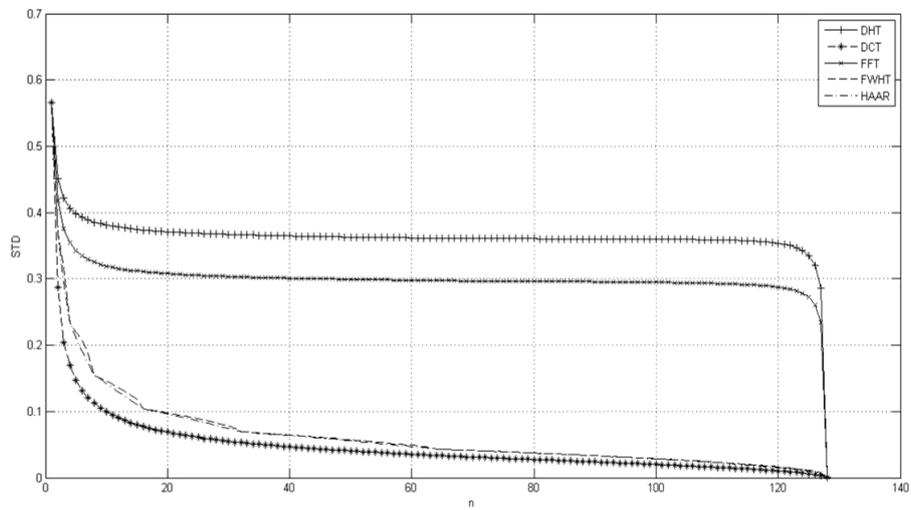


Рис. 3 - Оценка СКО усеченного ряда сигнала с экспоненциальной корреляционной функцией

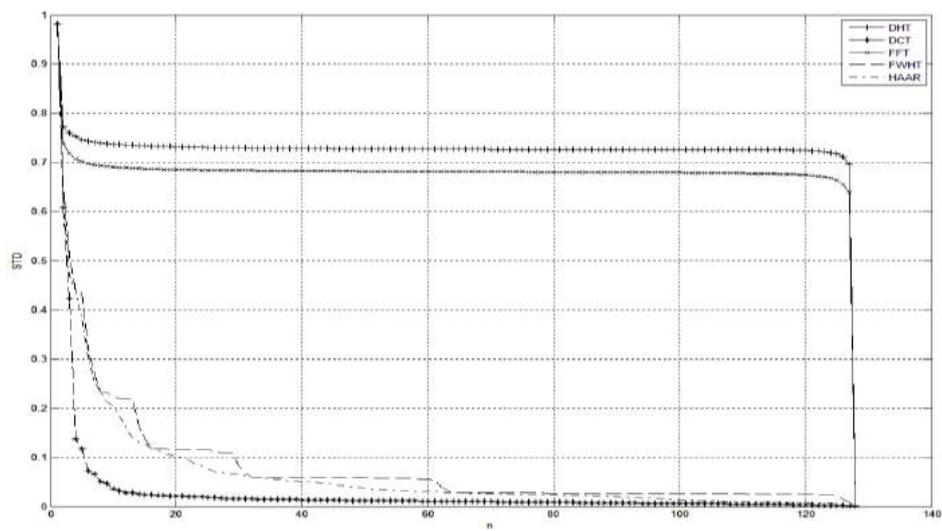


Рис. 4 - Оценка СКО усеченного ряда сигнала с гауссовой корреляционной функцией.

