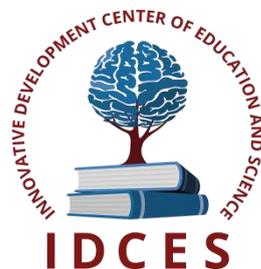


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Проблемы и достижения в науке и технике

Выпуск IV

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

г. Омск

2017 г.

Проблемы и достижения в науке и технике. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4, г. Омск, 2017. 102 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 **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск, 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).

Оглавление

СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	7
СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)	7
ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 1 Выскуб В.Г., 2 Целищев В.С.	7
OPERATION ANALYSIS AND SYNTHESIS OF COMPLEX SYSTEMS Viktor Vyskub, Vladimir Tselishev	7
КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА Федюшкин Н.А., Федосин С.А.	10
СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)	13
СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)	13
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАНДЕМНОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ В РОБОТОТЕХНИКЕ Мелещенко Д.И., Шурыгин А.А., Масюк В.М.	13
ТЕОРИЯ КИНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Орлов Н.Б.	18
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ УЗЛА ТОЛКАЮЩЕГО РОЛИКА ХОЛОДИЛЬНИКА Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А.	21
СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)	23
УПРАВЛЯЕМЫЙ ШУНТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА (УШРТ) Логинов О.Г.	24
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ДОМА Раимова А. Т., Аносова С. В., Дмитриева А. В.	27
СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)	30
СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	30
ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОЛОКИ ИЗ СТАЛИ 10 Прудников А.Н., Прудников В.А.	30

СЕКЦИЯ №8.	
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)	33
ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Наумова А.С.	33
ВЗРЫВОЗАЩИТА И ВЗРЫВОПОДАВЛЕНИЕ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	
Султанов Д.И., Соловьев Д.С., Кострикин В.Д.	36
СЕКЦИЯ №9.	
АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)	38
СЕКЦИЯ №10.	
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)	38
АРХИТЕКТУРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛКА ЗЕЛЕНОБОРСКИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)	
Аралова Н.А.	38
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДСОРБЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ	
Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Зарипова Г.А.	41
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННОГО МАССИВА КАМЕРЫ ШЛЮЗА ДОКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С НЕРАЗРЕЗНЫМ ДНИЩЕМ	
Федорова Т.С. 1, Левачев С.Н. 2	44
СЕКЦИЯ №11.	
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	50
СЕКЦИЯ №12.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)	50
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАШТЕТОВ	
Княжеченко О.А., Бузова В.В., Шинкарева С.В., Селезнева Е.А.	50
ХАРАКТЕРИСТИКА БАЛЬЗАМОВ И ИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВА	
Филиппова Д.С., Супрунова И.А.	52
СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	55
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	55
АДАПТИВНЫЙ $\alpha - \beta - \gamma$ – ДИСКРЕТНЫЙ ФИЛЬТР	
Елисеев А.В., Овсянников С.Н., Прыгунов А.Г.	55
АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
Елисеев А.В., Бухтиярова А.В., Овсянников С.Н., Прыгунов А.Г.	62

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ Елисеев А.В., Бухтиярова А.В., Докай А.Б., Руденко И.Э., Терновской Л.А.	65
ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОвого ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСШИРЕННОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА Пилипенко Н.В., Бикмухаметов И.В.	70
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	74
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ТИРИСТОРНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ И С ДВОЙНЫМ ПИТАНИЕМ Белоусов А.С., Пожидаев А.А., Евсеев А.М.	75
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗОВОЙ МАШИНЫ НА МНОГОКОНТУРНУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ Бобров М.А.	78
ФОРСИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ПРИВОДА МОТАЛКИ СТАНА 2000 ПРИ ЗАХВАТЕ ПОЛОСЫ Пожидаев А.А., Белоусов А.С., Евсеев А.М.	80
ВЫБОР ГЕОМЕТРИИ РОТОРА НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ FEMM Сидоров А.В.	83
СНИЖЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ Скобелев Д.П.	86
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	88
ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОРУЖИЯ МАССОВОГО ПОРАЖЕНИЯ Гребенников А.А., Овчинников П.С., Кудинов Р.Э.	89
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	90
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	90
АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ» Завадская Н.Ю., Секацкий В.С.	90
КОЛЛЕКТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ Толкачева С.А.	93
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	95
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	95

СЕКЦИЯ №21.	
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)	95
ПРИМЕР ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ КОНТЕЙНЕРОВОЗА	
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ	
Артюшина Т.Г.....	96
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2017 ГОД	100

СЕКЦИЯ №1.

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

СЕКЦИЯ №2.

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

1 Выскуб В.Г., 2 Целищев В.С.

1 доктор технических наук, профессор, Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы, г. Москва

2 Кандидат технических наук, доцент, Московская финансово-юридическая академия, г. Москва

OPERATION ANALYSIS AND SYNTHESIS OF COMPLEX SYSTEMS

Viktor Vyskub, Vladimir Tselischev

(Viktor Vyskub, Doctor of sciences, professor, Republican Research and Consulting Center of Expertise, Moscow; Vladimir Tselischev, Candidate of Science, assistant professor, Moscow Finance and Law Academy)

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика оперативного анализа и синтеза систем, которая позволяет определить выходные характеристики новой разрабатываемой аналогичной системы с приемлемой инженерной точностью.

АБСТРАКТ

The article describes the technique of operational analysis and synthesis of difficult systems, which enables to determine the output characteristics of a new similar systems with acceptable precision engineering.

Ключевые слова: сложная система, оперативный анализ, проектирование, линейные пространства, входные, выходные характеристики.

Keyword : difficult systems, operational analysis, design ,linear space, input\ output characteristics.

При проектировании сложных систем, конструкторы и разработчики систем всегда ставят задачу определения выходных характеристик сложных систем. На ранних этапах проектирования эта задача затрудняется тем, что нет полной информации о зависимостях выходных характеристик от входных. Если существуют аналогичные ранее разработанные системы с известными входными и выходными характеристиками, хотя и с неизвестными зависимостями входа от выхода и конструкторы пытаются разработать систему с улучшенными характеристиками, то опираясь на предыдущие разработки можно приближенно рассчитать выходные характеристики (целевые функции) разрабатываемой системы.

Пусть существуют три ранее разработанные системы: A_1 ; A_2 ; A_3 с известными входными и выходными характеристиками, хотя и с неизвестной зависимостью выходных характеристик от входных. Представим входные характеристики ранее разработанных систем в виде векторов:

$A_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n})$; $A_2 = (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n})$; $A_3 = (a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3n})$; где $a_{11} \dots a_n$ входные параметры систем.

Выходные характеристики обозначим : F_{A_1} ; F_{A_2} ; F_{A_3} .

Входную характеристику новой разрабатываемой системы запишем в виде:

$A_y = (a_{y1}, a_{y2}, \dots, a_{yn})$.

Выходную неизвестную характеристику новой разрабатываемой системы обозначим: F_{A_y} .

Запишем систему линейных уравнений:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= F_{A_1} \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= F_{A_2} \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n &= F_{A_3} \\ a_{y1}x_1 + a_{y2}x_2 + \dots + a_{yn}x_n &= ? (F_{A_y}) \end{aligned}$$

Из этой системы линейных уравнений видно, что число неизвестных n больше числа линейных уравнений. Необходимо вычислить выходную характеристику новой разрабатываемой системы - F_{A_y} и определить $x_1; x_2; \dots; x_n$. Решить точно данную систему уравнений нельзя – некорректная задача. Для приближенного решения данной задачи применим так называемый оперативный анализ и синтез систем, основанный на теории линейных пространств. Суть методики - оперативного анализа систем в следующем. Имеются два многомерных пространства: входных и выходных характеристик ранее разработанных систем. Векторы $A_1; A_2$ и A_3 - ранее разработанные системы-аналоги, вектор A_y -новое проектное задание. Соединив концы векторов A_1, A_2 и A_3 построим «обучающую гиперплоскость» - S , на которую опустим перпендикуляр - ρ , (вектор уклонения) с конца вектора A_y . $S = \lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \lambda_3 A_3$, где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – оптимальные множители оценивания. Квадрат вектора уклонения равен: $\rho^2 = (S - A_y)^2 = (\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \lambda_3 A_3 - A_y)^2 \rightarrow \min$. Берем производные по λ_i : $\frac{\partial \rho^2}{\partial \lambda_i}$ и приравниваем их к нулю, определяем $\lambda_1; \lambda_2; \lambda_3$. Выходная характеристика $F_{A_y} \approx \lambda_1 F_{A_1} + \lambda_2 F_{A_2} + \lambda_3 F_{A_3}$.

Вектору A_1 на пространстве входных характеристик соответствует вектор B_1 на пространстве выходных характеристик; вектору A_2 соответствует вектор B_2 и т.д.; вектору A_y^* соответствует вектор B_y . Соединив концы этих векторов образуем «обучающую гиперплоскость» U . $U = \lambda_1 B_1 + \lambda_2 B_2 + \lambda_3 B_3$. Опустив перпендикуляр с конца вектора B_y на ось F_1 , получим выходную характеристику F_{11} – искомую выходную характеристику - F_{A_y} . Помимо этого необходимо определить неизвестные: $x_1; x_2; \dots; x_n$.

Приведем пример решения конкретной задачи определения выходной характеристики – скорости автомобиля ВАЗ – 2105, при известных аналогах автомобилей ВАЗ – 2101; ВАЗ – 2103; ВАЗ – 2106.

№	Параметры	ВАЗ-2101 (A_1)	ВАЗ -2103 (A_2)	ВАЗ -2106 (A_3)	ВАЗ -2105 (A_y)
1	Масса в снаряженном состоянии (кг)	955	965	1035	1060
2	Общий объем двигателя (см ³)	1198	1295	1451	1451
3	Мощность (л/с)	64	70	72	74
4	Крутящий момент (н.м.)	89	93	104	112
5	Скорость (км/час) (F)	140 (F_{A_1})	143 (F_{A_2})	150 (F_{A_3})	? (152) (F_{A_y})

Запишем систему уравнений, состоящую из трех уравнений согласно этой таблице.

$$\begin{aligned} 955x_1 + 1198x_2 + 64x_3 + 89x_4 &= 140 (F_{A_1}) \\ 965x_1 + 1295x_2 + 70x_3 + 93x_4 &= 143 (F_{A_2}) \\ 1035x_1 + 1451x_2 + 72x_3 + 104x_4 &= 150 (F_{A_3}) \end{aligned}$$

Запишем искомое четвертое уравнение, в котором неизвестна правая часть уравнения - выходная функция.

$$1060x_1 + 1451x_2 + 74x_3 + 112x_4 = ? (F_{A_y})$$

Необходимо отметить, что $F_{A_y} \approx \lambda_1 \cdot F_{A_1} + \lambda_2 \cdot F_{A_2} + \lambda_3 \cdot F_{A_3}$, где: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ - оптимальные множители оценивания, которые необходимо определить.

Необходимо определить правую часть четвертого уравнения (F_{A_y}) и неизвестные: $x_1; x_2; x_3; x_4$.

Применяем теорию линейных пространств, матричное исчисление, определители Грама и используем все безразмерные параметры, приведенные в таблице.

В матричной форме квадрат вектора уклонения равен:

$$\rho^2 = [\lambda_{1,k} \cdot A_{k,n} - A_{1,n}]^2 - \min,$$

в которой $\lambda_{1,k}$ - матрица оптимальных множителей оценивания, $A_{k,n}$ - матрица данных, $A_{1,n}$ - матрица нового проектного задания, k - количество аналогов, n - число неизвестных (в данной задаче – $k=3, n=4$).

Запишем общую матрицу данных – A, которая включает данные векторов: $A_1; A_2; A_3$.

$$A = \begin{vmatrix} 955; & 1198; & 64; & 89 \\ 965; & 1295; & 70; & 93 \\ 1035; & 1451; & 72; & 104 \end{vmatrix}$$

Транспонируем матрицу - A, получим:

$$A^T = \begin{vmatrix} 955; & 965; & 1035 \\ 1198; & 1295; & 1451 \\ 64; & 70; & 72 \\ 89; & 93; & 104 \end{vmatrix}$$

Умножим матрицу A на матрицу A^T , получим определитель Грама - $\Delta_{\Gamma_{p0}}$.

$$\Delta_{\Gamma_{p0}} = \begin{vmatrix} 2359246; & 2485742; & 2740587 \\ 2485742; & 261799; & 2892532 \\ 2740587; & 2892532; & 3199626 \end{vmatrix}$$

Образует обратный определитель Грама, обратную матрицу Грама:

$$\Delta_{\Gamma_{p0}}^{-1} = \begin{vmatrix} 0,0106648; & -0,02547; & 0,013938 \\ -0,02547; & 0,061806; & -0,0313 \\ 0,013938; & -0,03413; & 0,018957 \end{vmatrix}$$

Умножим основную матрицу данных – A на обратный определитель Грама: $\Delta_{\Gamma_{p0}}^{-1} \cdot A$, получим обобщенную обратную матрицу - A^* :

$$A^* = \Delta_{\Gamma_{p0}}^{-1} \cdot A = \begin{vmatrix} 0,013518; & -0,0068; & -0,0908; & 0,028264 \\ -0,00868; & -0,00868; & 0,238776; & -0,06868 \\ -0,003341; & 0,006957; & -0,13211; & 0,037992 \end{vmatrix}$$

Запишем параметры ВАЗ – 2105 в виде вектора A_y , получим:

$$A_y = (1060; 1451; 74; 112).$$

Умножим обобщенную обратную матрицу - A^* на вектор A_y , получим оптимальные множители оценивания - λ_{opt} :

$$\lambda_{opt} = A^* \cdot A_y = (0,3679; -0,02889; 0,9543).$$

Таким образом: $\lambda_1 = 0,3679$; $\lambda_2 = -0,02889$; $\lambda_3 = 0,9543$.

Вычислим выходную характеристику автомобиля, скорость ВАЗ – 2105 (F_{A_y}):

$$F_{A_y} \approx \lambda_1 F_{A_1} + \lambda_2 F_{A_2} + \lambda_3 F_{A_3} \approx 0,3679 \cdot 140 + (-0,02889) \cdot 143 + 0,9543 \cdot 150 = 153,3 \text{ (км/час)}.$$

Определим погрешность вычисления:

$$\frac{F_{A_y \text{ пригл.}} - F_{A_y \text{ точн.}}}{F_{A_y \text{ точн.}}} = \frac{153,3 - 152}{152} = 0,0085 \text{ (0,85\%)}.$$

Таким образом, погрешность вычисления выходной характеристики – скорости автомобиля ВАЗ-2105, составила $\pm 0,85\%$.

Теперь необходимо определить линейный оператор - α^* , т.е. неизвестные в основной системе уравнений: $\alpha^* = (x_1; x_2; x_3; x_4)$.

Линейный оператор - α^* определяется умножением обобщенной обратной матрицы на матрицу выходных характеристик - F ($F_{A_1}; F_{A_2}; F_{A_3}$) = (140; 143; 150).

$$\alpha^* = A^* \cdot F = A^{*T} \cdot F = (0,1487; -0,0171; 0,5991; -0,18824).$$

Таким образом, получим: $x_1 \approx 0,1487$; $x_2 \approx -0,0171$; $x_3 \approx 0,5991$; $x_4 \approx -0,18824$.

При сравнении параметров приведенных в таблице можно убедиться, что они отличаются друг от друга от 3 до 10 %. При таком сравнении можно утверждать, что и искомая выходная функция (скорость автомобиля) будет отличаться от других автомобилей в этих же пределах. Оперативный анализ позволяет дать более точную оценку и погрешность не превышает 1%.

Список литературы

- 1.Высуб В.Г., Целищев В.С. Аналоговое моделирование сложных систем и их технико-экономическая оптимизация на стадии эскизного проектирования. Автотракторное электрооборудование.2003,№ 1-2,С.10-14.
- 2.Шилов Г.Е., Конечномерные линейные пространства. Наука, Москва, 1969 г.,432с.
- 3.www.catalog – vaz.php

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА

Федюшкин Н.А., Федосин С.А.

НИ МГУ им. Н.П. Огарева, РФ, г. Саранск

Аннотация. В последние годы происходит повышение роста цифровых данных, в связи с чем исследование знаний и интеллектуальный анализ данных привлекают большое внимание, и создается необходимость превращения этих данных в полезную информацию и знания. Использование информации и знаний, извлекаемых из большого объема данных, происходит во множестве сфер применения, например, анализ рынка или управление бизнесом. Во многих приложениях базы данных хранят информацию в текстовой форме, из чего следует, что интеллектуальный анализ текста (англ. text mining) – это одна из наиболее значимых областей для проведения исследований. Извлечение пользователем необходимой информации является сложной задачей. Интеллектуальный анализ текста – это важный этап процесса обнаружения знаний. Интеллектуальный анализ текста переводит скрытую информацию из неструктурированных данных в полу-структурированные. Интеллектуальный анализ текста – это получение информации путем автоматического извлечения из различных письменных источников, а также это еще и извлечение новой, ранее неизвестной информации при помощи компьютера. В этой статье охватываются некоторые методы интеллектуального анализа текста.

Ключевые слова: Процесс интеллектуального анализа текста, методы, технологии, text mining, data mining.

1. ВВЕДЕНИЕ

Технология интеллектуального анализа данных (англ. data mining) помогает извлекать полезную информацию из различных баз данных. Хранилища данных хорошо работают с числовой информацией, но они не приносят успеха, когда речь идет о текстовой информации. XXI век предоставил нам неограниченные объемы информации в сети Интернет. Это хорошо, потому что больший объем информации обеспечивает большую осведомленность и лучшее знание. Интеллектуальный анализ тестовых данных относится к процессу извлечения интересных и нетривиальных образцов или знаний из текстовых документов. Нахождение точных знаний в текстовых документах с целью помочь пользователям найти то, что они хотят, является сложной задачей.

В настоящее время большая часть информации в бизнесе, промышленности, государственных и других учреждениях хранится в текстовой форме в базах данных, и эта текстовая база данных содержит полу-структурированные данные. Документ может содержать некоторые в значительной степени неструктурированные текстовые компоненты, такие как некоторые абстрактные дополнительные структурированные поля: заголовок, имена авторов, дата публикации, категория и так далее. Интеллектуальный анализ текста представляет собой вариацию на область, называемую интеллектуальный анализ данных (data mining), которая служит для нахождения интересных образцов из огромных баз данных. Проведено множество исследований в области моделирования и реализации полу-структурированных данных в базах данных. Для обработки неструктурированных документов на основе этих исследований были разработаны такие технологии поиска информации, как методы индексации текста. При традиционном поиске, пользователь, как правило, ищет уже известные термины, которые были написаны кем-то другим. Проблема заключается в результате поиска, который не является релевантным к нуждам пользователя. Это и является целью интеллектуального анализа текста – найти новую информацию, которая неизвестна и еще не записана.

Процесс интеллектуального анализа текста начинается с коллекции документов из различных ресурсов. Инструмент интеллектуального анализа текста будет получать конкретный документ и предварительно обрабатывать его путем проверки множеств форматов и символов. Затем документ будет проходить через фазу анализа текста. Анализ текста – это семантический анализ для получения высокого качества информации из текста. Также доступны и другие технологии анализа текста; в зависимости от цели организации могут быть использованы и комбинации различных технологий. Иногда методы анализа текста

повторяются до тех пор, пока не будет извлечена информация. Полученная информация может быть помещена в систему управления информацией, что даст богатый объем знаний для пользователей данной системы [1].

Процесс интеллектуального анализа текста показан на рисунке 1.