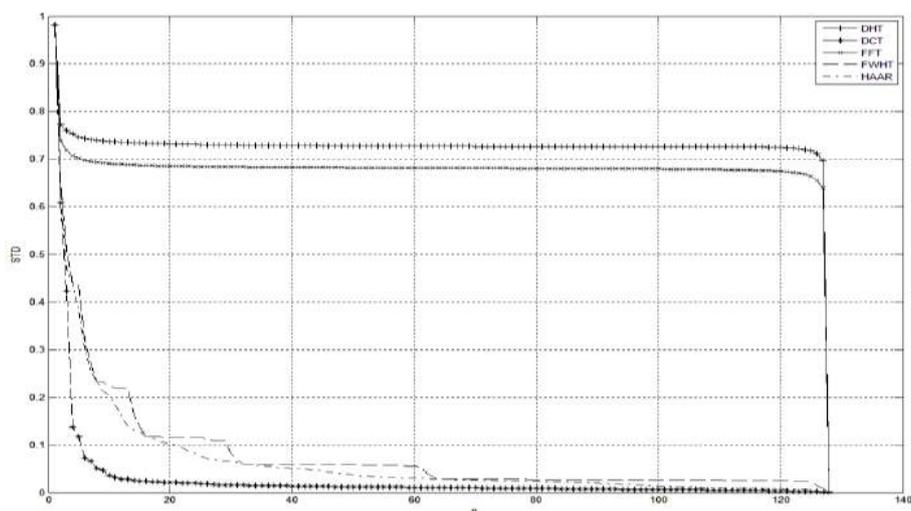


Рис. 5 - Оценка СКО усеченного ряда сигнала с корреляционной функцией вида $\sin(x)/x$.

Таким образом, из полученных результатов следует, что СКО усеченного обобщенного ряда Фурье шумоподобных сигналов зависит от вида корреляционной функции сигнала и базиса преобразования. т.е от «подобности» ядра Дирихле корреляционной функции. Для рассмотренных видов сигналов наилучшими для преобразований базисами являются гармонический и подобный ему базис Хартли, а вполне приемлемы для сжатия базисы ДКП, Уолша и Хаара. Окончательный выбор базиса спектрального представления изображений определяется не только значениями погрешностей, но и вычислительными затратами и требует использования системных критериев.

Список литературы

1. Воронин В.В., Рыжов В.П. Системный подход в обработке сигналов и изображений // Успехи современной радиоэлектроники. – 2013. – №6. – С.12-16.
2. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Соифера – 2-е изд. – испр. – ФИЗМАТЛИТ, 2003.
3. Рыжов В.П., Рыжов Ю.В., Тепин Е.С. Сравнение некоторых методов объективного и субъективного тестирования изображений // Материалы Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в науке». ч.2, с.150-154 – Уфа, 2016. (28.11.2016).

МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Чесноков В.Ю., Шмелева А. Г.

Московский технологический университет, РФ, г. Москва

Статья посвящена изложению разработанного метода оценки точности выходных параметров имитационной модели по отношению к параметрам возможного эксперимента, и является дальнейшей разработкой метода применения приближенных чисел [1] в моделировании. Применение приближенных чисел при моделировании определения диапазона значений многомерной функции в зависимости от диапазонов изменения аргументов было представлено в статье [2].

При решении ряда важных инженерных задач возникает вопрос выбора пути оценки характеристик изучаемого объекта: экспериментальный подход или имитационное моделирование. Как правило, экспериментальный подход является дорогостоящим и часто недостаточно информативным из-за сложности измерения некоторых определяющих процесс величин в ходе эксперимента.

Имитационное моделирование включает в себя математические методы и алгоритмы, позволяющие получать полную картину исследуемого объекта. Возможности современной вычислительной техники позволяют на новом уровне вернуться к вопросу описания объектов и технических систем, дополняя

компьютерным моделированием выходные данные, что часто недоступно при аналитическом и экспериментальном решении. Основываясь на научно–теоретических предпосылках, имитационное моделирование осуществляется в результате численного расчета, где сложность и детализация модели может сколь угодно увеличиваться, добиваясь все более точного соответствия объекту исследования. И, следовательно, появляется возможность проводить многократные расчеты, изменяя параметры модели, взамен дорогостоящим экспериментальным исследованиям.

Имитационная модель – модель изучаемой сложной технической системы, имитирующая структуру и функции ее подсистем, взаимодействующих во времени.

Пусть имеются два численных набора – набор выходных численных эквивалентов эксперимента $\{PB^Эj\}$ и набор соответствующих выходных численных данных моделирования $\{PB^Mj\}$. Оценка точности моделирования сводится к оценке разности $|PB^Эj - PB^Mj|$ по каждому j -ому выходному параметру эксперимента и моделирования, то есть к нахождению Δj , для которого:

$$|PB^Эj - PB^Mj| < \Delta j. \quad (1)$$

Однако, соотношение (1) применимо только при наличии двух наборов – $\{PB^Эj\}$ и $\{PB^Mj\}$. При отсутствии экспериментальных данных $\{PB^Эj\}$ (например, у технических систем военного назначения, для которых проведение эксперимента не всегда возможно) соотношение (1) неприменимо.

Другой из наиболее распространенных способов формальной оценки точности и адекватности разработанной модели – это использование методов математической статистики. Суть этих методов заключается в проверке выдвинутой гипотезы (например, об уровне точности или адекватности модели) на основе некоторых статистических критериев. При проверке гипотез методами математической статистики необходимо иметь в виду, что статистические критерии не могут доказать ни одной гипотезы: они могут лишь указать на отсутствие опровержения. Кроме того, статистические методы применимы только в том случае, если оценивается точность или адекватность существующей системы. Для проектируемой системы или системы, где отсутствуют экспериментальные данные, провести оценки с использованием методов математической статистики не представляется возможным.

Предлагаемый метод позволяет определять аналоги Δj для каждого выходного параметра из $\{PB^Mj\}$ при наличии имитационной модели M и отсутствии эксперимента. Метод использует материалы [1] при следующих дополнительных рассуждениях. В результате анализа моделируемой системы проводится детализация с учетом цели и задач, решаемых создаваемой имитационной моделью M , определяется множество подсистем $\{ФПn\}$ исходной системы и множество их связей $\{ФСm\}$ с другими подсистемами. На рисунке 1 представлена иллюстрация в соответствии с выявленной структурой моделируемой системы и множеств $\{ФПn\}$ и $\{ФСm\}$, с зависимостями из $\{ФСm\}$ и их композициями, со значениями этих композиций в узлах и с множеством выходных параметров $\{PB^Mj\}$ модели M , позволяющая обосновать связность и логическую непротиворечивость принятого сценария имитационной модели – структуру алгоритма для синтеза модели, созданной по результатам проведенного анализа системы. При выполнении этих условий получается сценарий создаваемой имитационной модели M и, дополнительно, множество используемых в дальнейшем операций $\{\Omega k\}$ для определения множества выходных параметров $\{PB^Mj\}$ модели M . Необходимо отметить, что при синтезе модели по этому сценарию в алгоритме AM модели M используются только некоторые определенные операции из $\{\Omega k\}$ в соответствующем узле, который участвует в имитации.

Метод базируется на введенной операции \otimes на множестве $\{\Omega k\}$ с численными диапазонами: $D1 \otimes D2 = D3$, где \otimes – определяемая в работе операция, $D1$, $D2$ и $D3$ – численные диапазоны. Каждый рассматриваемый диапазон определяется парой чисел. Например, диапазон Di – парой чисел Dci и ΔDi , где Dci – центр i -ого диапазона, ΔDi – половина длины i -ого диапазона (радиус). И будем это обозначать как $Di = (Dci, \Delta Di)$. Предлагаемый вид операции \otimes представляет собой композицию из трех компонент: $\otimes = \{R, R_A, R_B\}$, где R – используемая в каждом конкретном случае операция в соответствии с алгоритмом AM имитационной модели M и определяющая вид компонент R_A и R_B . Операция R определена на множестве действительных чисел, представляющих центры диапазонов. Компонента R_A определена на множестве положительных действительных чисел, представляющих радиусы диапазонов, и предназначена для работы с параметрами абсолютной погрешности, используемыми для оценки точности моделирования.

Таблица 1 – сводная таблица погрешностей операции **R**

№	R	R _Δ
Бинарные операции		
1	c=a+b	Δc = Δa + Δb
2	c=a-b	Δc = Δa + Δb
3	c=a*b	Δc = b Δa + a Δb
4	c=a/b	Δc = Δa / b + a Δb / b ²
5	z=u(x) ^{v(x)}	Δz = z(v'lnu + vu' / u)Δx
Функциональные зависимости типа φ		
6	y=f(x)	Δy= f'(x) Δx
7	z=f(x,y)	Δz= ∂f/∂x Δx+ ∂f/∂y Δy
Функциональные зависимости типа ψ		
8	y=f(x)	Δy= f'(x) Δx+Δψ
9	z=f(x,y)	Δz= ∂f/∂x Δx+ ∂f/∂y Δy+Δψ

Компонента **R_б** предназначена для работы с параметрами относительной погрешности и используется для оценки адекватности имитационной модели.