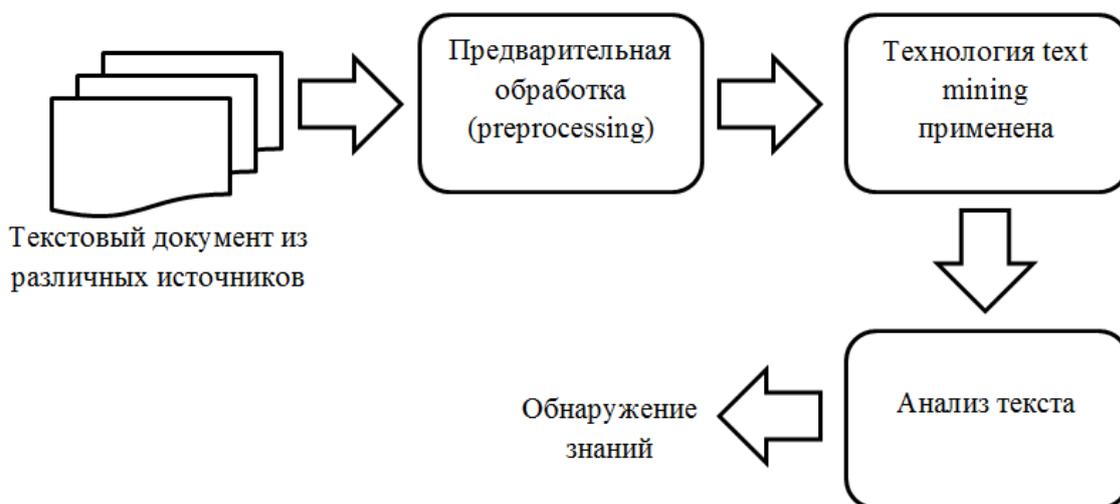


Рисунок 1. Процесс интеллектуального анализа текста

Остальная часть данной статьи посвящена проблемным вопросам, методам и моделям интеллектуального анализа текста.

2. ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ

Сложность естественного языка – это основная проблема в интеллектуальном анализе текста. Естественный язык не освобожден от проблемы неоднозначности. Одно слово может иметь несколько значений, и несколько слов могут иметь одинаковое значение. Способность слов быть понятными в двух или более возможных вариантах называется неоднозначностью. Эта неоднозначность приводит к помехам в извлеченной информации. Неоднозначность не может быть полностью исключена из естественного языка, поскольку она дает гибкость и удобство использования. Существуют различные способы интерпретировать одну фразу или предложение, поэтому могут быть получены различные значения. Хотя и был проведен ряд исследований в решении проблемы неоднозначности, но работа все еще «незрелая» и предложенные в исследованиях подходы предназначаются только для определенных областей. Ответ на вопрос, что пользователь хочет, является вызовом, потому что семантические значения многих обнаруженных в результате поиска слов являются неопределенными.

Достоинства интеллектуального анализа текста:

- 1) Названия различных сущностей и отношения между ними могут быть легко найдены из свода набора документов с помощью использования такой технологии, как извлечение информации.
- 2) Сложная проблема управления большим объемом неструктурированной информации для извлечения образцов решается путем интеллектуального анализа текста.

Недостатки интеллектуального анализа текста:

- 1) Информация, которая требуется изначально – нигде не написана.
- 2) Нельзя сделать программы, которые могут напрямую анализировать неструктурированный текст.

3. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА

Традиционно существует множество методов, разработанных для решения проблемы интеллектуального анализа текста, но среди них нет ничего, кроме соответствующего поиска информации в соответствии с требованиями пользователя. В соответствии с информационным поиском в основном используют четыре метода:

- 1) Метод, основанный на терминах (Term Based Method (TBM)).
- 2) Метод, основанный на фразах (Phrase Based Method (PBM)).

- 3) Метод, основанный на концепциях или понятиях (Concept Based Method (CBM)).
- 4) Метод шаблонной систематики (Pattern Taxonomy Method (PTM)).

3.1 Term Based Method

Термин в документе – это слово, имеющее смысловое значение. В методе, основанном на терминах, документ анализируется на основе термина и имеет преимущества эффективной вычислительной производительности, а также уже состоявшиеся теории для установки весовых коэффициентов терминам. Эти методы возникли в течение последних нескольких десятилетий из области информационного поиска в сообществе машинного обучения. Методы, основанные на терминах, страдают от проблем многозначности и синонимии. Многозначность означает, что слово имеет несколько значений, а синонимия представляет собой несколько слов, имеющих одинаковое значение. Смысловое значение многих изученных терминов является неопределенным для ответа на то, что хочет пользователь.

3.2 Phrase Based Method

Фраза несет в себе больше семантики как информация и она менее неоднозначна. В методе, основанном на фразах, документ анализируется на основе фразы, так как фразы наименее неоднозначны и более отчетливы, чем отдельные термины. Выделяют следующие причины высокой эффективности данного метода:

- 1) Фразы имеют подчиненные статистические свойства терминов,
- 2) Они имеют низкую частоту появления в тексте, и
- 3) Среди них присутствует большое количество избыточных и «шумных» фраз.

3.3 Concept Based Method

В методе, основанном на концепциях или понятиях, термины анализируются на основе предложений и уровня документа. Методы интеллектуального анализа текста в основном базируются на статистическом анализе слова или фразы. Статистический анализ частоты появления термина фиксирует важность слова вне документа. Два термина могут иметь одинаковую частоту появления в одном и том же документе, но смысл в том, что один термин целесообразнее способствует пониманию документа, чем другой термин. Так как вводится новый интеллектуальный анализ, основанный на понятиях, то следует уделять большее внимание терминам, которые фиксируют семантику, то есть смысл, текста. Эта модель включает в себя три компонента. Первый компонент анализирует смысловую структуру предложений. Второй компонент создаёт концептуальный онтологический граф (conceptual ontological graph (COG)) для описания семантических структур. Последний компонент извлекает верхние понятия (концепции), основанные на первых двух компонентах, для того, чтобы построить векторы признаков или свойств, используя стандартную модель векторного пространства. Понятийно-ориентированная модель может эффективно делать различия между «неважными» терминами и терминами, имеющими значение, которые описывают смысл предложения. Понятийно-ориентированная модель, как правило, опирается на технологии обработки естественного языка. Выбор свойства применяется к понятиям запросов для того, чтобы оптимизировать представление и устранить помехи или «шум» и неоднозначность.

3.4 Pattern Taxonomy Method

В методе шаблонной систематики документы анализируются на основе шаблона или образца. Образцы могут быть структурированы в систематику при помощи отношения наследования. Интеллектуальный анализ шаблонов широко изучается в сообществах интеллектуального анализа данных в течение многих лет. Шаблоны могут быть открыты с помощью таких технологий интеллектуального анализа данных, как правило ассоциации, «наиболее частый элемент множества», последовательный интеллектуальный анализ шаблонов и закрытый анализ шаблонов. Использование обнаруженных знаний (шаблонов) в области интеллектуального анализа текста – это сложно и неэффективно, потому что некоторые полезные длинные шаблоны с высокой специфичностью не имеют поддержки (то есть это так называемая низкочастотная проблема). Не все часто встречающиеся короткие шаблоны полезны. Существует проблема неправильного истолкования шаблонов, которая приводит к неэффективной производительности анализа текста.

Метод, основанный на шаблонах, использует два процесса: приведение в действие шаблона и его развитие. Этот метод совершенствует обнаруженные шаблоны в текстовых документах. Экспериментальные результаты показывают, что модель, основанная на шаблонах, работает лучше, чем не только другие модели, основанные на интеллектуальном анализе данных, и понятийно-ориентированная модель, но и лучше модели на основе терминов [2].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время анализ текста привлекает всё больше внимания в различных областях, таких как безопасность, коммерция, наука. Непрерывное накопление текстовых данных привело к необходимости разработки методов интеллектуального анализа текстов для обеспечения эффективной работы с большими корпусами текстов [3].

В ближайшем будущем технология интеллектуального анализа текста станет доминирующей при анализе информации от клиентов в компаниях любого уровня, будь то телефонные центры поддержки, интернет-агентства или аналитические агентства [4].

Список литературы

1. Sonali Vijay Gaikwad, Archana Chaugule, Pramod Patil. Text Mining Methods and Techniques — International Journal of Computer Applications — Volume 85 — No 17 — January 2014.
2. Федюшкин Н.А., Федосин С. А. Основные технологии интеллектуального анализа текста — Развитие технических наук в современном мире. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции — № 3 — г. Воронеж — 2016 — 128 с.
3. Федюшкин Н.А., Федосин С. А. Понятие, проблемы и разновидности интеллектуального анализа текста — Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции — № 3 — г. Омск — 2016 — 206 с.
4. Барсегян А.А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие — Пер. с англ. под ред. В. Г. Трилиса. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009 — 512 с.

СЕКЦИЯ №3.

ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

СЕКЦИЯ №4.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАНДЕМНОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Мелещенко Д.И., Шурыгин А.А., Масюк В.М.

КФ МГТУ им. Баумана, РФ, г. Калуга

Приводы современных робототехнических систем отличаются большим разнообразием: в разных отраслях строятся приводы на совершенно различной физической природе. Можно выделить как классические электрические, гидравлические, пневматические, так и современную «экзотику»: искусственные мышцы и др. Несмотря на внедрение современных инновационных подходов, в промышленности доля использования электроприводов не уменьшается, и на сегодняшний момент составляет, по различным оценкам, свыше 75 процентов. Соответственно характеристики проектируемых электроприводов выходят на первый план как с точки зрения технических показателей, так и экономических.

К таким показателям можно, например, отнести массогабаритные характеристики и высокую точность работы и позиционирования манипулятора, коэффициент полезного действия, удобство работы и обслуживания, широкий диапазон перестройки частоты, цену.

Данная работа посвящена возможному варианту модернизации малогабаритного робототехнического оборудования с точки зрения массогабаритных условий, удобства управления и цены. Такой подход справедлив при разработке лабораторных стендов по исследованию показателей и возможной регулировке характеристик двигателя постоянного тока, принципиальная схема которого приведена ниже (рис.1).

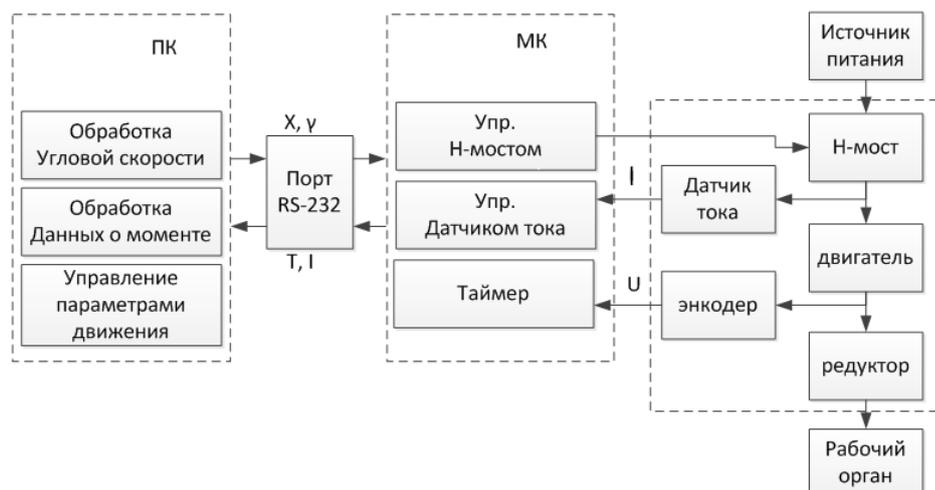


Рисунок 1 – принципиальная схема по исследованию характеристик двигателя постоянного тока

Двигатель постоянного тока рассматривается в контексте удобства управления и широкой применимости в простейших цикловых робототехнических системах, популярностью в этой области он пользуется из-за ряда преимуществ:

- широкий спектр данного типа двигателей;
- доступность на рынке;
- высокая мощность и момент, в сравнении с другими типами двигателей;
- просты в подключении и использовании.

Мощность и момент двигателя постоянного тока прямо-пропорционально зависит от его массогабаритных характеристик. Но с увеличением размеров двигателя, резко снижается точность его работы из-за возрастания махового момента, величина которого квадратично зависит от размеров ротора ДПТ. Также, увеличение габаритов робота может усложнить процесс компоновки и, непосредственно, сборку и установку на производственном конвейере самого манипулятора.

В рамках данного исследования рассмотрим тандемную модификацию двух двигателей постоянного тока. Рассмотрим общие этапы исследования:

- моделирование в SolidWorks
- идентификация параметров тандемного привода
- построение математической модели привода
- оснащение стенда набором необходимых для исследований датчиков, снятие экспериментальных характеристик и сравнение с полученной математической моделью.
- исследование поведение модели двигателя с различными типами нагрузки.

В SolidWorks была разработана 3D модель принципиального устройства такой модификации, два двигателя, объединенные на один вал (редуктор) (рис.2).

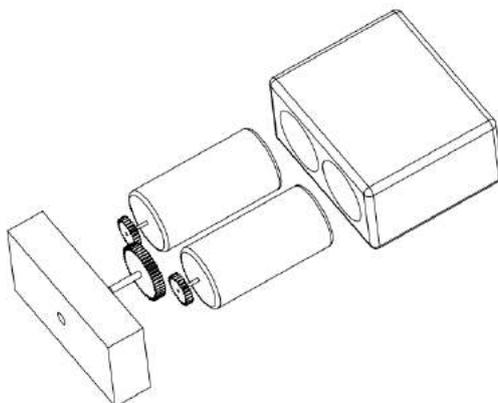


Рисунок 2 – 3D модель «тандемной» модификации ДПТ

Такая сборка обладает рядом преимуществ, в сравнении с одиночным двигателем, который будет обладать таким же крутящим моментом и такой же максимальной мощностью:

- повышенная надежность электропривода (ЭП) (даже если один двигатель выйдет из строя, второй будет поддерживать рабочее состояние механизма до выявления и устранения неполадки);
- улучшенные энергетические показатели при работе с малыми нагрузками;
- уменьшение махового момента и потерь в пусковых сопротивлениях (реостатах);
- удобное расположения рабочих механизмов (при невозможном использовании крупногабаритного эл. двигателя, использование многомашинного электропривода позволит расположить два меньших двигателя при работе на 1 вал)

Для наглядности, мы провели исследование зависимости максимального крутящего момента и максимальной мощности двигателя от его размеров. Так, к примеру, для ДПТ серии «4П...М (С)» график зависимости максимальной мощности от его размеров выглядит так:

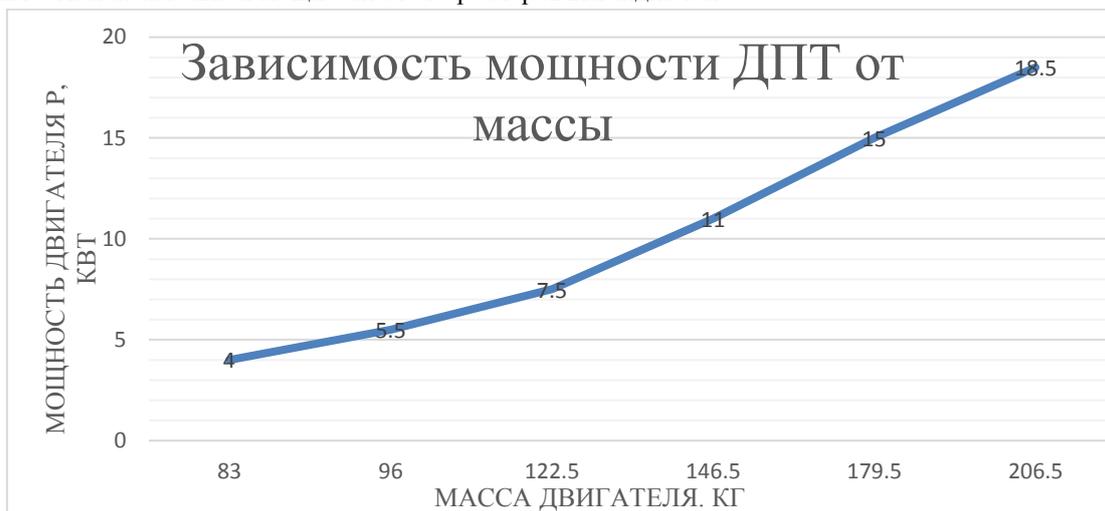


Рисунок 3 – график зависимости мощности ДПТ от его размеров

Зависимость максимального крутящего момента от габаритов одиночного ДПТ серии «2ПБВ...» имеет вид:



Рисунок 2 – график зависимости вращающего момента от массы двигателя

Анализируя данные графики, можно убедиться в том, что массогабаритные характеристики являются определяющими показателями силовых возможностей двигателя. Следовательно, невозможно достичь желаемо высокого значения мощности, без значительного увеличения массы, а, следовательно, и габаритов двигателя. Естественно значительные масса и габариты ДПТ не приемлемы, они сделают роботизированные устройства неоправданно громоздкими, малоподвижными и низкоточными, из-за этого автоматизированные системы могут потерять свою актуальность во многих отраслях промышленности.

Исследуемый сдвоенный электродвигатель был оборудован оптическим энкодером, электрическая принципиальная схема которого приведена ниже (рис.5):

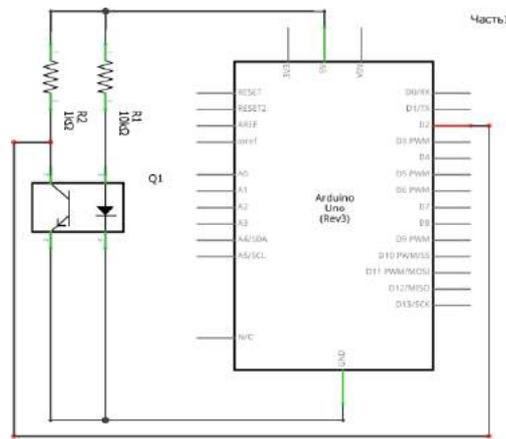


Рисунок 5 –принципиальная схема подключения энкодера

С помощью данного энкодера были сняты показания, которые экспортировались в Microsoft Office Excel, где методом «наименьших квадратов» была выполнена аппроксимация, полученных ранее данных. В результате была получена переходная характеристика, исследуемой «тандемной» модификации двигателей постоянного тока (рис.6):

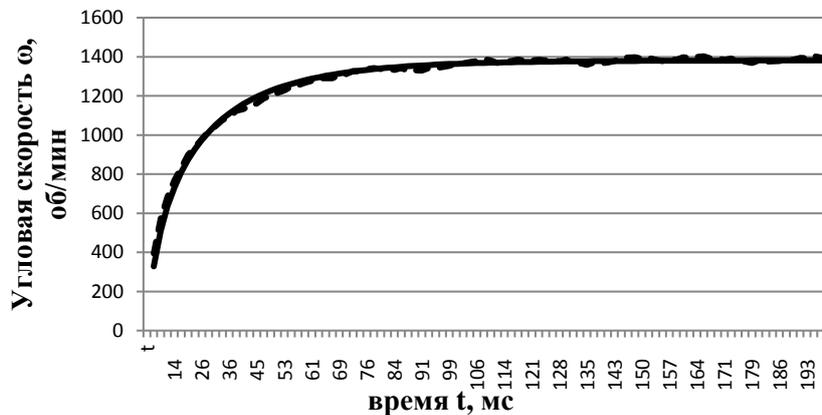


Рисунок 6 – разгонная характеристика «тандемной» модификации ДПТ

Данную переходную характеристику можно аппроксимировать функцией, соответствующей переходной характеристике аperiodического звена первого порядка:

$$h(t) = k(1 - e^{-\alpha t}) \quad (1)$$

Что соответствует передаточной функции:

$$W(s) = k \frac{1}{T_1 s + 1} \quad (2)$$

В результате, проведенной аппроксимации, были получены значения коэффициентов: $k = 1381$; $\alpha = 0,023$. Соответственно, получаем передаточную функцию вида:

$$W(s) = \frac{1381}{0,023T_1 + 1} \quad (3)$$

Для данной передаточной функции в Simulink была построена модель [4], которая симулирует разгонную характеристику нашего двигателя, при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия (Рис.7):



Рисунок 7 – модель, полученной передаточной функции

Для определения инерционности «тандемной модификации» двух двигателей постоянного тока, был получен график торможения ДПТ (Рис.8):

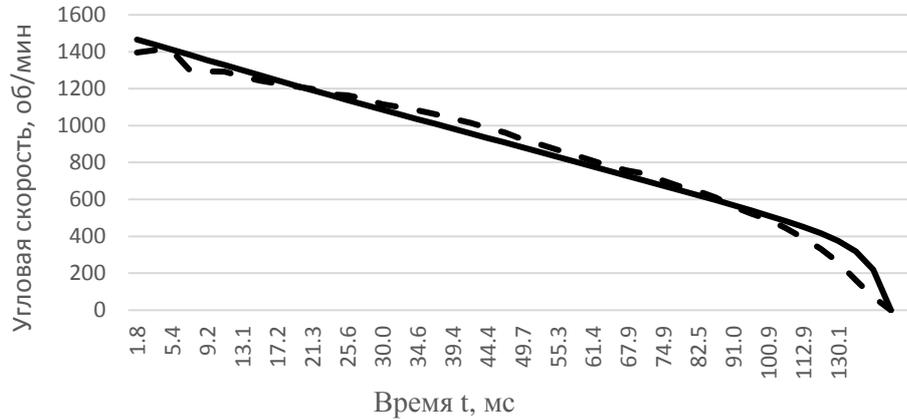


Рисунок 8 – график торможения двигателя

Для подсчета инерционности данной модификации необходимо получить значение тока на якоре двигателя, в момент установившегося движения. В результате поставленного эксперимента было получено приблизительное значение тока, равное 0,3А, при напряжении 27В. Проведем подсчет инерционности данной модификации двух двигателей методом свободного выбега:

Рассчитаем КПД двигателя:

$$\eta = \frac{P_H}{U_H \cdot I_H} \quad (3)$$

Номинальное сопротивление двигателя:

$$R_H = \frac{U_H}{I_H} = 90 \text{ Ом} \quad (4)$$

Номинальное сопротивление якоря:

$$R_{\text{я}} = 0,5(1 - \eta)R_H \quad (5)$$

Полная электрическая мощность, подводимая к двигателю:

$$P_1 = UI \quad (6)$$

Электромагнитная мощность двигателя:

$$P_M = P_1 - I^2 R_{\text{я}} \quad (7)$$

Момент сопротивления электропривода:

$$M_C = 9,55 \frac{P_M}{n_H} \quad (8)$$

Момент инерции электропривода:

$$J = 9,55 \cdot M_c \frac{t_{\text{ПОДК}}}{n_H} \quad (9)$$

В итоге получим значение момента инерции двигателя:

$$J = 0,0000118 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Заключение. В результате данной работы по исследованию «тандемной» модификации двигателей постоянного тока, целью которого являлось обоснование уместности такой компоновки двух ДПТ, было выяснено, что данная модификация обладает удобными, для монтажа на роботизированную систему габаритами, имеет низкий маховый момент, что дает высокую точность отработки воздействий. Благодаря этим преимуществам, такая схема пользуется популярностью. Далее, для данной модификации двигателей будет создана система управления, для дальнейшего использования на манипуляторе.

Список литературы

1. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учебное пособие. 2-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2011.— 464 с.
2. Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы региональной научно-технической конференции, 18–20 апреля 2017 г. Т. 1. — Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 301 с.
3. Сост. А.П. Желтоногов, Л.Б. Иванов определение момента инерции электропривода методом свободного выбега: Методические указания к лабораторной работе // Волгоград. гос. техн. ун-т. — Волгоград, 2001. — 19 с.
4. Работа двух двигателей на один вал [Электронный ресурс]. URL: <http://h4e.ru/elektricheskie-mashini/136-rabota-dvukh-elektroprivodov-na-odin-val>
5. Сергеев, А. С. Основы автоматизированного электропривода: учеб. пособие / А. С. Сергеев, А. М. Макаров, Ю. П. Сердобинцев; Волг ГТУ. — Волгоград, 2013.— 114 с.
6. Типы двигателей используемые в робототехнике [Электронный ресурс]. URL: <http://www.robolive.ru/node/post.php?id=26>

ТЕОРИЯ КИНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Орлов Н.Б.

ФГОУ ВО РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА, г. Москва
ОАО «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР», г. Элиста

Исследуемая кинетическая теория прочности рассматривает разрушения деталей машин как постепенно накапливаемое повреждение в которой решающую роль играют тепловые флуктуации.

Кроме представления о существовании некоторого критического, порогового значения прочности, после достижения которого наступает мгновенное разрушение материала, существует другой подход к трактовке явления прочности, который исходит из того, что разрушение представляется процессом, неравновесным и в большинстве случаев нестационарным, это – кинетический подход.

Анализ температурно-временной зависимости прочности как кинетического процесса позволил сформулировать целый ряд новых критериев и теорий прочности[1].

В практике эксплуатации жаропрочных сплавов при высоких температурах и полимеров при умеренных температурах столкнулись с явлением статической усталости.

Было обнаружено, что при статическом нагружении образца вне зависимости от величины действующего напряжения происходит его разрушение и тем быстрее, чем выше его величина. Явление статической усталости оказалось универсальным, т.е. присущим всем твердым телам технологических машин и оборудования[2].

Разрушение в этом случае представляет собой необратимый кинетический процесс накопления внутренней повреждаемости материала, ускоряемый температурой.

Становится очевидной ярко выраженная зависимость прочности от продолжительности испытаний и режима нагружения.

Для объяснения явления статической усталости предложен ряд теорий и критериев прочности, основанных на концепции накопления повреждений в объеме материала и учитывающих изменение во времени напряженного состояния в теле.

Введение понятия «накопление повреждений» относится к двадцатым годам XX в., когда оно было предложено Палмгреном. В дальнейшем этот подход получил развитие в исследованиях Майнера, Бейли, Робенсона.

Для произвольных процессов нагружения во времени при простейших напряженных состояниях получил распространение критерий суммирования повреждений Бейли [1,3], дающий для времени разрушения t уравнение:

$$\int_0^t \frac{dt}{t(\sigma)} = 1,$$

где: $t(\sigma)$ – долговечность при напряжении σ .

Исследования длительной прочности в процессе ползучести при постоянном растягивающем напряжении показали, что кинетика процесса разрушения следует обычной зависимости кинетических процессов, т.е. зависимости Аррениуса, полученный им при исследовании инверсии сахарозы:

$$t_R = a - \frac{b\sigma}{T},$$

Где: t_R – время, прошедшее от момента приложения постоянного растягивающего напряжения σ до момента разрушения;

T – абсолютная температура;

a, b – коэффициенты, характеризующие свойства исследуемого материала.

Результаты исследования зависимости долговечности от температуры дали Буссе основание предполагать, что статическое усталостное разрушение имеет активную природу.

Им предложена температурная зависимость долговечности:

$$\tau = B \exp \frac{U}{RT},$$

где: T – абсолютная температура;

R – газовая постоянная;

U – энергия активации разрушения;

B – опытная постоянная, зависящая от напряжения.

Исследования процессов разрушения твердых тел проводились С.Н.Журковым.

Кинетическая теория прочности, развиваемая ими, рассматривает разрушение как процесс постепенного накопления нарушений сплошности (повреждаемости), решающую роль в котором играют тепловые флуктуации. Этот процесс начинается с момента приложения к телу нагрузки и идет практически при любом уровне нагружения. Понятие предела прочности, при таком подходе теряет свой физический смысл [2,4].

Фундаментальной величиной, характеризующей интегральную скорость разрушения при данной нагрузке и температуре, становится долговечность – время от момента приложения нагрузки до разрушения деталей.

Формула С.Н.Журкова имеет вид:

$$t = t_0 \exp \left(\frac{U_0 - v\sigma}{KT} \right), \quad (1)$$

где: σ – напряжение, полагаемое постоянным;

K – постоянная Больцмана;

U_0 – энергия активации разрушения в отсутствие напряжения.

Величина ν меняется от материала к материалу.

Однако для каждого материала она является своего рода физической константой, не зависящей от состояния материала.

Параметр t_0 оказался независимым от природы материала, величина его имеет порядок $10^{-12} \dots 10^{-13}$ с, это время соответствует примерно периоду тепловых колебаний атомов в твердом теле[5].

Согласно кинетической концепции параметр ν служит показателем локальных напряжений, которые возникают на фоне средних напряжений, приложенных к телу. Чем меньше ν , тем больше реальная прочность. Для каждого материала величина ν является функцией его состояния, которая задается механической и термической обработкой, введением примесей, кристаллографической ориентацией, а также другими факторами, влияющими на прочность. Поэтому ν является структурно-чувствительной величиной. Таким образом, в формуле С.Н.Журкова (1) все параметры являются физическими величинами за исключением параметра ν , который практически определяется опытами на длительную прочность.

Логарифмируя (1), получаем, что при $T = \text{const}$ должна наблюдаться линейная зависимость $\lg t$ от σ , а при $\sigma = \text{const}$ – линейная зависимость между $\lg t$ и $1/T$.

Проведенные исследования, позволили фактически обнаружить и оценить процессы разрушения в различных материалах, проходящие задолго до окончательного разрушения. К ним относятся наблюдения акустического излучения при нагружении твердых тел, исследование субмикротрещин, изменение механических свойств материалов в процессе усталости. Это позволило выдвинуть ряд новых теорий и критериев прочности, основанных на концепции накопления повреждений[6].

За меру разрушения в этих критериях обычно принимают некоторый параметр « Π », который в процессе разрушения меняется в определенных пределах. Критическая величина этого параметра в некоторой точке считается критерием разрушения в рассматриваемой точке. Параметр « Π » может иметь конкретный физический смысл.

Критерий Л.М.Качанова [7] исходит из предположения, что хрупкий разрыв есть конечный результат развития дефектов материала под действием нагрузок.

По этому критерию время чисто хрупкого разрушения

$$t = \frac{1}{(n+1)A\sigma_0^n},$$

где: A и n – некоторые постоянные;

$\sigma_0 = \sigma_{\text{max}}$ – истинное максимальное растягивающее напряжение в данной точке.

Критерий, предложенный Л.М.Качановым был обобщен Ю.Н. Работновым [8].

Центральная идея критерия Ю.Н.Работнова состоит в том, что выделяются два основных типа разрушения – вязкое и хрупкое.

Выводы

Но, как показывают проведенные исследования в реальных условиях эксплуатации машин, в материалах деталей, эти типы разрушения могут осуществляться в чистом виде, а могут и взаимодействовать между собой, давая картину смешанного разрушения. Это требует отдельных глубоких фундаментальных исследований основ кинетического подхода к теории кинетики разрушения.

Список литературы

1. Орлов Б.Н., Бондарева Г.И. Визуализация, моделирования, надежность в эксплуатации мобильных строительно-дорожных комплексов. Известия Самарской государственной академии. 2012, №3.
2. Busse W.F. Fatigue of fabrics. "J. Appl. Phys". 13, 11, 715, 1942.
3. Орлов Б.Н. Прогнозирование долговечности рабочих органов мелиоративных почвообрабатывающих машин. Диссертация.–2004
4. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Графоаналитические исследования полтока отказов машин и оборудования. «Техника и оборудования для села». 2012, №7.
5. Влияние твердости поверхностного слоя на абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин. «Ремонт. Восстановление. Модернизация». 2004. №3.

6. Орлов Б.Н. Физические основы и уровень надежности деталей машин и механизмов. Учебное пособие «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в водном хозяйстве». – М.: 2008.
7. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. –М.: Наука, 1974.
8. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. –М.: Наука, 1966.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ УЗЛА ТОЛКАЮЩЕГО РОЛИКА ХОЛОДИЛЬНИКА

Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А.

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г. Белгород

Тележки с подвижными колосниками холодильника получают возвратно-поступательное движение от приводного вала. Приводной вал совершает качательные движения, сообщаемые ему электроприводом мощностью $N_0 = 25$ кВт. Одновременно два толкающих ролика установленные на валу обеспечивают тележкам с колосниками рабочий ход длиной $l = 150$ мм. Работа механизма происходит в пылевоздушной среде при температуре в горячей зоне холодильника до 573 К (300°C) и в холодной зоне до 423 К (150°C) и выше.

В процессе эксплуатации холодильника установлено, что надежность работы узлов толкающих роликов весьма низкая, в частности: консистентная смазка, которой набивается подшипниковая полость в период ремонтов высыхает или коксуется; уплотнительные резервные кольца и манжеты твердеют, трескаются, выгорают; в полость с двумя двухрядными радиально-сферическими роликоподшипниками набивается клинкерная пыль, в результате чего происходит заклинивание; при заклинивании трение качение в зоне контакта толкающего ролика с поверхностью пластин подвижных тележек, заменяется трением скольжением; трение скольжение в абразивной (пылевоздушной) среде приводит к интенсивному износу обеих контактных поверхностей, к изменению их формы, а также к перерасходу мощности.

Предусмотренная заводом-изготовителем система охлаждения и смазки узлов толкающих роликов с помощью капельновоздушной смеси оказалось недостаточной и неэффективной, поэтому, при остановке на ремонт печей и холодильников, узлы толкающих роликов приходится перебирать. При этом заменяются уплотнения, подшипники и сами толкающие ролики.

Одной из главных причин быстрого выхода из строя узлов толкающих роликов является низкое качество уплотнений.

Анализ работы деталей узла толкающего ролика:

- кольца резиновые круглого сечения предназначены для уплотнения деталей подвижных (с возвратно-поступательным движением частей) и неподвижных гидравлических и пневматических устройств. Допускаемые скорости перемещения 0,3-0,5 м/с. Допускаемые давления (с использованием защитных шайб) до 20 МПа. Для резины второй группы, из которой изготавливаются кольца, допускается рабочая температура в пределах от -50°C до +100°C. Коэффициент старения резины по относительному удлинению, при температуре 70°C в течение 144 часов, не менее 0,7. Кольца могут работать в минеральных маслах, жидком топливе, эмульсиях, пресной и морской воде.

Предусмотренные конструкции кольца: не могут работать при температуре свыше 100°C из-за быстрого старения и потери первоначальных свойств; не предназначены для уплотнения изделий, составные части которого имеют относительное вращение; быстро истираются и выходят из строя при наличии абразивной среды, какой является смесь клинкерной пыли с воздухом. Таким образом, попытка уплотнения подшипникового узла толкающего ролика с помощью резиновых колец является необоснованной.

Резиновые армированные однокромочные манжеты для уплотнения валов предназначены для работы в минеральных маслах, воде, дизельном топливе при избыточном давлении до 0,05 Мпа, скорости до 20 м/с и температуре в месте контакта манжеты с валом от -45°C до +150°C. Заложенные в конструкцию узла манжеты изготавливаются из резины первой группы и способны длительно выдерживать температуру до +120°C. Шероховатость поверхности вала должна находиться в пределах $Ra = 0,2 \dots 0,63$ мкм, риски не допускаются. При работе манжет должна быть обеспечена смазка трущихся поверхностей. При запыленности внешней среды, перед манжетой необходимо устанавливать защитные устройства:

лабиринтное уплотнение, отражатель и др. Обеспечение изложенных (и других) условий обеспечивает 95%-ный ресурс не менее 3000 часов (125 суток).

При наличии в зоне толкающих роликов температуры 423 К (150°C - в холодной зоне) манжета работать не сможет; после выхода из строя резиновых колец, выполняющих функцию защитных устройств, абразивная пыль попадает в зону контакта манжеты с валом. Манжета быстро изнашивается. Этому же способствует и высыхание смазки во внутренней зоне узла. Из изложенного следует, что, в существующих условиях работы, манжеты, как и резиновые уплотнительные кольца, не смогут длительно выполнять свои функции.

В комплект узла толкающего ролика входит два радиально-сферических роликоподшипника № 3530. Нормальная работа подшипников обеспечивается при постоянном присутствии смазки. Кроме того, подшипники, изготовленные из обычных шарикоподшипниковых сталей, удовлетворительно работают при температурах 473 - 493 К (200 - 220°C). При более высоких температурах мартенсит переходит в троостит отпуска, что сопровождается падением твердости и резким снижением работоспособности подшипника. Высыхание смазки и попадание в подшипник твердых частиц из окружающей среды могут приводить к заклиниванию роликов. Аналогичный эффект может возникнуть в результате неправильного выбора посадок и действия температурных деформаций. Последнее предположение проверим расчетом. Согласно чертежа подшипники устанавливаются по схеме. Размером соответствуют следующие предельные отклонения, табл. 1.

Предельные отклонения размеров подшипника

Таблица 1.

Поверхность	Отклонения, мкм	
	верхнее	нижнее
Вал Ø 150	+30	+4
Внутреннее кольцо подшипника Ø150	0	-25
Наружное кольцо подшипника Ø270	0	-35
Отверстие в толкающем ролике Ø270	+50	0

При это минимальный натяг между валом и подшипником:

$$\Delta'_{min} = 4 \text{ мкм.}$$

Максимальный натяг:

$$\Delta'_{max} = 55 \text{ мкм.}$$

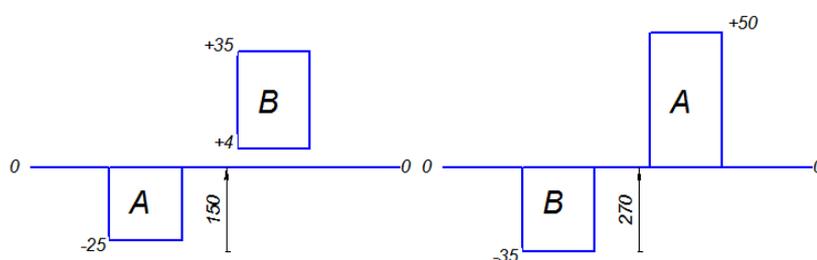


Рис. 1. Схема полей допусков: а) посадки на вал; б) посадке в отверстие

Минимальный зазор между наружным кольцом подшипника и толкающим роликом:

$$\Delta_{min} = 0;$$

максимальный зазор

$$\Delta_{max} = 85 \text{ мкм.}$$

Проверим как изменятся посадки при изменении температуры от нормальной 293 К (20°C) до максимальной (в горячей части холодильника) 573 К (300°C).

Коэффициент линейного расширения шарикоподшипниковой стали:

$\alpha_{ш} = 14 \cdot 10^{-6}$, а стали 45 $\alpha_c = 11 \cdot 10^{-6}$. Разность температур $\Delta T = 573 - 293 = 280$ К.