Наиболее используемые бинарные операции приведены в таблице 1. При необходимости, вид других бинарных операций можно получить с использованием формул из строк 5 и 6 таблицы 1. Пусть операция **⊗** применена к двум диапазонам **D1** и **D2**, являющимися входными операндами операции **⊗**. В результате применения операции **⊗** получим диапазон **D3 = D1 ⊗ D2** – выходной операнд операции **⊗**, композиция диапазонов **D1** и **D2**. Диапазон **D1** определен парой чисел **Dc1** и **ΔD1**, диапазон **D2** – парой чисел **Dc2** и **ΔD2**. Композицией диапазонов **D1** и **D2** будет диапазон

D3, определенный парой чисел **Dc3** и **ΔD3**, где **Dc3=Dc1 R Dc2** и **ΔD3=ΔD1 R_Δ ΔD2**. Замкнутость операции **⊗** в данной постановке означает, что для каждого числа **a1** из диапазона **D1** (т.е. $|a1 - Dc1| < ΔD1$), и для каждого числа **a2** из диапазона **D2** (т.е. $|a2 - Dc2| < ΔD2$) следует принадлежность числа **a3 = a1 R a2** диапазону **D3 = (Dc3, ΔD3)**, где **ΔD3** определяется по используемой в каждом конкретном случае операции **R** в соответствии с алгоритмом **AM** и определяющей вид **R_Δ**. Иначе: $|a3 - Dc3| < ΔD3$, или более наглядно $|a1 R a2 - Dc1 R Dc2| < ΔD1 R_Δ ΔD2$. Замкнутость операции **⊗** означает, что конкретное вычисление **a3 = a1 R a2** не выводит **a3** за пределы его диапазона **D3 = (Dc3, ΔD3)**.

Алгоритм **AM** предназначен для вычисления конкретных численных выходных параметров **{PB^{Mj}}**. Для определения точности численных выходных параметров **{PB^{Mj}}** имитационной модели **M** относительно численных параметров эксперимента **{PB^{Эj}}** необходимо в алгоритм **AM** вычисления параметров **{PB^{Mj}}** внести некоторые дополнения. Все выражения во всех операторах присваивания этого алгоритма представим суммой операторов присваивания с выражениями в правой части, содержащими не более двух переменных, т.е. операторы присваивания – бинарные операции. Это всегда можно сделать с введением дополнительных переменных и учетом последовательности выполнения арифметических операций в выражении, стоящим в правой части оператора присваивания. Причем, это преобразование не изменяет структуру и функцию алгоритма **AM**, а также сохраняется порядок выполнения операций. Этими действиями из алгоритма **AM** получается алгоритм **AML**.

В алгоритме **AML** кроме бинарных операций присутствуют операторы вычисления значений аналитических и аппроксимационных зависимостей типов **φ** и типов **ψ**.

Зависимость типа **φ** – используемая в модели аналитическая зависимость, выражающая некую точную математическую или физическую зависимость. Зависимость типа **ψ** – используемая в модели аналитическая зависимость, выражающая некую аппроксимационную зависимость физического процесса.

Точность вычисления аналитической зависимости зависит от точности представления в модели ее аргументов, точности выполнения арифметических операций конкретной ЭВМ и от точности вычисления самой аналитической зависимости. Это показано соотношениями в строках 6 и 7 таблицы 1. Точность вычисления аппроксимационной зависимости типа **ψ** зависит еще от погрешности ее аппроксимации **Δψ**, что учитывается соотношениями в строках 8 и 9 таблицы 1. Само **Δψ** определяется как максимальное значение различий экспериментальной и аппроксимационной точек, участвующих в получении аппроксимационной зависимости (например, методом наименьших квадратов). Определенные таким образом операторы вычисления значений аналитических зависимостей двух типов типа **φ** и типа **ψ** также являются замкнутыми из-за возможности разбиения аналитической зависимости опять же на бинарные операции и введении поправки **Δψ**.