При этом приращение диаметральных размеров составит

1. Отверстия в толкающем ролике

$$\delta_1 = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 270 \cdot 280 = 0,832 \text{ мм.}$$

2. Наружного кольца подшипника

$$\delta_2 = 14 \cdot 10^{-6} \cdot 270 \cdot 280 = 1,058 \text{ мм.}$$

3. Внутреннего кольца подшипника

$$\delta_3 = 14 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 280 = 0,588 \text{ мм.}$$

4. Вала (втулки)

$$\delta_4 = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 280 = 0,462 \text{ мм.}$$

Наибольший натяг между толкающим роликом и наружным кольцом подшипника:

$$\Delta'_{нб} = \delta_2 - \delta_1 = 1,058 - 0,832 = 0,226 \text{ мм.}$$

Наибольший зазор между внутренним кольцом подшипника и валом (втулкой)

$$\Delta_{нб} = \delta_3 - \delta_4 = 0,588 - 0,462 = 0,126 \text{ мм.}$$

Наибольший натяг между толкающим роликом и наружным кольцом подшипника получится при наличии предварительного (холодного) зазора:

$$\Delta'_{нм} = \Delta'_{нб} - \Delta_{max} = 0,226 - 0,085 = 0,141 \text{ мм.}$$

Наибольший зазор между внутренним кольцом подшипника и валом (втулкой) подучится при наличии предварительного (холодного) натяга:

$$\Delta_{нм} = \Delta_{нб} - \Delta_{max} = 0,126 - 0,055 = 0,071 \text{ мм.}$$

Расчеты показывают, что, в результате температурных деформаций, существенно изменяется характер сопряжений деталей узла.

Вместо натяга между валом и подшипником, соответствующих посадке, образуются зазоры в пределах 71-126 мкм.

Вместо зазора между толкающим роликом и наружным кольцом подшипника, образуются натяги в пределах 141-226 мкм.

Одновременно увеличиваются размеры тел качения. Последнее обстоятельство, в связи с тем, что контактный ролик препятствует свободному увеличению диаметров наружных колец, служит главной причиной уменьшения радиальных зазоров в подшипниках и является предпосылкой к их заклиниванию.

Высокие температуры, высыхание и коксование смазки, проникновение в подшипниковую полость частиц клинкерной пыли и перераспределение посадок, связанное с тепловыми деформациями узла, оказывает комплексное воздействие, способствующее заклиниванию подшипников и быстрому выходу узла из строя.

При возвратно-поступательном перемещении тележек с клинкером поверхности толкающих роликов испытывают контактные напряжения и одновременное воздействие температурного поля.

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

УПРАВЛЯЕМЫЙ ШУНТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА (УШРТ)

Логинов О.Г.

магистрант
РГАЗУ, РФ, г. Балашиха

Управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа (УШРТ) является одним из видов управляемых реакторов и предназначен для установки на подстанциях линий электропередач высокого напряжения 110...500 кВ для реализации следующих функций:

- плавного быстродействующего регулирования реактивной мощности с целью разгрузки оборудования сетей и подстанций от реактивной мощности и снижения потерь в них;
- стабилизации напряжения на шинах подстанции;
- демпфирования качаний активной мощности по линии повышения статической и динамической устойчивости энергосистемы.

Управляемый реактор типа УШРТ может обеспечивать снижение колебаний напряжения, а также балансирование (симметрирование) напряжений по фазам, вызванных наличием мощной несимметричной нагрузки (например, при питании тяговых подстанций РЖД) – в этом случае используется пофазное управление реактивной мощностью УШРТ. Управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа (УШРТ) является разновидностью СТК и объединяет в себе понижающий трансформатор и компенсирующий реактор. УШРТ имеет следующие преимущества перед традиционными сетевыми СТК:

- Возможность исполнения на любой требуемый класс напряжения;
- Снижение габаритов, стоимости и потерь в СТК, в целом за счет отсутствия компенсирующего реактора;
- Высокую надежность схемы, так как режим КЗ для УШРТ является номинальным.

Схема и основные параметры управляемого шунтирующего реактора трансформаторного типа

Однолинейная схема УШРТ представлена на рис.1.

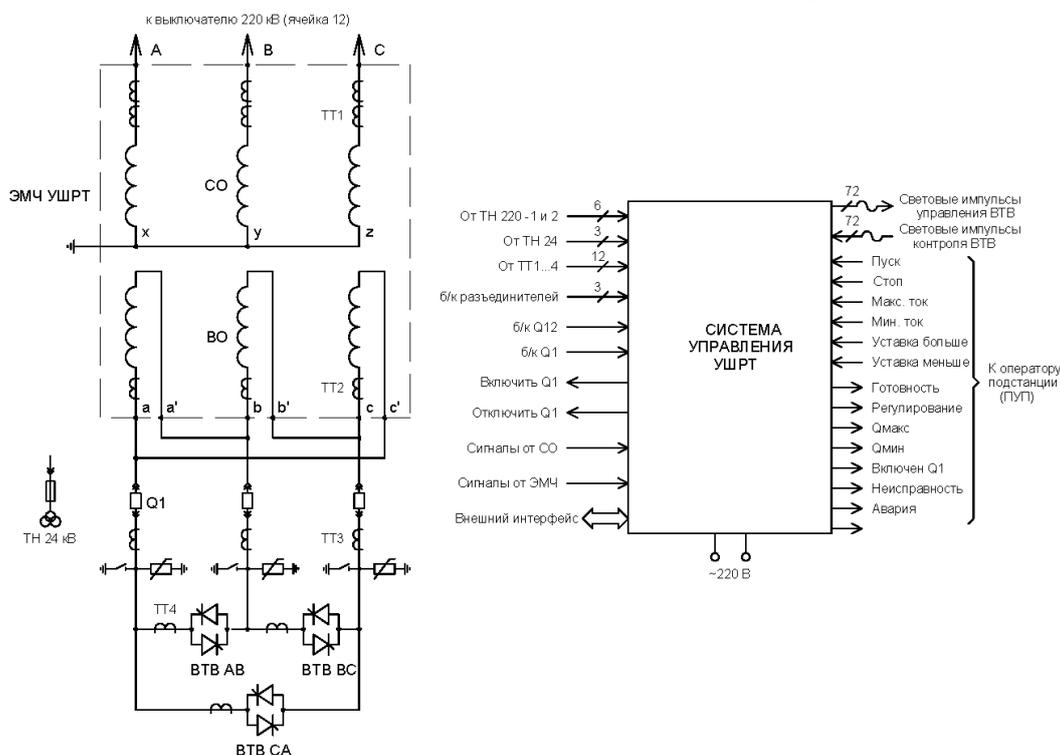


Рис.1. Однолинейная схема УШРТ

В состав УШРТ входят:

- электромагнитная часть УШРТ (ЭМЧ);
 - тиристорный регулятор в составе:
- трехфазный высоковольтный тиристорный вентиль (ВТВ), подключенный к вентильной обмотке (ВО) ЭМЧ, соединенной в треугольник, через выключатель Q1;
- цифровая система автоматического управления и защит УШРТ (САУ), обеспечивающая управление ВТВ и коммутацию выключателя Q1 в соответствии с заданными алгоритмами в составе: шкаф управления (ШУ) и шкаф релейных защит (ШРЗ)
- система жидкостного охлаждения тиристорных вентилях (СО), состоящая из шкафа системы охлаждения (ШСО) и аппарата воздушного охлаждения (АВО).

УШРТ подключается к выбранной секции шин ВН подстанции. Управление УШРТ производится ШУ в автоматическом режиме по командам оператора ПС от пульта дистанционного управления (ПДУ) или АРМ оператора и не требует присутствия оперативного персонала. Предусмотрен режим ручного управления УШРТ с лицевой панели ШУ.

Табл.1 Основные параметры УШРТ

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	110, 220, 330, 500
Испытательные напряжения	по ГОСТ 1516.3-96
Номинальная реактивная мощность (потребляемая) при номинальном напряжении, МВАр	25....160
Быстродействие УШРТ: - время изменения мощности УШРТ в пределах плавного диапазона регулирования, не более, с - отработка скачка напряжения уставки, не более, с:	0,03 до уровня 0,9 0,03 до установившегося значения с точностью 0,05 0,12
Диапазон изменения уставки по напряжению	±10% Уном
Диапазон изменения статизма характеристики	1...10%
Пофазное регулирование реактивной мощности	возможно
Суммарные потери в номинальном режиме, % от номинальной мощности, не более	0,55...0,8
В нормальных режимах работы УШРТ содержание высших гармоник в его токе в % от величины тока УШРТ в режимах полного потребления, не более	3

ОПИСАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЭМЧ УШРТ

Электромагнитная часть УШРТ представляет собой трехфазный двухобмоточный реактор с обмоткой высокого напряжения (сетевой – СО), соединенной в звезду с глухозаземленной нейтралью и подключаемой к шинам ВН подстанции, и обмоткой низкого напряжения (вентильной - ВО) с номинальным напряжением, величина которого зависит от мощности УШРТ и лежит в пределах от 10 до 35 кВ. Схема соединения обмоток Ун /Д-11. Для обеспечения возможности соединения в "треугольник" фаз обмотки ВО каждая фаза обмотки снабжена двумя вводами, размещенными на крышке бака реактора.

Отличительной особенностью ЭМЧ УШРТ является 100-процентная магнитная связь между обмотками СО и ВО, что позволяет регулировать ток первичной обмотки путем изменения угла зажигания тиристорного вентиля, подключенного параллельно обмоткам ВО.

Специальная конструкция ЭМЧ обеспечивает:

- низкие потери за счет полной локализации магнитного поля внутри магнитной структуры;
- компенсацию токов высших гармоник, возникающих при регулировании тока в обмотке ВО, внутри магнитной структуры;
- возможность независимого пофазного регулирования тока в каждой из обмоток ВО и, соответственно, СО.

ЭМЧ предназначена для внешней установки, имеет принудительную циркуляцию воздуха и естественную циркуляцию масла (Д). В состав ЭМЧ входит система контроля состояния реактора, обеспечивающая автоматический контроль параметров, на основе информации от установленных в нем аналоговых датчиков.

Габаритные размеры ЭМЧ на напряжение 220 кВ и мощность 100 МВА в сборе, не более 9100 x 6500 x 8200 мм, транспортная масса - 102700 кг, масса масла - 38200, полная масса – 113300 кг (для системы охлаждения Д).



Рис.2 Электромагнитная часть УШРТ

Регулятор УШРТ

Оборудование регулятора УШРТ – стандартное оборудование производства Нидек АСИ ВЭИ, описанное в разделе СТК. Все оборудование регулятора размещается в контейнере размером 12,2 x 2,4 x 2,9 м. В отсеках контейнера смонтированы ячейка КРУ Q1, трехфазный тиристорный вентиль с системой жидкостного охлаждения и система управления УШРТ. Агрегат воздушного охлаждения и вводы напряжения от ВО размещены на крыше контейнера.



Рис.3 Регулятор УШРТ

Список литературы

1. Александров Г.Н., Альбертинский Б.И., Шкурюпат И.А. Принципы работы управляемого шунтирующего реактора трансформаторного типа. Электротехника 1995 №11.
2. Александров Г.Н. Управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа. Электротехника, 1996, № 10.

3. Мологин Д.С., Чуприков В.С. Реализация пилотного проекта CSRT в энергосистеме Norte de Angola. «Энергоэксперт», №1, 2010 г.
4. Демин А.И., Титаренко А.В., Чуприков В.С. Применение УШРТ 220 кВ 60 МВАр для нормализации режимов работы энергосистемы «Norte de Angola». Материалы VI Международной н/т конференции «Энергосбережение в электроэнергетике и промышленности». Москва, 17-18 марта 2010 г., доклад 2-14.

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ДОМА

Раимова А. Т., Аносова С. В., Дмитриева А. В.

ОГУ, РФ, г. Оренбург

В настоящее время доступны различные источники тепловой энергии: нефть, уголь, газ, дерево. Однако все они относятся к невозобновляемым ресурсам и катастрофически истощаются. Поэтому поиск альтернативных источников энергии сегодня более чем актуален. Одним из направлений альтернативной энергетики является геотермальное отопление, которое вполне может стать заменой других систем отопления в настоящем и будущем.

За последние 10 лет в связи с подорожанием природного газа, запасы которого стремительно сокращаются, а цены растут, например, по сравнению с 2008 годом цена на природный газ выросла вдвое, интерес к отоплению домов тепловыми насосами в значительной мере вырос. Это связано с тем, что при производстве тепла тепловой насос в отличие от других генераторов тепловой энергии, например, электрических, газовых и дизельных генераторов тепла до 80 % энергии извлекается из окружающей среды.

Кроме значительной разницы в цене они имеют свои недостатки:

- газовые котлы – давление в российских газовых магистралях существенно ниже, чем в Европе, низкая стабильность;
- дизельные котлы – стоимость оборудования высокая, эксплуатационные расходы также очень высоки;
- электрические котлы – экономическая нецелесообразность их применения из-за высокой стоимости электроэнергии;
- твердотопливные котлы - невозможность полной автоматизации котельной, потребность в ежедневной чистке топки котла.

Таким образом, уже сегодня геотермальное отопление является экономичнее отопления другими видами топлива. В связи с этим нами были рассмотрены некоторые виды существующих геотермальных отопительных систем, выявлены их достоинства и недостатки, определены критерии их оптимальности.

Геотермальные отопительные системы начали использовать более тридцати лет назад, в начале 70-х годов XX века. В России геотермальное отопление – это нонсенс.

Принцип действия тепловых насосов заключается в том, что они забирают низкотемпературное тепло (от 0 °С и выше) из внешних источников – земли, воды, воздуха и нагревают его до плюс 55-65 °С. Даже в самые суровые зимы температура под землей не опускается ниже плюс 4 градусов, а на глубине в 30 метров она составляет плюс 8-10 градусов. Температура грунта в зависимости от глубины приведена на рисунке 1.

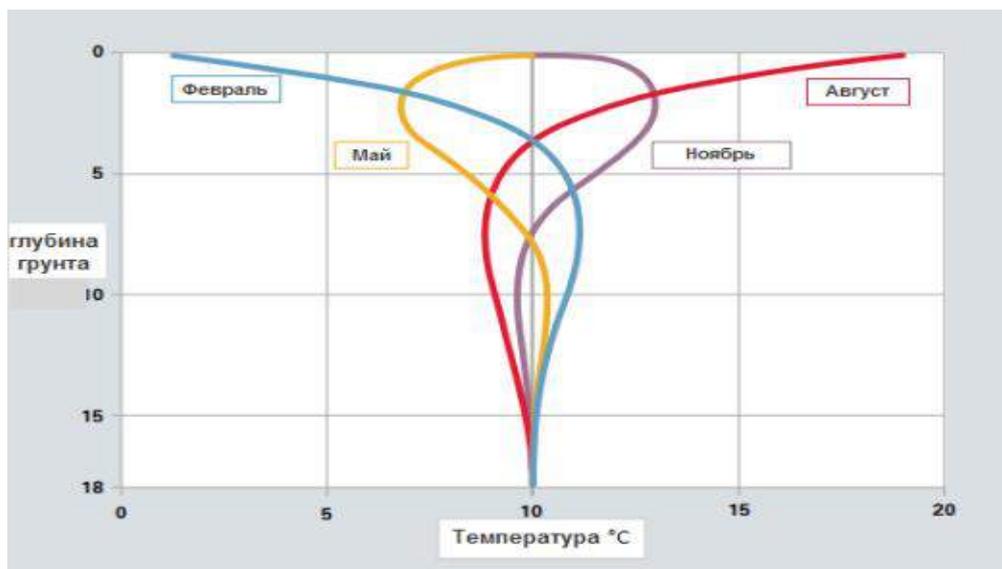


Рисунок 1 – Зависимость температуры грунта от глубины

Данный вид отопления основан на использовании и преобразовании полученной энергии для нагрева теплоносителя дома, формируется следующим образом. Устанавливается геотермальный контур отбора, заполненный пропиленгликолем и соединенный с вертикальными геотермальными зондами. Зонды помещаются в скважины глубиной 60-100 м.

Принцип работы геотермального отопления представлен схемой на рисунке 2.

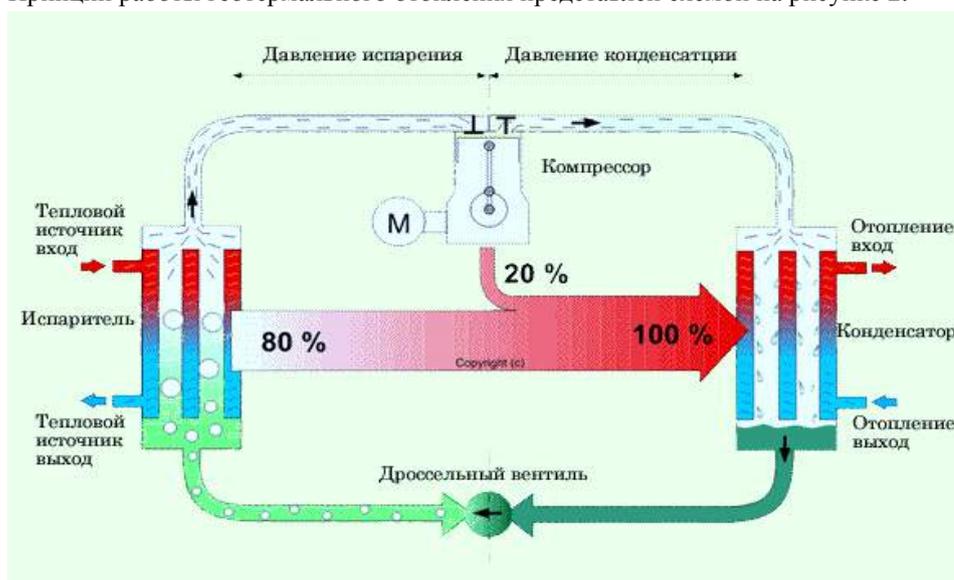


Рисунок 2 – Принцип работы геотермальной системы отопления

Контур отбора может быть соединен с горизонтальным коллектором, который укладывается на глубине свыше 1 метра. Рабочая жидкость в контуре циркулирует по замкнутому кругу между зондами и нагревается до 5-6 °С, после чего подается в приемник теплового насоса. Далее тепловой насос работает, как любые модели, аккумулирующие тепло из окружающей среды.

Примечательно, что летом тепловой насос может выполнять функцию кондиционера: из-под земли в дом поступает прохлада, а тепло идет в ее недра. Именно поэтому работу геотермального насоса часто сравнивают с кондиционерами реверсивного типа.

Поскольку трубы геотермальной отопительной системы могут быть проложены под грунтом, по дну водоема и внутри скважины, различают геотермальное отопление со следующими контурами:

- с горизонтальным контуром – магистрали укладываются в землю на глубину ниже промерзания почвы, однако необходима большая площадь для монтажа коллектора;
- с водоемным контуром – магистрали, прокладываемые по дну водоема, это самый экономически выгодный способ, но не везде есть озера и реки глубиной более 2 метров;

- с вертикальным контуром – бурение скважин минимум на 30 метров (в зависимости от рельефа), из-за необходимости малой площади для монтажа есть возможность использования для уже построенных домов.

Анализ отзывов о тепловых насосах в системах теплоснабжения позволил выявить сильные и слабые стороны геотермального отопления.

К достоинствам геотермальной системы отопления следует отнести:

- экономичность (сравнение затрат, например, на газ, твердое топливо);
- срок окупаемости (4-5 лет);
- длительный срок эксплуатации (более 50 лет);
- практичность (использование 34,2 % геотермальной энергии).

Однако имеют место и недостатки:

- высокие нормативные требования к тепловым насосам;
- высокая стоимость (порядка 350-500 тыс. руб.);
- снижение показателей теплоотдачи и характеристик (из-за изменения в геотермальном контуре в первый год эксплуатации).

В целом, система отопления на основе теплового насоса будет эффективной заменой газовому котлу, а так же котлу на жидком топливе или отоплению с использованием электричества .

Сравнительный анализ характеристик отопительных установок мощностью 10,8 кВт/час для обогрева помещения одинаковой площади приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики отопительных установок

Технические характеристики	Способ обогрева помещения		
	Котел газовый / на жидком топливе	Котел электрический	Тепловой насос
Источник тепловой энергии	газ/дизельное топливо	электрический ток	тепло земли
Расход электроэнергии, кВт/час	1,5 / 2,0	12,0	2,0
Стоимость оборудования	средняя	низкая	высокая
Расход энергоносителя в год	5 000 м ³ / 10 000 л	69 000 кВт	энергия земли
Срок службы, лет	15-20	3-8	до 50
Пожаро- взрывоопасность	опасен	опасен	безопасен
Обеспечивает охлаждение	нет	нет	да
Окупается	нет	нет	3-5 лет

Таким образом, из сравнительных характеристик, представленных в таблице 1, очевидна эффективность использования теплового насоса для обогрева помещения, поскольку тепловые насосы:

- экономичнее котлов на дизельном топливе или электрического отопления;
- 10 лет эксплуатации по сравнению с электрическим отоплением тепловые насосы дают экономию в 35 тыс. \$;
- экологически безвредный источник теплоснабжения;
- пожаро- и взрывобезопасен;
- стоимость эксплуатации не будет зависеть от изменения цен на энергоносители.

Геотермическое отопление дома – это своего рода инновационный способ отопить свой дом, который, однако, существует уже относительно давно.

Сегодня же подземное отопление частного дома совершенствуется, разрабатывается максимально простой, но при этом – функциональный способ монтажа. В данном случае предполагается возможность самостоятельного расчета всех параметров и так далее. Земляное отопление загородного дома очень скоро превратится в основной способ обогреть свое жилище, поскольку срок службы тепловых насосов несравнимо больше, чем у классических котельных, т.е. это вложение в будущее для следующих поколений.

Список литературы

1. Германович, В. Альтернативные источники энергии / В. Германович, А. Турилин. – М., 2011. – 320 с.

2. <http://otoplenie-doma.org/geothermalnoe-otoplenie-doma.html>
3. <http://tep32.ru/stati/8/>

**СЕКЦИЯ №6.
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)**

**СЕКЦИЯ №7.
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОЛОКИ ИЗ СТАЛИ 10**

Прудников А.Н., Прудников В.А.

СибГИУ, РФ, г. Новокузнецк

Термоциклическая деформация (ТЦД), основанная на совместном воздействии температуры и деформации в области температур фазовых превращений или переменной растворимости элементов в твердых растворах, довольно часто применяется как упрочняющая обработка для различных металлов и сплавов [1,2,5-7,10]. В последние годы возрос интерес к ТЦД как к механизму, с помощью которого можно воздействовать не только на механические характеристики металлов и сплавов, но и на их тепловые, магнитные, электрические, а также эксплуатационные и другие свойства [3,4,8]. Причем, зачастую, это воздействие проявляется значительно интенсивнее после проведения последующей термической или термоциклической обработки материалов [4,7-8]. Поэтому в работе были исследованы свойства проволоки из низкоуглеродистой стали 10, изготовленной с использованием предварительной термоциклическойковки заготовок, и воздействие последующей термической обработки на ее удельное электрическое сопротивление.

В качестве материала исследования была взята низкоуглеродистая качественная сталь 10, выплавленная в ОАО «НКМК» (г. Новокузнецк). Химический состав стали, определенный на эмиссионном спектрометре ARL 4460, приведен в таблице.

Таблица – Химический состав обрабатываемой стали 10

Марка стали	Содержание элементов, % (вес.)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Fe
10	0,08	0,23	0,46	0,016	0,014	0,01	0,04	0,04	ост.

На стадии переработки сляба в заготовку под прокат проводили деформационную термоциклическую обработку стали (ДТЦО). Обработка заключалась в термоциклической ковке на гидравлическом прессе в условиях кузнечно-термического цеха ОАО ЗСМК (г. Новокузнецк) по схеме однопроходной протяжки со степенью деформации 6-8 % в цикле. Количество циклов 10, температураковки 1250-1300°C. Более подробно технология ДТЦО приведена в работе [9]. В дальнейшем из стальной заготовки прокатывали катанку диаметром 80 мм на площадке строительного проката, из которой на проволочном стане 250-1 сталепрокатного производства в ОАО ЗСМК изготавливали проволоку диаметром 3 мм. Отжиг и нормализацию образцов проводили в электрических печах типа СНОЛ. Для измерения электрического сопротивления образцов применяли двойной мост Томсона. Образцы имели следующие размеры 3×240 мм. Ошибка измерения сопротивления составляла $0,05 \cdot 10^{-8}$ Ом.

Микроструктура проволоки из стали 10, изготовленной с использованием предварительной термоциклическойковки, состоит из равномерно распределенных, зерен феррита и небольшого количества колоний перлита, расположенных по границам зерен, как и для листового проката [2]. Средний размер зерна

феррита в среднем составляет 6 мкм. Определение механических свойств проволоки из стали, изготовленной с ДТЦО, показало величину временного сопротивления разрыву $\sigma_b=320$ МПа, а относительное удлинение $\delta=33$ %. Удельное электрическое сопротивление составляет $18,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Для определения возможности снижения удельного сопротивления проволоки из стали 10 в работе было исследовано влияние температуры и времени последующей нормализации и отжига на его величину. Температуру нормализации и отжига изменяли от 100 до 900 °С через 100 °С. Результаты определения удельного электрического сопротивления образцов после термической обработки в течение 1 ч при различных температурах приведены на рисунке 1. Из анализа кривых «удельное электрическое сопротивление (ρ) – температура обработки» для нормализации и отжига проволочных образцов из стали 10, изготовленной с ДТЦО, видно, что оба вида обработки снижают удельное электросопротивление стали. Причем наиболее существенное снижение величины удельного сопротивления начинается с 500 °С (4-5 %).

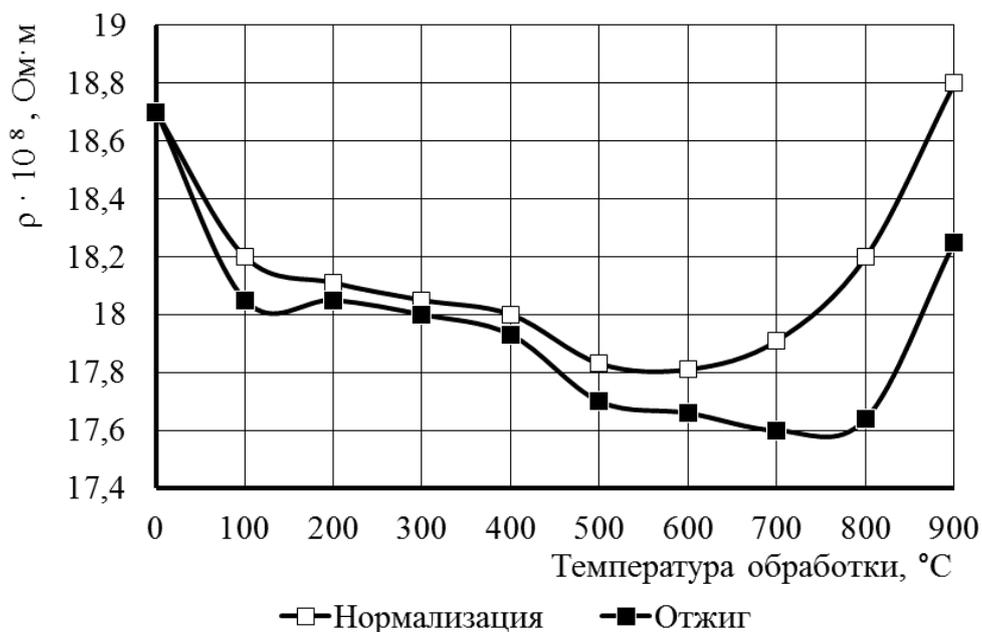


Рисунок 1 – Влияние температуры нормализации и отжига (время выдержки 1 ч) на удельное электрическое сопротивление (ρ) проволоки из стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО.

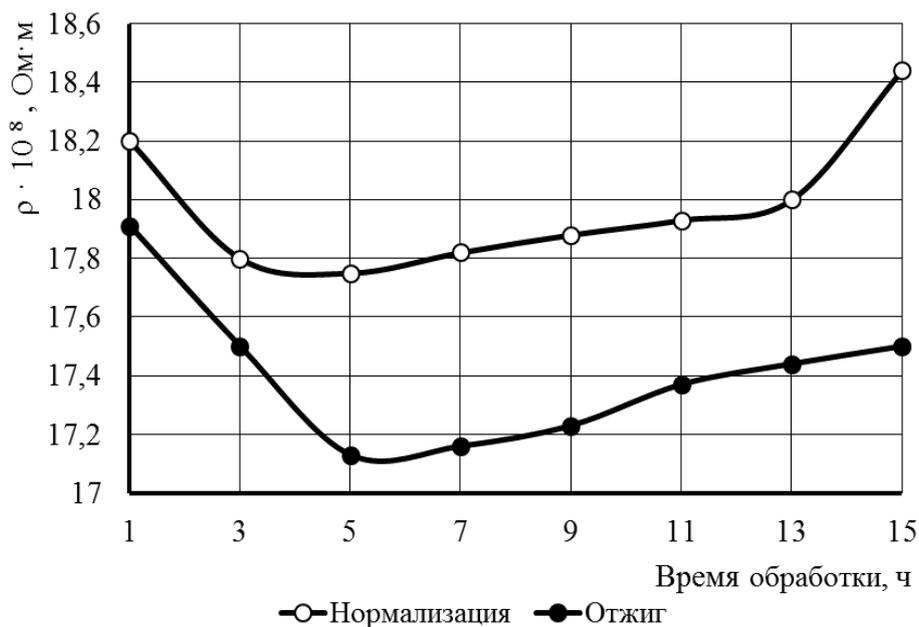


Рисунок 2 – Влияние времени нормализации и отжига при 700 °С на удельное электрическое сопротивление (ρ) проволоки из стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО.

Такое снижение удельного сопротивления стали связано со снятием наклепа образцов, уменьшением количества дефектов кристаллического строения и внутренних напряжений, а также объемной доли перлита в структуре металла после обработки. Минимальное значение ρ для образцов из стали после обработки в течение 1 ч при различных температурах отмечается после отжига при 700 °С и составляет $17,6 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. При дальнейшем увеличении температуры термической обработки до 900 °С происходит резкое повышение величины удельного электрического сопротивления стали, что, по-видимому, объясняется увеличением зерна феррита и образованием частично видманштеттовой структуры. Для определения оптимального режима термической обработки проволоки из стали 10, было исследована зависимость удельного сопротивления от времени выдержки отжига и нормализации при 700 °С. Полученные результаты приведены на рисунке 2. Видно, что с увеличением времени выдержки при термической обработке проволочных образцов из стали 10 величина удельного сопротивления снижается как при нормализации, так и при отжиге. Однако уровень снижения удельного сопротивления стали после отжига выше вследствие более низкой скорости охлаждения образцов с печью. Наименьшее значение ρ равное $17,13 \cdot 10^{-8}$ Ом·м соответствует режиму отжига: 700°С, время выдержки 5 ч. Эта величина на 8 % ниже удельного сопротивления проволочных стальных образцов без термической обработки.

Таким образом, исследовано влияние предварительной термоциклическойковки при производстве проволоки из стали 10 и последующей термической обработки на ее свойства. Показана возможность снижения удельного электрического сопротивления проволоки из стали 10, изготовленной с ДТЦО, на 8 % за счет последующего отпуска при 700 °С в течение 5 ч.

Список литературы

1. Prudnikov A.N. Deformable heatproof austenitic ferritic spherulite for pistons // A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009.- Т. 39. – № 6. – С. 456-459.
2. Prudnikov A.N. Hardening low carbon steel 10 by using of thermal cyclic deformation and subsequent heat treatment// A.N. Prudnikov, V.A. Prudnikov // Materials science. Nonequilibrium phase transformations. – 2016. – №4. – pp. 10-13.
3. Прудников А.Н. Влияние термоциклическойковки и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10 /А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Актуальные проблемы в машиностроении: – 2016.– № 3.– С. 451-456.
4. Прудников А.Н. Влияние термической обработки на электрические свойства низкоуглеродистой стали, изготовленной с использованием ДТЦО / А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Инновации в машиностроении: Сб. материалов VII Межд. науч.-практ. конф.– Кемерово: КГТУ, 2015.– С. 377-380.
5. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые аустенитические силумины // Технология металлов. – 2014. – № 2.– С. 8 - 11.
6. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.
7. Прудников А.Н Совершенствование термической обработки поршневых деформируемых силуминов с добавками фосфора и водорода / А.Н. Прудников / Обработка металлов (технология, обработка, инструменты). – 2009.–№1.– С. 8-11.
8. Прудников А.Н. Оценка воздействия термоциклической деформации и последующей термической обработки на электрофизические свойства низкоуглеродистой стали / А.Н. Прудников, В.А. Прудников и др. // Актуальные проблемы в машиностроении: – 2015.– №2.– С. 396-400.
9. Прудников А.Н. Оценка структуры, свойств и загрязненности неметаллическими включениями деформационно-термоциклически обработанной стали 10 / А.Н. Прудников, В.А. Прудников и др. // Металлургия: технологии, инновации, качество: Сб. материалов XIX Международной научно-практич. конф.– Новокузнецк: СибГИУ, 2015.– С. 35-39.
10. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский – Л. :Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.– 255 с.

СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Наумова А.С.

НГТУ, Нижний Новгород

На сегодняшний день процесс проектирования судов и кораблей невозможно представить без использования вычислительной техники. Компьютер применяется как для выполнения отдельных расчетов на рабочем месте проектанта, так и для работы в составе системы автоматизированного проектирования (САПР), обслуживающей проектную организацию в целом.

Существующие САПР в первую очередь направлены на повышение производительности труда внутри конструкторского бюро, охватывая стадии технического и рабочего проекта. Не умаляя важность решения такой задачи, следует отметить, что "сверхзадачей" любого КБ является повышение *качества* проектов. Проектантам хорошо известно, что 90% успеха закладывается на начальных стадиях проектирования: при отработке ТЗ, в техническом предложении и эскизном проекте. Если разработка проекта ведется в тесном контакте с Заказчиком, то к перечисленным стадиям добавляется еще разработка основных технико-эксплуатационных требований (ОТЭТ) к судну. Все перечисленные стадии составляют по трудоемкости не более 10% всего процесса проектирования. Однако, интеллектуальная поддержка этих ключевых для конечного результата, стадий – отсутствует. Основным условием повышения качества проекта является увеличение глубины проработки, которая достигается, в основном за счет возрастания числа прорабатываемых вариантов проекта. Казалось бы, что особой проблемы здесь нет: давно известен математический аппарат, специально предназначенный для выбора наилучшего варианта из нескольких альтернатив. В конце 70-х и до середины 90-х годов прошлого столетия был "бум" использования оптимизационных методов в проектировании различных образцов техники. Да и сейчас, редко диссертация на проектную тему обходится без решения какой-либо экстремальной задачи. К сожалению, в НИИ и КБ практическое применение компьютерной оптимизационной технологии при создании новых судов и кораблей является единичным. У такого положения есть объективные причины. Прежде всего, это низкая детализация математических моделей проектируемых судов и кораблей. Для современного корабля или судна все возрастающую роль в конечной эффективности начинают играть целевые подсистемы, а не компоненты системы "Корабль", образующую несущую платформу для размещения этих подсистем. Развитие системного анализа в кораблестроении привело к осознанию того факта, что эффективный корабль может быть создан только в условиях *комплексной совместной* оптимизации всех его подсистем и элементов. Комплексная совместная оптимизация означает, что для каждой значимой подсистемы корабля должна решаться собственная оптимизационная задача, решение которой должно быть согласовано в интересах системы "Корабль" в целом. При этом интегральные характеристики корабля также определяются путем оптимизации. Такая задача является управляющей задачей по отношению к задачам оптимизации параметров подсистем. Очевидно, что подобный подход позволяет разрешить проблему недостаточной детализации, поскольку гораздо проще построить детальную математическую модель подсистемы в "собственной" оптимизационной задаче. Также не вызывает сомнений, что комплексная совместная оптимизация есть полностью компьютерная процедура. Представим систему "Корабль" как совокупность системообразующих множеств:

$$A = A(W, M, R, P),$$

Где **W** – множество факторов внешней среды; **M** – множество элементов системы "Корабль", объединенных в подсистемы и систему в целом; **R** – множество отношений, связывающих между собой элементы множества **M**, а также элементы множества **M** с элементами множества **W**; **P** – множество свойств системы "Корабль" и его подсистем.

Для проведения совместной комплексной оптимизации проектируемого корабля необходимо решить ряд последовательных задач:

- декомпозировать систему корабль на отдельные подсистемы;

- определить номенклатуру элементов системообразующих множеств и распределить их по подсистемам корабля;
- построить системы ограничений в оптимизационных задачах подсистем;
- построить систему ограничений для корабля в целом;
- выбрать критерии эффективности для каждой оптимизационной задачи;
- создать механизм взаимодействия между подзадачами всех системных уровней, разрешающий проблему непротиворечивости и согласованности [1];
- реализовать математическую модель совместной комплексной оптимизации корабля в виде программного продукта;
- провести компьютерный эксперимент;
- интерпретировать результаты эксперимента.

Для управляющей системы (система "Корабль") задача оптимизации имеет вид:

$$\begin{aligned} & (\mathbf{X}_1)_{\min} \leq \mathbf{X}_1 \leq (\mathbf{X}_1)_{\max} ; \\ & G_{j1}(\mathbf{X}_1, \mathbf{C}_1) \leq A_{j1}(\mathbf{C}_1) ; \quad j1 \in J_1 ; \\ & \text{extr } Z_1 (\mathbf{X}_1, \mathbf{C}_1) ; \quad Z_1 \in Z ; \end{aligned} \quad (1)$$

где \mathbf{C}_1 – вектор элементов технического задания, входящий в системообразующее множество \mathbf{W}_1 ; \mathbf{X}_1 – вектор, описывающий характеристики компонентов управляющей подсистемы и принадлежащий множеству \mathbf{M}_1 ; G_{j1} – оценка $j1$ -го качества подсистемы, построенная на отношениях из \mathbf{R}_1 и принадлежащая системообразующему множеству \mathbf{P}_1 ; A_{j1} – требования к $j1$ -му качеству подсистемы, J_1 – множество отношений между компонентами управляющей системы; Z_1 – критериальная оценка подсистемы из множества критериальных функций Z .

Для управляемой системы (подсистемы корабля) задача оптимизации формулируется как:

$$\begin{aligned} & \mathbf{C}_2 = f_C(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1); \\ & (\mathbf{X}_2)_{\min} \leq \mathbf{X}_2 \leq (\mathbf{X}_2)_{\max} ; \\ & \mathbf{X}_2 = f_X(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1); \\ & (\mathbf{X}_2)_{\min} = f_{X\text{MIN}}(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1); \\ & (\mathbf{X}_2)_{\max} = f_{X\text{MAX}}(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1); \\ & G_{j2}(\mathbf{X}_2, \mathbf{C}_2) \leq A_{j2}(\mathbf{C}_2) ; \quad j2 \in J_2 ; \\ & J_2 = f_J(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1) ; \\ & Z_2 = f_Z(\mathbf{X}_1, G_{j1}, Z_1) ; \\ & \text{extr } Z_2 (\mathbf{X}_2, \mathbf{C}_2) ; \quad Z_2 \in Z ; \end{aligned} \quad (2)$$

где \mathbf{C}_2 , \mathbf{X}_2 , G_{j2} , A_{j2} , Z_2 – имеют тот же смысл, что и для управляющей системы, однако, все они являются функциями элементов управляющей оптимизационной задачи. Таким образом, между системными уровнями комплексной совместной оптимизации имеются две совокупности связей. Верхний уровень определяет структуру оптимизационной задачи нижнего уровня, а решение оптимизационных задач в подсистемах влияют на выполнение условий баланса и дисбаланса, формирующих ограничения задачи верхнего уровня. Например, оптимальные, с точки зрения локальных критериев габаритные характеристики подсистем в сумме могут нарушить требования вместимости, поскольку первоначальная проверка вместимости определялась по приближенным зависимостям.