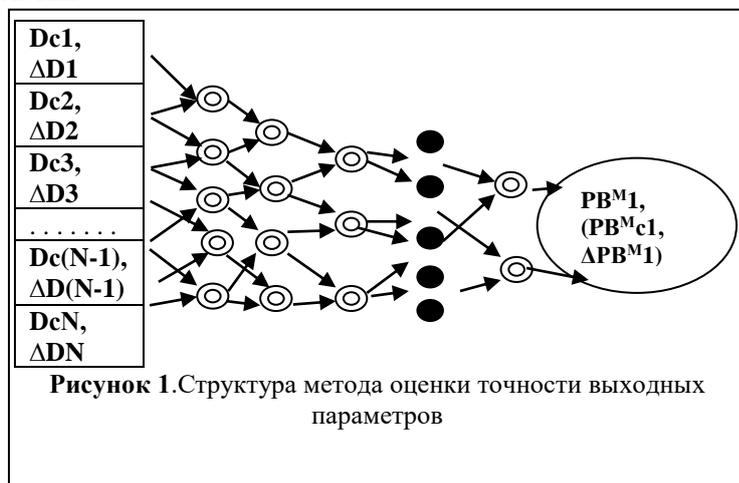
Следующий шаг для решения поставленной задачи – создание алгоритма **AML_D**. Для этого:

1. Все используемые в модели **M** входные данные представляются в виде численных диапазонов **{Di}**. Для каждого **i**-го входного аргумента можно определить множество его упорядоченных значений **[ani, aki]** и по нему определить два числа **Dci = (aki + ani) / 2** – среднее значение диапазона и **ΔDi = (aki - ani) / 2**

– радиус диапазона. Эти два числа определяют основной диапазон $\mathbf{D}_i = (\mathbf{D}_{ci}, \Delta \mathbf{D}_i)$ – 1 вариант представления входных данных модели \mathbf{M} . Входные диапазоны $\{\mathbf{D}_i\}$ используются для оценки точности моделирования по каждому выходному параметру в целом. Аналогично определяется диапазон \mathbf{d}_i – 2 вариант (вспомогательный) представления входных данных модели \mathbf{M} для расчета точности моделирования по каждому выходному параметру конкретного эксперимента. Для его определения используется множество $[\mathbf{anni}, \mathbf{akki}]$ – диапазон точности представления конкретного входного параметра \mathbf{PH}^{Mi} в модели для расчета конкретного эксперимента: $|\mathbf{PH}^{0Mi} - \mathbf{PH}^{Mi}| < \Delta \mathbf{PH}^{Mi}$, где \mathbf{PH}^{0Mi} – неизвестное точное значение конкретного входного параметра, \mathbf{PH}^{Mi} – известное приближенное значение конкретного вводимого параметра и его точность $\Delta \mathbf{PH}^{Mi}$. Отсюда следует, что $\mathbf{PH}^{Mi} - \Delta \mathbf{PH}^{Mi} < \mathbf{PH}^{0Mi} < \mathbf{PH}^{Mi} + \Delta \mathbf{PH}^{Mi}$, и $\mathbf{anni} = \mathbf{PH}^{Mi} - \Delta \mathbf{PH}^{Mi}$, $\mathbf{akki} = \mathbf{PH}^{Mi} + \Delta \mathbf{PH}^{Mi}$, откуда и получаем \mathbf{dci} и $\Delta \mathbf{d}_i$. Эти два числа определяют вспомогательный диапазон $\mathbf{d}_i = (\mathbf{dci}, \Delta \mathbf{d}_i)$ конкретного эксперимента. В материалах статьи [2] используется 1 вариант представления входных данных модели \mathbf{M} .

2. Проведена модификация алгоритма \mathbf{AML} для получения усовершенствованного алгоритма \mathbf{AML}_D . Для этого, после каждого выполняемого оператора алгоритма \mathbf{AML} вставлены операторы вычисления выходного диапазона \mathbf{D}_i или \mathbf{d}_i данной операции \otimes в соответствии с **таблицей 1**. Необходимо отметить, что алгоритм \mathbf{AML}_D помимо расчета выходных параметров $\{\mathbf{PB}^{Mj}\}$ имитационной модели \mathbf{M} позволяет производить оценку точности расчета выходных параметров самого алгоритма.

При наличии имитационной модели \mathbf{M} ее алгоритм \mathbf{AM} всегда можно доработать до алгоритма \mathbf{AML}_D .



На рисунке 1 представлена структура метода оценки точности выходных параметров.

Все узлы являются результатом выполнения бинарной операции присваивания, результатом вычисления аналитической или аппроксимационной функций.