По идее В.М. Пашина взаимодействие между оптимизационными задачами разных уровней осуществляется путем специального вида критериальной функции в задачах оптимизации подсистем корабля. Такая функция состоит из двух слагаемых. Первое слагаемое – это собственная критериальная оценка оптимизируемой подсистемы, а второе – приращение критерия управляющей оптимизационной задачи в случае изменения оценок ее качеств, вызванных проектными решениями в управляемой задаче. Второе слагаемое позволяет решить проблему непротиворечивости оптимизационных решений по кораблю в целом и по его отдельным подсистемам. Аналитический вид такого критерия:

$$Z_2 = \varphi_Z(\mathbf{X}_2, \mathbf{C}_2) + \Psi \left[\sum_{j1} \lambda_{j1} \Delta G_{j1}(\mathbf{X}_1(\bar{\mathbf{X}}_2), \mathbf{X}_1(\mathbf{X}_2)) + \sum_I \frac{\partial Z_1}{\partial X_{1i}} \Delta X_{1i}(\bar{\mathbf{X}}_2, \mathbf{X}_2) \right] \quad (3)$$

где $\varphi_Z(\mathbf{X}_2, \mathbf{C}_2)$ – критерий эффективности данной подсистемы корабля;

Ψ – коэффициент перевода единиц измерения критерия эффективности корабля в целом в единицы критерия рассматриваемой подсистемы; λ_{j1} – двойственные оценки (множители Лагранжа) переводящие

приращение некритериальных оценок качеств корабля в целом в единицы критерия его эффективности; $\Delta G_{j1}(\dots)$ – приращение оценок качеств корабля при изменении первоначальных характеристик данной подсистемы \bar{X}_2 , на характеристики X_2 , получаемые в ходе оптимизации этой подсистемы; Δx_{i1} – приращение i –го параметра корабля, вследствие оптимизации подсистемы.

Использование критерия в форме (3) предполагает:

- возможность дифференцирования глобальной критериальной функции для системы "Корабль" в целом;
- возможность получения двойственных оценок, которые также требуют определенной "гладкости" от функций ограничений и критериев.

К сожалению, эти условия, особенно при детальном описании проектируемого объекта не всегда выполнимы. Так, использование каталогов комплектующих изделий ведет к дискретности характеристик (например, ряд возможных мощностей судовой ЭУ) и, следовательно, к разрывам целевых функций и функций ограничений.

В развитие идеи многоуровневой системной координации оптимизационных задач, путем применения специального вида критериальных функций, предлагается штраф за нарушение глобальных ограничений по кораблю в целом при оптимизации его подсистем строить на базе нечетких множеств. Нечеткое множество нестрогое может быть определено следующим образом. Принадлежность элемента x к нечеткому множеству C определяется функцией принадлежности $\mu_c(x)$, принимающей значения на сегменте $[0,1]$. Если $\mu_c(x)=1$, то элемент x безусловно принадлежит множеству C . Равенство $\mu_c(x)=0$ означает, что элемент x находится вне множества C . Промежуточные значения функции принадлежности показывают степень включенности элемента x в множество C . Рассмотрим множество C , как совокупность решений задачи оптимизации системы "Корабль" в целом и оптимизационных подзадач корабельных подсистем, причем оптимизация подсистем не требует пересмотра элементов задачи оптимизации корабля в целом (1). В принципе такой пересмотр возможен, поскольку нарушение ограничений в подзадачах (2) косвенно затрагивают и решение задачи оптимизации в целом. Таким образом, множество C образует множество непротиворечивых задач комплексной многоуровневой оптимизации. Тогда, используя функцию принадлежности, критериальная функция для подсистем корабля будет иметь вид:

$$Z_2 = \varphi_Z(X_2, C_2) + \sum_{j1} [1 - \mu_C(G_{j1})] Ш_{j1} + \sum_I [1 - \mu_C(\Delta x_{i1})] Ш_I \quad (4)$$

где $\mu_c(G_{j1})$ – функция принадлежности $j1$ –го ограничения задачи верхнего уровня к множеству C ; $\mu_c(\Delta x_{i1})$ – функция принадлежности i –й переменной задачи оптимизации корабля к множеству C ; $Ш_{j1}$ и $Ш_I$ – штрафы за нарушение структуры задачи верхнего уровня при оптимизации характеристик подсистемы. Штрафы измеряются в единицах локального критерия $\varphi_Z(X_2, C_2)$, а их величина определяется экспертным путем, что позволяет использовать существующий опыт проектирования. Шкала для функций принадлежности может быть принята по рекомендациям экспертов, но можно использовать и формальные условия. Оценки качеств корабля в задаче верхнего уровня, как и значения оптимизируемых переменных вычисляются с погрешностями. Поэтому можно определять значения функции принадлежности множеству "хороших" решений путем сопоставления абсолютных величин нарушений ограничений и изменений значений первоначально оптимальных переменных задачи (1) с точностью их определения. Предлагается следующая шкала:

$$\mu_c(G_{j1}) = 1, \text{ если выполняется условие } A_{j1}(C_1) - G_{j1}(X_1, C_1) \leq \sigma(G_{j1})$$

$$\mu_c(G_{j1}) = 0, \text{ если выполняется условие } A_{j1}(C_1) - G_{j1}(X_1, C_1) \geq 3\sigma(G_{j1})$$

$$\mu_c(\Delta x_{i1}) = 1, \text{ если выполняется условие } |\Delta x_{i1}| \leq \sigma_u(x_{i1})$$

$$\mu_c(\Delta x_{i1}) = 0, \text{ если выполняется условие } |\Delta x_{i1}| \geq 3\sigma_u(x_{i1})$$

В условиях определения значений функции принадлежности σ обозначает среднеквадратическую ошибку в определении оценки $j1$ –го качества корабля, а σ_u – зона устойчивости решения оптимизационной задачи по кораблю в целом по соответствующей переменной. Промежуточные значения функции принадлежности в простейшем случае можно определить линейной интерполяцией. Предлагаемый вид критерия (4) значительно проще, чем (3) и его реализация не накладывает никаких требований на функции

ограничений и критерия кроме их вычислимости. Решение задачи комплексной совместной оптимизации системы "Корабль" и его подсистем требует решения K+1 оптимизационной задачи и проведению, в общем случае, $K \cdot (K-1) / 2$ процедур согласования (K – число подсистем корабля, оптимизируемых в ходе проектирования). С учетом требования увеличения степени детализации математических моделей подсистем, а, следовательно, и увеличение объема вычислительной работы, существующие САПР традиционной организации с ним могут не справиться.

Список литературы

1. Артюшина Т.Г., Гайкович А.И. Проблема повышения эффективности проектирования судов на исследовательских стадиях с использованием САПР. – "Судостроение", 2007, №5, с. 11 – 14
2. Выбор математической модели для описания многоуровневой, многоцелевой технической системы типа "Судно" на начальных стадиях проектирования.-"Научные технологии ", 2015, №5, с. 5-10.
3. Артюшина Т.Г. "Общая схема работ системы судно и решение проблем, связанных с ее многоуровневой оптимизацией" Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции "Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития", 2016, № 3. г.Волгоград, , с.152-158
4. Артюшина Т.Г. "Полное описание подсистем математической модели судна на примере контейнеровоза с использованием математического аппарата на основе теории нечетких множеств с результатами компьютерного эксперимента по подсистемам Корпус и Гидродинамический комплекс" Москва, Научные технологии, 2016, №3 т.17 с.3-11

ВЗРЫВОЗАЩИТА И ВЗРЫВОПОДАВЛЕНИЕ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Султанов Д.И., Соловьев Д.С., Кострикин В.Д.

Ульяновское высшее авиационное училище имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,
РФ, г. Ульяновск

Взрыв на воздушном судне является опаснейшим фактором пожара, который может возникнуть как в полете воздушного судна, так и на земле.

При анализе случаев взрыва на воздушных судах можно выделить предпосылки возникновения взрыва. Основными из них является пожар технологической системы топливоподдачи, масляной системы охлаждения, гидравлической тормозной системы и системы управления, так как жидкости в данных системах являются горючими. Для воспламенения паров данных жидкостей необходимо лишь наличие источника воспламенения. Также известно что, основным эпицентром взрыва, является топливный бак, так как он вмещает в себя большое количество горючего вещества.

Для пожара, помимо источника зажигания и горючего материала необходим окислитель. В качестве него в основном выступает кислород. Отсюда следует, что вероятность возникновения мощного горения с высотой уменьшается, и максимально у поверхности земли, так как концентрация кислорода в воздухе с высотой понижается. Анализируя это с наиболее частыми причинами возникновения пожаров и взрывов можно выделить основные взрывопожароопасные режимы полета воздушного судна. Ими является взлетно-посадочный режим движения воздушного судна, а также полет на предельно низких высотах.

Основной виной скоротечности и высокой интенсивности выделения тепла при пожаре во время полета является нагнетание большого объема воздуха к месту воспламенения, под действием высокой скорости воздушного судна.

Теоретически, что бы обеспечить высокую защиту от взрыва топливных баков необходимо в равной степени производить мероприятия по двум направлениям: активные и пассивные системы взрывозащиты.

К активной системе взрывозащиты относят системы раннего воздействия на взрыв инертными газами, предназначенные для снижения взрывоопасной концентрации, а также автоматическая система пожаротушения двигателей воздушного судна.

К пассивной защите относят мероприятия по проектированию систем воздушного судна, снижающие вероятность взрыва или минимизирующие последствия от взрывов.

Топливная система и система энергоснабжения создается таким образом, чтобы исключить воздействия искр или разогретых поверхностей на горючие вещества. Основным ориентиром при подборе материалов для конструкции отсеков воздушного судна, содержащие опасные концентрации является показатели их пожароустойчивости.

На современных самолетах активно внедряется изоляция внутренних стенок топливных баков материалом, который способен впитывать коагулянт, предназначенный для герметизации пробоин в стенке бака с топливом.

Существует специфическая система обработки топлива перед заправкой летательного аппарата на земле, предназначенная уменьшить интенсивность испарения горючего и деаэрирование кислорода из топлива, тем самым уменьшая способность топлива к взрыву.

Так, у охлажденного топлива существенно снижаются показатели концентрации паров керосина в свободном объеме баков, тем самым и снижается вероятность взрыва данных паров.

Противопожарные системы, обеспечивающие выявление очага пожара и подавление его относятся к активным средствам пожаротушения.

Для предотвращения взрыва предлагаются следующие инновационные мероприятия, способные предотвратить возможный взрыв в замкнутом объеме: распыление инертных газов способных создать условия для предотвращения процесса горения и использование химических веществ способных к отводу тепла от очага воспламенения.

Система обнаружения и раннего воздействия на очаг пожара установленная на всех пассажирских воздушных суда с рейсами средней и длинной протяженности представлена на рис. 1.

Система воздействия на очаг пожара в пространстве двигателей представляет собой шесть огнетушителей с пиротехническим пуском, которые воздействуют в три этапа (на каждом этапе разряжаются по 2 огнетушителя).

Два парных блока электромагнитных кранов 8 распределяют огнегасящий состав между правой и левой мотогондолами двигателей. Правый является основным, левый служит аварийным краном.

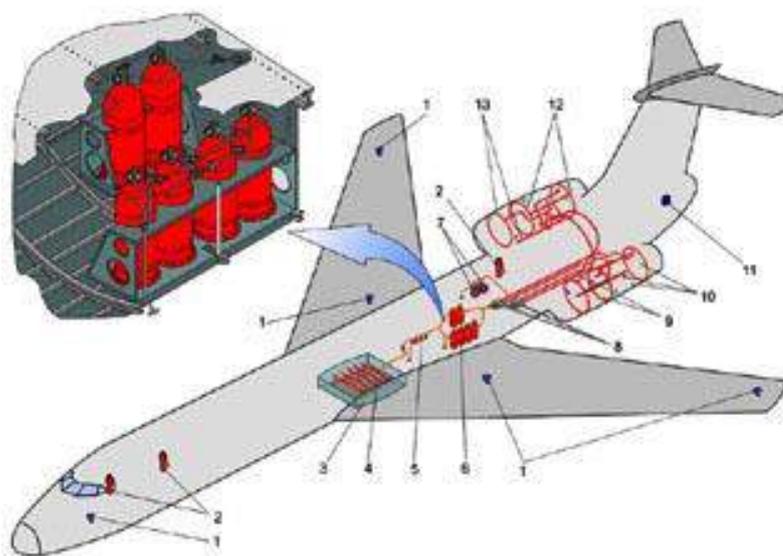


Рис. 1. Схема компоновки противопожарной и взрывозащитной системы среднемагистрального воздушного судна

1-датчик перегрузки, 2-бортовые огнетушители, 3-топливной бак ВС, 4-коллектор, 5,6-огнетушители, 7-огнетушитель с пиропатроном, 8- блок электромагнитных замков, 9,10-датчик обнаружения пожара, 11- исполнительный блок, 12,13- рассеивающие коллекторы.

Рассеивающие коллекторы 12 с распыливающими отверстиями расположены в отсеке двигателя, а коллекторы 13 - на передней пожароустойчивой стенке мотогондолы и в пилоне.

Датчики, предназначенные для обнаружения пожара, 10 установлены в разных частях мотогондолы. При увеличении температуры в мотогондоле со скоростью не менее 2 градусов Цельсия в секунду и одновременном прогреве измерительного устройства до температуры 150 градусов Цельсия, они отправляют сигнал тревоги на электронный исполнительный блок 11. Идентично работает система тушения

пожара внутри двигателей от двух огнетушителей 7 с пиропатроном, который срабатывает в два этапа через блок электромагнитных замков 8, которыми способен управлять экипаж по сигналам датчиков 9 о возникновении очага пожара внутри двигателя.

Для превентивных мер по возникновению пожара в мотогондолах двигателей при посадке с полностью не выпущенной стойкой шасси или при поломке одной из стоек шасси датчик перегрузки 1, установленный в передней части фюзеляжа, на стойках основных стоек шасси и на консолях крыла, подают сигнал на пиротехнический патрон огнетушителей. Все шесть огнетушителей подают огнетушащее вещество в мотогондолы, создавая тем самым, неблагоприятные условия для продолжения дальнейшего процесса горения.

Основной топливный бак 3 оборудован системой предотвращения взрыва, обеспечивающей подачу аэрозольного хладона в свободное пространство топливного бака через коллектор 4 от огнетушителей 5. Система предотвращения взрыва включается вручную из кабины пилотов при обнаружении пожара в техническом отсеке шасси, расположенном за центральным баком, или перед посадкой с полностью убранными шасси. Так же, если по какой-либо причине пилоты не в состоянии включить данную систему, она способна включаться автоматически по сигналам датчиков перегрузки 1.

Но данная система имеет недостаток, который заключается в отсутствие дублирования датчиков, предназначенных для автоматического включения системы пожаротушения, так как существует вероятность отказа одиночных датчиков, тем самым нарушая работоспособность всей системы.

Комплекс методов и бортовых средств защиты от пожара и взрыва определяется на самых ранних стадиях проектирования воздушного судна с учетом эффективности, надежности, массы всех элементов системы. На данный момент активно ведутся эксперименты с химическим составом топлива, снижая вероятность его взрыва, но современное техническое развитие не позволяет воплотить в жизнь инновации в данном направлении. Любая попытка изменения химического состава топлива влечет за собой понижения его эффективности для двигателей, но научная деятельность не бросает попытки создания и внедрения новых технологических решений в область взрывобезопасности на ВС.

Список литературы и источников

1. Зельдович, Я.Б. Математическая теория горения и взрыва [текст] / Я.Б. Зельдович, В.Б. Баренблатт. - Москва: Наука, 2000. - 478 с.
2. Тотай, А.В. Теория горения [текст] / А.В. Тотай, О.Г. Казаков. - Москва: Юрайт, 2015. - 295 с.
3. Хитрин, Л.Н. Физика горения и взрыва [текст] / Л.Н. Хитрин. - Москва: ИНФРА-М, 2007. - 428 с.

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

АРХИТЕКТУРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛКА ЗЕЛЕНОБОРСКИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аралова Н.А.

магистрант,

Государственный Университет по Землеустройству (ГУЗ), г. Москва

Аннотация

В статье представлена концепция разработки проекта создания жилого комплекса в арктической зоне. Проект предполагает учет всех особенностей северного региона – природно-климатических, медико-географически. Кроме того, в расчет берутся психологические особенности проживания людей в

экстремальных условиях Арктики, где на первый план выходит проблема адаптации к суровым условиям проживания и изоляции.

В статье дана оценка Арктической зоне с описанием необходимости развития данного региона и указанием причин, почему в условиях современности это становится особенно необходимым. В частности поднимается вопрос о задействовании трудовых ресурсов для развития региона, что невозможно без обеспечения должного качества жизни.

Ключевые слова: архитектура; Арктика; общественно-жилой комплекс; атриум; искусственный микроклимат

В социально-экономическом развитии России немаловажное значение имеет развитие северных регионов страны. При заселении Крайнего Севера следует учитывать специфику российской Арктики, поскольку проживание в таких условиях отражается как на физическом, так и на психологическом состоянии человека. Здесь потребуются не только адаптация к холодному климату и короткому световому дню, но и к жизни в условиях изоляции и работы вахтовым методом. Кроме того, специфика проживания в российской Арктике требует хорошей организации среды поселения, чтобы не вызвать равнодушия у работников. Немаловажно значение окружающей их дикой среды Крайнего Севера, которая может быть опасна. При создании жилых поселений в данном регионе следует в обязательном порядке учитывать не только климатические условия – нужно не нарушать баланс между архитектурой и живой природой. Это тем более важно с учетом неблагоприятной экологической ситуации в мире, которые можно наблюдать по изменению климата. В таких условиях значение северных территорий становится еще более важным – эти земли нужно сохранить для жизни будущих поколений.

Безусловно, специфика проживания в российской Арктике потребует высококвалифицированных трудовых ресурсов, и чтобы добиться нужных результатов проживающим здесь нужно обеспечить надлежащие условия. Лучший выход – создание поселений, которые бы максимально соответствовали условиям проживания на Крайнем Севере. Должно соблюдаться сразу несколько условий – поддержание баланса между природой севера и современным урбанизированным обществом, отсутствие конфликтов с коренным населением, учет времени, которое человек проведет в экстремальной обстановке. Все это будет способствовать качеству работы и жизни тех, кто прибывает осваивать северные территории.

Целью исследования становится получение новых знаний, необходимых для создания концепции архитектуры комплекса с учетом всех особенностей северных территорий, которые могут влиять на психологическое и физическое состояние людей, проживающих в экстремальной обстановке. Формированию концепции также помог анализ практики проектирования и строительства городов на Крайнем Севере. Все эти знания станут базой для создания безопасного и комфортного пространства для проживания в суровом северном регионе. В условиях постепенного смещения сюда добычи ресурсов эта задача приобретает первостепенное значение.

То, каким будет будущее поселение, зависит от ряда факторов, но однозначно определено, что это не может быть крупный город. В остальном нужно принимать во внимание природно-климатическое районирование территории, количество требуемых трудовых ресурсов, модели трудовых отношений и функционирования северных территорий в целом. Заполярье требует особого подхода к созданию жилых поселений, при этом в частности нужно использовать и опыт прошлых лет.

Северные территории РФ начали осваивать достаточно давно, однако не всегда строительство здесь велось с учетом экологических и архитектурно-технических факторов. Результатом стало разрушение малоэтажных домов в некоторых городах Крайнего Севера. Сложные условия региона с суровым климатом диктуют необходимость применять особые технологии строительства на мерзлом грунте для возведения крепких и долговечных зданий.

Специалисты занимались изучением проблем жилой застройки северных территорий, в результате чего были сформулированы методологические принципы градостроительства в условиях Севера.

Наступивший XXI век принес с собой новые технологии застройки городов. Приоритет отдается в пользу экостроительства и ресурсосбережения. По мнению исследователей, в будущем будет появляться все больше и больше экогородов. Благодаря архитекторам станут вырастать «умные города», где будет обеспечен комфорт всем проживающим. Некоторые идут еще дальше и проектируют футуристические поселения, причем уже не только на Земле, но и на Луне. Все эти проекты имеют под собой одну общую цель – сделать среду проживания человека максимально удобной для него, а также комфортной для жизнедеятельности в целом. Помимо комфортной природной среды, которую создать нельзя, важна и комфортная социальная и физическая среда – и эти потребности вполне можно удовлетворить. От степени

комфортности среды жизнедеятельности зависит развитие городов, что важно и для существующих, и для будущих поколений.

В Мурманской области предполагается создать общественно - жилой комплекс, в котором будут воплощены современные идеи градостроительства, а комфортность проживания будет обеспечена за счет поддержания искусственного микроклимата. Это место примечательно тем, что недалеко располагается одно из наиболее крупных месторождений природного газа в мире, освоение которого постоянно переносится. И чтобы это стало возможным в будущем – это будущее нужно созидать сейчас. Со временем из таких комплексов должен появиться целый город, который будет и комфортным, и экологичным, и энергоэффективным. Этого невозможно добиться без комплексного подхода. Предполагается, что жилой комплекс получит «крышу» – гигантского размера оболочку. Реализовать этот проект позволит задействование современных технологий и материалов. В результате проживание в экстремальных условиях станет более комфортным, поскольку атриум исключает негативное воздействие сурового северного климата, в частности защищает от снежных заносов и ветра. Такая технология уже существует – она предполагает использования системы пролетов и опор, а также светопрозрачного покрытия. Внутри атриума можно будет добиться комфортной для проживания температуры, поскольку за его пределами будет на 10–15 градусов холоднее. Источниками тепла внутри станут сами дома и коммуникации на техническом этаже.

Одна из главных особенностей жизни на Крайнем Севере заключается в адаптации к другому световому режиму. В условиях недостатка солнечного света проживание здесь не может быть комфортным, а значит, одной из первостепенных задач становится решение этой проблемы. В жилом комплексе для этого используют светопрозрачное покрытие. За контроль количества солнечной энергии, попадающей внутрь, отвечают специальные системы. Сама оболочка будет малозаметна для глаз благодаря особенностям конструкции. А благодаря прямоугольной форме города, скрытого пол куполом, солнечные лучи смогут пронизывать внутреннее пространство. Оно не будет иметь привычную для нас планировку города – все дома будут связаны друг с другом, а улицы как таковые будут отсутствовать.

Чем больше будет внутренний объем атриума, тем менее микроклимат внутри будет страдать от воздействия внешней среды, равно как и от внутренних воздействий. Соответственно снижается стоимость поддержки заданных параметров, поскольку эффективность инженерных систем прямо пропорциональна полезной площади. А благодаря теплomu воздуху внутри создается подъемная сила, которая снижает нагрузку от веса купола на фундамент опор.

При создании поселении используют одно- и многослойные конструкции. Мембрана в составе многослойных конструкций становится более экономически выгодным решением по сравнению с остеклением. Материал строительных конструкций не боится огня, загрязнений и химических препаратов, он легок и прост в установке. Возведение защитных сооружений по данной технологии позволяет сохранять тепло и энергию. Дополнительно для этой же цели можно применить пять принципов пассивного дома доктора Файста.

Особенность общественно-жилого комплекса с теплым дворовым пространством, перекрытым светопрозрачной фермой заключается еще и в полном отсутствии выброса в атмосферу углекислого газа за счет отсутствия неэкологичных видов транспорта во дворе. Дома будут сохранять тепло, а их стены не будут пропускать шум. Фасады будут окрашены в яркий цвет. Разрабатываемый проект ландшафтного дизайна предполагает использование малых архитектурных форм и растительности, создание искусственных водоемов.

В целом архитектуру северного города можно охарактеризовать как простую и сдержанную, обеспечивающую близость с природой. А система «Умный город» позволит достичь желаемого качества жизни даже в условиях проживания на северной территории. Немаловажную роль в этой сыграет работа медицинской службы, которая станет следить за здоровьем проживающих под куполом. В будущем можно будет пойти дальше и при необходимости «включать» погодные явления – смену температуры, ветер и даже дождь.

Возведение в северных регионах страны светопрозрачных сооружений позволит достичь баланса между природой и архитектурой, которые будут взаимно проникать друг в друга. Это позволит создать в поселении комфортную экосреду, дополняя продуманную человеком систему. Природа и человек будут существовать в симбиозе, извлекая из этого выгоду для себя.

Внедрение инновационной технологии создания жилых комплексов с атриумами изменит вид северных территорий. Из регионов с экстремальными условиями проживания они превратятся в высокотехнологичные оазисы с комфортным микроклиматом. Это позволит успешно привлекать трудовые

ресурсы к освоению Крайнего Севера, со временем перейти от вахтового метода к постоянному проживанию, уменьшить отток мигрантов.. Возведение «Умных городов», способных защитить и людей, и территории, экономически эффективно – затраты будут аналогичны затратам на строительство обычного жилого микрорайона за счет оптимизации процесса. А со временем можно предполагать появление новых технологий и материалов, проектирования систем, которые позволили бы обеспечить энергетическую независимость сооружений и т.п.

Принципы архитектуры будущего должны сделать приоритетным направлением ее развития создание комфортного и безопасного проживания людей в условиях Крайнего Севера. Для этого нужно задействовать все современные технологии и тем самым осуществить переход на новый более совершенный этап.

Появление в Мурманске в Кандалакшском районе жилого комплекса с атриумом, созданного в соответствии с высокотехнологичной концепцией, станет началом новой эры северного строительства. В результате условия проживания перестанут быть экстремальными и будут качественно улучшены. В будущем такие комплексы смогут появляться в северных регионах повсеместно.

Список литературы

1. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы развития нетрадиционной энергетики Мурманской области / Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX века и перспективы. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2002.-С 134-139
2. Минин, В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Кольского полуострова: перспективы освоения. /В.А.Минин //журнал "СЕВЕР промышленный."- 2006.-№5. [Электронный ресурс] -Режим доступа:, <http://helion-ltd.ru/kolaenergy>
3. Путинцев, Эдуард Петрович. Комплексная концепция северного градостроительства:1 климатический район страны [Электронный ресурс]: дис. Комплексная концепция северного градостроительства:1 климатический район страны доктора архитектуры: 18.00.04/Э.П.Путинцев.- Москва, 2005. -245с.- Электронная версия печ..публ.-Доступ из научной электронной библиотеки диссертаций.- Режим доступа: <http://www.dissercat.com/>
4. Сидоров А.К. Экология человека в арктических условиях./А.К.Сидоров//Вестник АлтГТУ им. И.И.Ползунова. -2009.- №1-2.-с.84-89.
5. Усенюк С.Г. Техносфера Севера: к проблеме проектирования. / С.Г.Усенюк // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.- 2008. – №6.- с. 354-358.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДСОРБЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ

Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Зарипова Г.А.

КГАСУ, РФ, г.Казань

Некачественная водопроводная вода негативно отражается на здоровье населения. Во многих населенных пунктах РФ проблема снабжения жителей качественной питьевой водой стоит достаточно остро [1, 6]. Возможное решение данной проблемы – это создание установок по получению экологически чистой воды (ЭЧВ) [2].

Исследования, проведенные в Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) на кафедре «Водоснабжения и водоотведения» совместно с кафедрой коммунальной гигиены Казанского государственного медицинского университета позволили создать концепцию ЭЧВ [2]. На основе данной концепции в КГАСУ была разработана установка подготовки экологически чистой воды (УЭЧВ), технологическая схема которой представлена в работе [2]. Согласно этой схеме водопроводная вода озонируется, обрабатывается в напорных фильтрах I степени, имеющих зернистую загрузку, очищается в напорных адсорбционных фильтрах, загруженных активированным древесным углем, направляются на доочистку в скорые напорные зернистые фильтры II степени, и затем поступают в ионатор серебра.

При озонировании воды осуществляется окисление находящихся в ней органических и неорганических загрязнений. Образующиеся при этом взвешенные вещества извлекаются в зернистых

фильтрах I ступени. Методом сорбции из воды извлекаются тяжелые металлы, растворимые и нерастворимые органические загрязнения (нефтепродукты, фенолы, ПАВ), микроорганизмы, свободный хлор [3].

Исследования по подготовке предварительно обработанной водопроводной воды на адсорбционных фильтрах с целью получения ЭЧВ проводились в КГАСУ на экспериментальной установке, технологическая схема которой представлена на рисунке 1. В состав этой установки входит [3]: емкость для исходной воды 1, модель адсорбционного фильтра, загруженного активированным углем, марки БАУ-2, насос Н-1, трубопроводы, запорно-измерительная арматура и система контрольно-измерительных приборов. Водопроводная вода, обработанная окислителем и прошедшая осветление в скорых напорных зернистых фильтрах, по трубопроводу 3 поступает в емкость 1, откуда она насосом Н-1 по трубопроводу 4 подается в фильтр 2. Давление на входе в фильтр 2 регулируется по показаниям манометра М-1. Оно должно находиться в пределах 0,5-0,6 МПа [2].

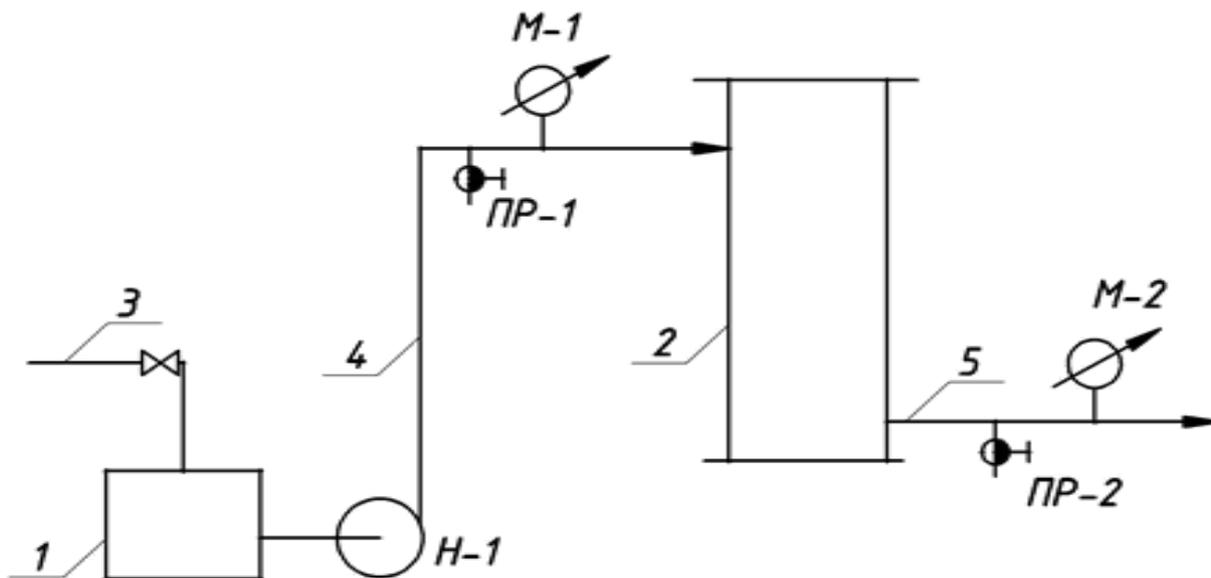


Рисунок 1 – Технологическая схема экспериментальной установки

Трубопровод 4 оборудован пробоотборником ПР-1, из которого отбирается пробы исходной воды. Очищенная вода из адсорбционного фильтра 2 отводится под остаточным давлением по трубопроводу 5 в канализацию. Давление на выходе из фильтра 2 определяется по манометру М-2. Трубопровод 5 оборудован пробоотборником ПР-2, из которого отбираются пробы очищенной воды.

Скорость фильтрования в адсорбционном фильтре 2 составляла 7 м/ч [3].

Анализ проб проводился в соответствии с методиками, изложенными в работах [4, 5, 7].

Результаты исследований процессов подготовки ЭЧВ с использованием адсорбционных фильтров представлены в таблице 1. Анализ этих результатов позволяет сделать следующие выводы:

- а) очистка воды в адсорбционных напорных фильтрах позволяет улучшить органолептические свойства воды;
 - б) адсорбционные фильтры не позволяют значительно снизить в воде содержание взвешенных веществ;
 - в) обработка воды в адсорбционных напорных фильтрах позволяет уменьшить в ней содержание тяжелых металлов;
 - г) обработка воды методом сорбции позволяет уменьшить в ней концентрацию некоторых токсичных загрязнений;
 - д) при очистке воды в адсорбционных напорных фильтрах снижается ее окисляемость, солесодержание и жесткость;
 - е) адсорбционные фильтры показали достаточно высокую эффективность при подготовке ЭЧВ.
- К недостаткам адсорбционных фильтров следует отнести [3]:
- а) достаточно быстрое исчерпание сорбционной емкости активированных углей;
 - б) необходимость регенерации или замены сорбента с его утилизацией;
 - в) сложность регенерации сорбента.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

№	Наименование параметра	Ед. изм.	Экологически чистая вода	Вода, поступающая в адсорбционный фильтр	Очищенная вода
1	2	3	4	5	6
1	Запах	баллы	1	2	отсутствует
2	Привкус	баллы	1	1	отсутствует
3	Цветность	град	10	15	9
4	Мутность	мг/л	0,5	3,6	2,1
5	Температура	°С	–	+16,9	+17,1
6	Активная реакция среды	рН	6,5-8,5	6,9	6,9
7	Сухой остаток	мг/л	400	864	341
8	Окисляемость перманганатная	мг/л	4	4,3	1,8
9	Жесткость общая	мг-экв л	5	6,3	4,9
10	Железо общее	мг/л	0,2	0,3	0,2
11	Медь	мг/л	0,6	0,7	0,4
12	Свинец	мг/л	отсутствует	0,01	отсутствует
13	Марганец	мг/л	0,05	0,03	0,01
14	Цинк	мг/л	0,5	0,7	0,4
15	Алюминий	мг/л	0,1	0,6	0,1
16	Сульфаты	мг/л	250	578	237
17	Хлориды	мг/л	50	135	48
18	Трехвалентный хром	мг/л	отсутствует	отсутствует	отсутствует
19	Нефтепродукты	мг/л	отсутствует	0,1	отсутствует
20	Мышьяк	мг/л	0,01	0,02	0,01
21	Барий	мг/л	0,05	0,01	отсутствует

Полученная на УЭЧВ экологически чистая вода может разливаться по пластиковым бутылкам для нужд населения, использоваться для получения дистиллята, необходимого в процессе производства лекарственных препаратов, а также применяется для производства талой воды, имеющей лечебные свойства [2].

Техническая документация на опытно-промышленную установку подготовки экологически чистой воды производительностью 5 м³/сут, разработанную в КГАСУ, была передана ОАО «Татэнерго» [2].

Список литературы

1. Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Хамидуллина А.А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г.Казани. //Журнал «Известия КГАСУ», 2013, №1(23). С.168-173.
2. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Нуруллин Ж.С., Гареев Б.М. Некоторые аспекты подготовки экологически чистой воды // «Фундаментальные исследования», 2015, № 12-1. – С.13-15

3. Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Газмиева И.Н. Некоторые аспекты решения проблем доочистки водопроводной воды с помощью адсорбционных фильтров // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении: Материалы международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016. – С. 51-55.
4. Гареев Б.М., Бусарев А.В., Селюгин А.С., Каюмов Ф.Ф. Глубокая очистка сточных вод от мойки легковых автомобилей с применением адсорбционных фильтров // Евразийское научное объединение: технические науки, 2015, №10. – С.48-49.
5. Лурье Ю.Б. Аналитическая Химия промышленных сточных вод: монография. – М.: Химия, 1984. – 448с.
6. Нуруллин Ж.С., Шешегова И.Г., Чиглакова Е.В. Состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения города Мензелинск РТ // Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра: Материалы международной научно-практической конференции. – Саратов: Буква, 2014. –С. 93-95.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора России, 2002.– 103с.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННОГО МАССИВА КАМЕРЫ ШЛЮЗА ДОКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С НЕРАЗРЕЗНЫМ ДНИЩЕМ

Федорова Т.С. 1, Левачев С.Н. 2

1 ФГБУ «Канал имени Москвы», 2 НИУ МГСУ

Для оценки напряженно-деформированного состояния бетонного массива камеры шлюза был выполнен численный эксперимент, а именно моделирование массива в среде программного комплекса ANSYS Workbench.

В данном исследовании рассмотрена численная модель части секции камеры шлюза. Оценка напряженного состояния железобетонных стен камеры шлюза выполнялась с учетом наличия строительных швов в конструкции, собственного веса сооружения, трещинообразования и действия нагрузки от давления грунта обратной засыпки.

В связи с использованием при строительстве камеры слабо-армированного бетона, в расчете армирование стенки задано в виде слоя в распределенной формулировке. Зона трещины моделировалась как область с аналогичной моделью материала, но пониженным модулем упругости.

Расчет выполнен для камеры шлюза - докового типа, полезная длина камеры – 290,0 м, полезная ширина камеры – 30,0 м. Минимальная глубина на пороге – 5,52 м. Камера разделена на 15 секций. Толщина днища 4,0 м, толщина стен по низу 6,0 м, по верху 1,0 м. Высота стен камеры 16,0 м.

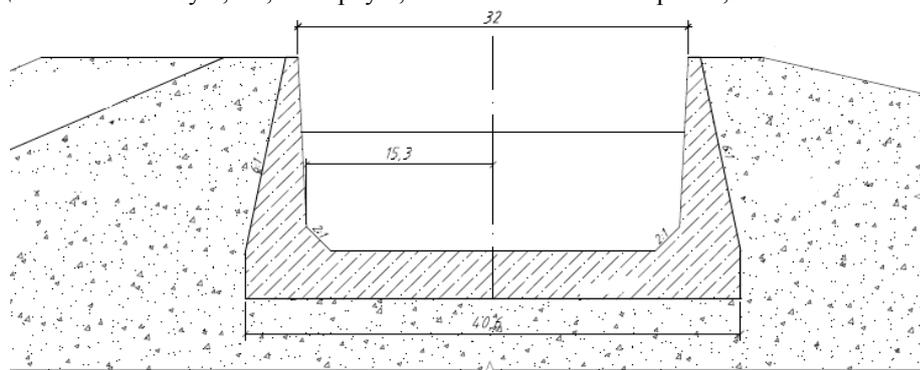


Рис.1 Схема камеры шлюза

Шлюз находится в эксплуатации 80 лет, за эти годы происходили неоднократные смещения стен и деструктивные процессы в связи с этим было выполнено усиление стен и ремонт лицевого бетона камеры шлюза.