В результате работы алгоритма \mathbf{AML}_D на выходе для каждого \mathbf{j} -ого выходного параметра получим: \mathbf{PB}^{Mj} и его диапазон $(\mathbf{PB}^{Mcj}, \Delta \mathbf{PB}^{Mj})$. Для каждого \mathbf{j} -ого выходного параметра алгоритма \mathbf{AML}_D модели \mathbf{M} :

$$|\mathbf{PB}^{Mj} - \mathbf{PB}^{Mcj}| \leq \Delta \mathbf{PB}^{Mj}. \quad (2)$$

Покажем, что в этом диапазоне с центром \mathbf{PB}^{Mcj} и радиусом $\Delta \mathbf{PB}^{Mj}$ содержится и соответствующий численный параметр эксперимента $\mathbf{PB}^{?j}$. Действительно, в каждом входном диапазоне \mathbf{D}_i или \mathbf{d}_i содержится и входной численный параметр эксперимента $\mathbf{PH}^{?i}$, используемый для проведения эксперимента. Все операции у нас замкнутые, следовательно, при выполнении промежуточных операций, в их выходном диапазоне содержится и соответствующий параметр эксперимента, и в конечном счете в диапазоне, определяемом \mathbf{PB}^{Mcj} и $\Delta \mathbf{PB}^{Mj}$, содержится соответствующий численный параметр эксперимента:

$$|\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mcj}| < \Delta \mathbf{PB}^{Mj}. \quad (3)$$

Рассмотрим выражение $|\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mj}|$ и преобразуем его следующим образом:

$$|\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mj}| = |\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mcj} + \mathbf{PB}^{Mcj} - \mathbf{PB}^{Mj}| \leq |\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mcj}| + |\mathbf{PB}^{Mcj} - \mathbf{PB}^{Mj}| = |\mathbf{PB}^{?j} - \mathbf{PB}^{Mcj}| + |\mathbf{PB}^{Mj} - \mathbf{PB}^{Mcj}| = (\text{и используя (2) и (3)}) < \Delta \mathbf{PB}^{Mj} + \Delta \mathbf{PB}^{Mj} = 2\Delta \mathbf{PB}^{Mj}.$$

Проведена оценка точности численного экспериментального параметра $\mathbf{PB}^{?j}$, полученная без проведения эксперимента, т.е. $2\Delta \mathbf{PB}^{Mj}$ есть аналог $\Delta \mathbf{d}_j$ для всех $\mathbf{j} \leq \mathbf{N}$.

В статье представлен разработанный метод оценки точности выходных параметров имитационной модели по отношению к параметрам возможного эксперимента, базируясь на котором была создана прикладная программа, решена задача замера атмосферных параметров на заданной высоте. Тестовые расчеты показали работоспособность предлагаемого метода оценки точности выходных параметров имитационной модели по отношению к параметрам возможного эксперимента.

Список литературы

1. Гмурман В.Е. Элементы приближенных вычислений. М.: Высшая школа, 2005, 93 с.
2. Чесноков В.Ю. Метод определения диапазона значений многомерной функции в зависимости от диапазонов изменения аргументов. Материалы международной научно-технической конференции «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности информатике» «МНТК ФТИ-2017». – М.: МГУ, 2017, с. 351-354.

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД

Январь 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. **Санкт-Петербург**

Прием статей для публикации: до 1 января 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2017г.

Февраль 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. **Новосибирск**

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2017г.

Март 2017г.

IV Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. **Екатеринбург**

Прием статей для публикации: до 1 марта 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2017г.

Апрель 2017г.

IV Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. **Самара**

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2017г.

Май 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. **Омск**

Прием статей для публикации: до 1 мая 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2017г.

Июнь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. **Казань**

Прием статей для публикации: до 1 июня 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2017г.

Июль 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. **Челябинск**

Прием статей для публикации: до 1 июля 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2017г.

Август 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2017г.

Сентябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г. Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2017г.

Октябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г. Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2017г.

Ноябрь 2017г.

IV Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**», г. Красноярск

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2017г.

Декабрь 2017г.

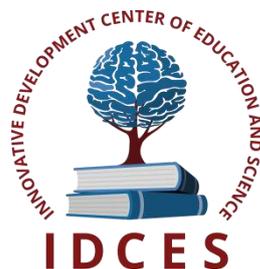
IV Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**», г. Воронеж

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2017г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2018г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Технические науки в мире: от теории к практике

Выпуск IV

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 августа 2017 г.)**

г. Ростов-на-Дону

2017 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.08.2017.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,5.
Тираж 250 экз. Заказ № 083.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.