Усиление стены выполнялось различными методами. Секции западной стены практически сразу же после строительства были закреплены анкерными тягами, на секцию закрепляли 16 анкерными тягами,

диаметром 50 мм, за две анкерные плиты, расположенные на расстоянии 30 м от стены в откосе дренажной ванны. В дальнейшем выполнили дополнительное ее усиление вертикальными стальными стержнями (нагельми) диаметром 160 – 180 мм и длиной 5 м.

Усиление восточной стены выполнено путем цементации бетона в районе трещины с последующей установкой в скважины диаметром 150 мм составных стальных стержней (нагелей) переменного диаметра 70-100 мм, устанавливаемых с наклоном 5 – 8° в сторону засыпки, на глубину (16,1 м) до пересечения трещины.

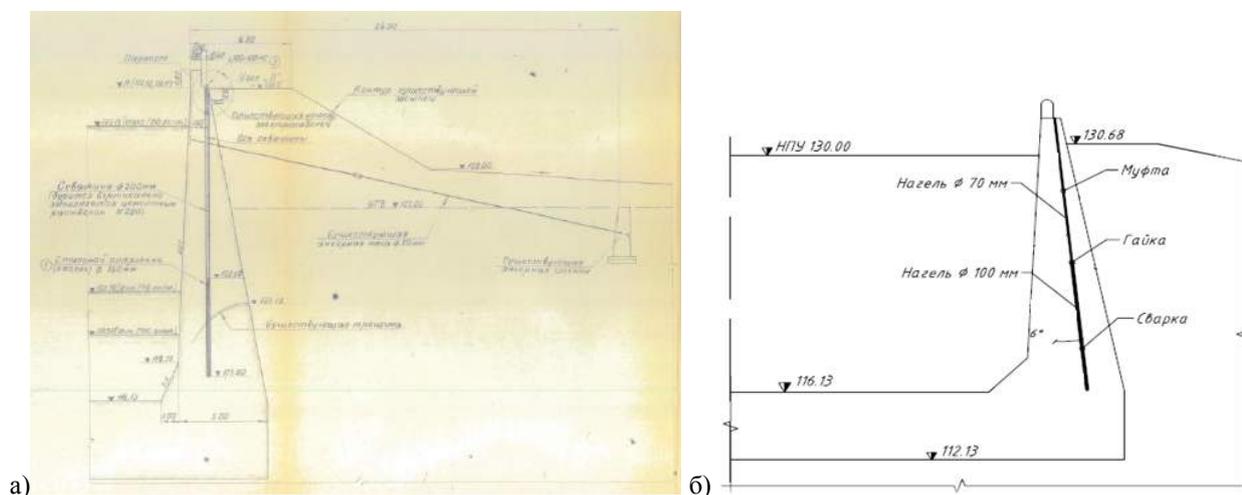


Рис.2 Схема закрепления стен а) западная стена, б) восточная стена

При расчете западной стены камеры в расчете не учитывалось усилие в анкерных тросах, в связи с отсутствием данных о величине их фактического натяжения и отсутствии значительной тенденции перемещения стены камеры в сторону засыпки.

Разница в расчетных схемах обусловлена разным видом металлических стержней-нагелей, использованных при закреплении стен. Различным состоянием металлических стержней-нагелей (коррозионным износом элемента), их шагом, геометрическими размерами закрепления. При моделировании восточной стены учитывалось отсутствие заполнителя в скважине нагеля и отсутствие контакта нагеля с материалом стены.

Расчет выполнен для ремонтного случая (осушенная камера), наличие временной нагрузки на поверхности грунта обратной засыпки не учитывалось.

Исходные данные, использованные в расчете:

- новый бетон (уложенный при выполнении ремонта «методом колонн»), глубиной 0,4 м от лицевой поверхности камеры шлюза: В20, модуль упругости $3,82 \cdot 10^4$ МПа.

- старый бетон (уложенный при строительстве по проекту - водонепроницаемый и морозостойкий бетон марок 90 и 110): В8, модуль упругости выше отметки уровня нижнего бьефа $0,57 \cdot 10^4$ МПа, модуль упругости ниже отметки уровня нижнего бьефа $3,53 \cdot 10^4$ МПа [1].

Коэффициент Пуассона для бетона $\nu = 0,2$, для стали $\nu = 0,3$.

Модуль упругости стали $E_c = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см².

Прочность бетона [2]: В20 на сжатие 11,7 МПа, на растяжение 0,9 МПа.

В7,5 на сжатие 4,5 МПа, на растяжение 0,48 МПа.

Коэффициент трения по контакту между блоками бетонирования принимался равным 0,7 [3]. При исследовании закрепление расчетной области выполнено по подошве днища камеры.

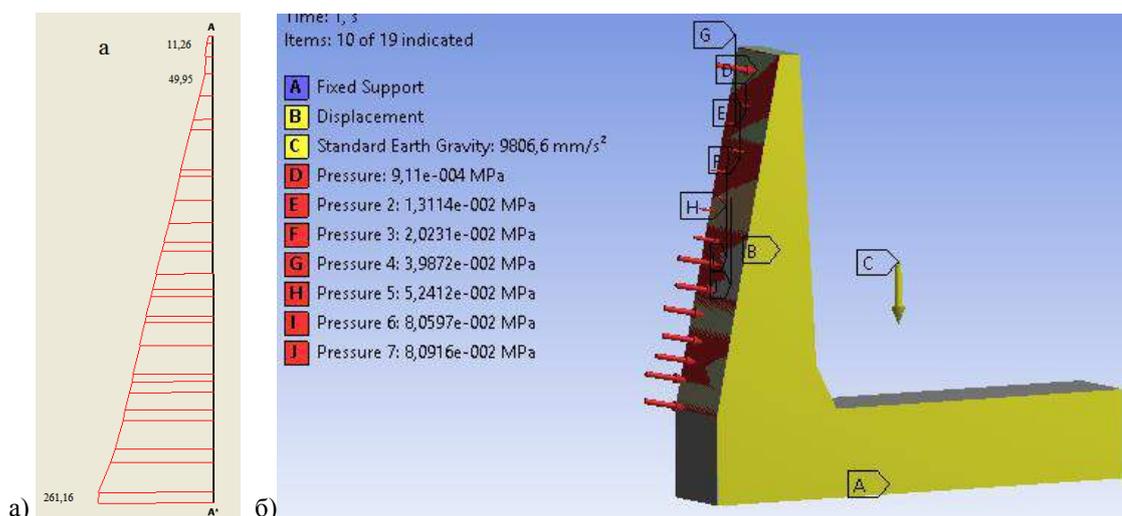


Рис. 3 а) Эпюра напряжений, кН/м² б) Расчетная схема передачи нагрузки от давления грунта обратной засыпки на стенку камеры

Ширина расчетной области стен камеры для обеих секций 5 метров.

В качестве модели материала использована модель CONCR NL.

Расчет выполнялся в физически нелинейной постановке. Для решения системы уравнений применялась процедура Ньютона-Рафсона.

Метод Ньютона-Рафсона [4] является итерационным методом решения нелинейных задач. Метод заключается в отыскании на каждом шаге нагружения такого вектора внутренних сил, при котором система находится в равновесии. На каждой итерации выполняется решение системы линейных уравнений для нахождения приращения перемещений, на основании которых вычисляется вектор уравновешивающих сил. Итерации выполняются до тех пор, пока невязка между вектором внешних положительных сил и вектором уравновешенных сил не станет ниже заданного значения (критерия сходимости). Для нахождения вектора уравновешивающих сил в пределах подшага выполняются равновесные итерации [5].

Учет наличия строительных швов в конструкции стен выполнен при помощи нелинейного контактного элемента, учитывающего трение.

Для решения контактной задачи был использован расширенный метод Лагранжа, основанный на следующей зависимости [5]:

$$F_n = k_n \cdot x_p, \quad (1)$$

где k_n – контактная жесткость (в направлении нормали к поверхности);

x_p – величина проникновения (по нормали к поверхности).

Первоначально были выполнены расчетные исследования слабо-армированного бетона стен камеры шлюза до выполнения работ по усилению.

На рисунках 3.7 - 3.8 представлено напряженное состояние восточной и западной стен камеры шлюза до выполнения работ по закреплению стен и ремонту лицевого бетона. Расчет выполнен для одной секции камеры шлюза.

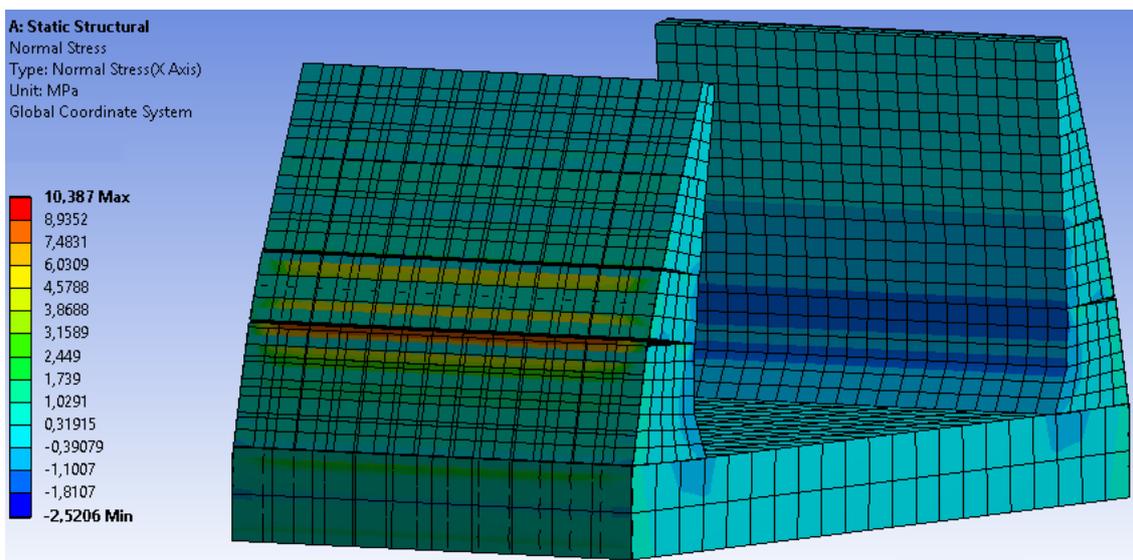


Рис. 4 Поля нормальных напряжений на лицевой грани восточной стены (право) и тыловой грани западной стены (лево), МПа

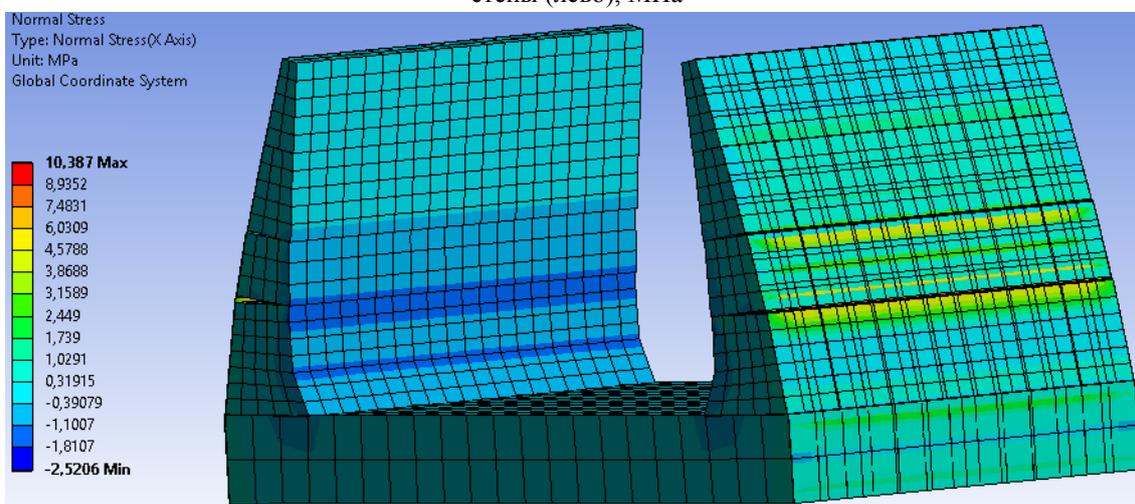


Рис. 5 Поля нормальных напряжений на лицевой грани западной стены (лево) и тыловой грани восточной стены (право), МПа

По данным выполненных расчетов на лицевой грани стен секции камеры при не закрепленном положении наблюдаются сжимающие напряжения, достигающие максимальных значений, равных 1,81 МПа в области вута и строительного шва первого блока бетонирования. Величины напряжений остальной части лицевой поверхности стены находятся в диапазоне от 0,39 до 1,1 МПа.

Напряжения на тыловой грани восточной и западной стен носят растягивающих характер при различных максимальных величинах.

Величина растягивающих напряжений на тыловой грани восточной стены достигает максимальных значений, равных 4,57 МПа в области строительного шва первого блока бетонирования. Напряжения в арматуре тыловой грани, расположенной в области строительного шва первого блока бетонирования, находятся в диапазоне от 7,48 до 8,94 МПа.

Величина растягивающих напряжений на тыловой грани западной стены достигает максимальных значений равных 3,87 МПа. Расположение области максимальных растягивающих напряжений западной стены аналогично расположению их и на восточной стене, а именно в области строительного шва первого блока бетонирования. Напряжения в арматуре тыловой грани, расположенной в области строительного шва первого блока достигают 10,39 МПа.

Напряженное состояние тыловой грани восточной и западной стен камеры шлюза характеризуется развитием повышенной концентрации растягивающих напряжений в области расположения строительных швов блоков бетонирования.

Величины полученных сжимающих напряжений лицевой грани в незначительной степени превышают допустимые для марки бетона М200. Величины растягивающих напряжений, полученных на тыловой грани стен, во многом превышают предельные.

Так же, как представлено на рисунках 4 и 5 на тыловой грани западной и восточной стен видно образование и раскрытие трещины по строительному шву первого блока бетонирования.

Достоверность полученных в ходе расчета результатов подтверждается произошедшими за годы эксплуатации аварийными разрушениями.

На следующем этапе исследования проведено численное моделирование части восточной и западной стены с учетом выполненных за годы эксплуатации закреплений и ремонтов.

Проведенный комплекс расчетов дал возможность определить основные параметры поведения модели стенки шлюза в настоящее время. Результаты расчетов представлены на рисунках 3.9 - 3.10 в виде полей напряжений.

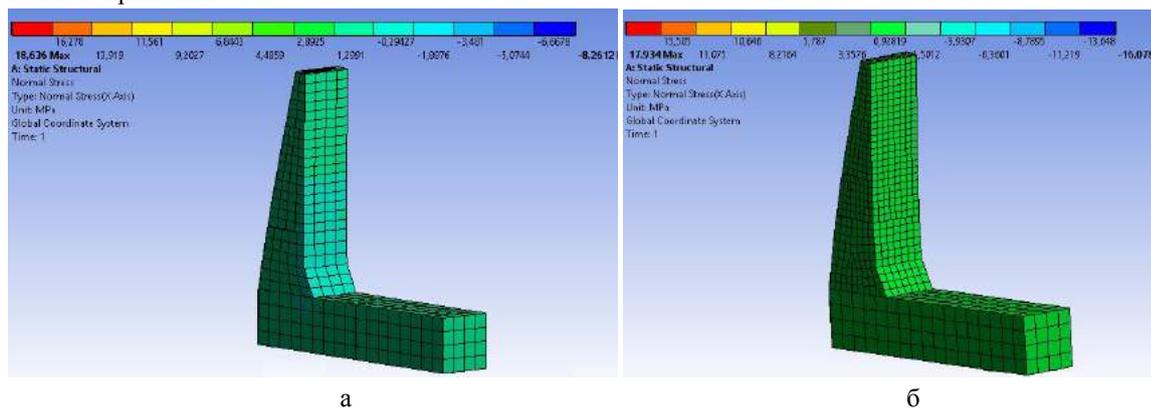


Рис. 6 Поле нормальных напряжений на лицевой поверхности камеры шлюза, МПа а) восточная стена б) западная стена

Максимальные сжимающие напряжения на лицевой грани восточной стены с учетом её закрепления, долгого срока эксплуатации и фактического состояния достигают 1,88 МПа.

Максимальные сжимающие напряжения на лицевой грани западной стены с учетом тех же факторов достигают 1,5 МПа.

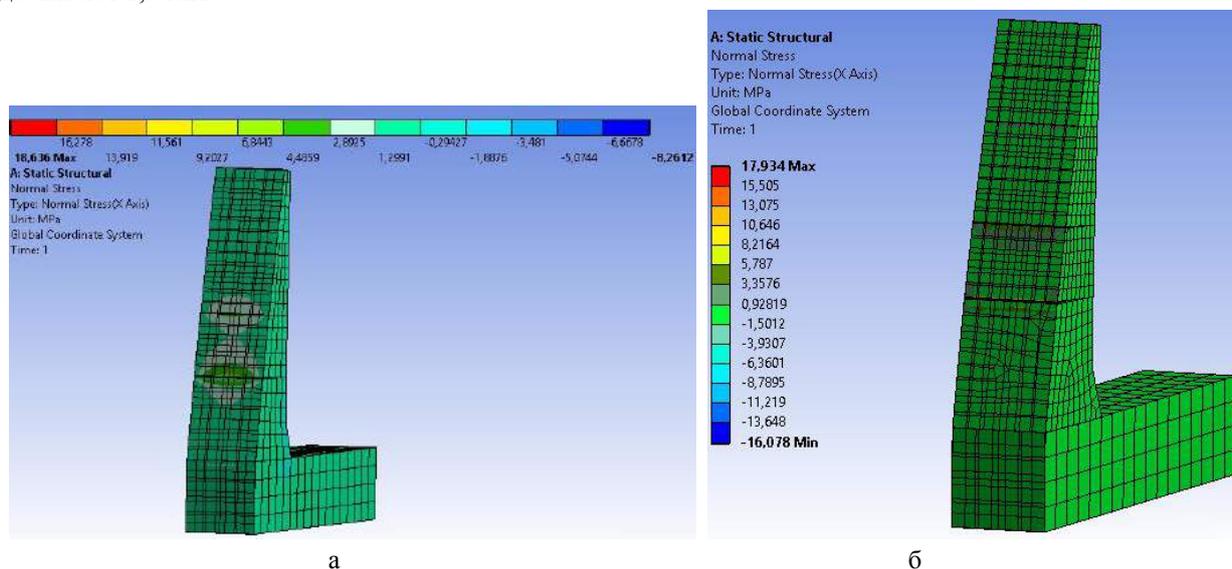


Рис. 7 - Поле нормальных напряжений на тыловой грани стен камеры шлюза, МПа а) восточная стена б) западная стена

Максимальные растягивающие напряжения на тыловой грани восточной стены наблюдаются в области расположения строительных швов и достигают 2,89 МПа в области шва второго блока бетонирования и 4,49 МПа в области первого блока бетонирования, напряжение в арматуре в области этого же шва 6,84 МПа.

Максимальные растягивающие напряжения на тыловой грани западной стены наблюдаются в области расположения строительных швов и составляют 3,36 МПа, напряжение в арматуре в области шва первого блока бетонирования достигает 10,65 МПа.

Из результатов выполненного расчета видно, что величины растягивающих напряжений на тыловой грани стен превышают допустимые значения. В соответствии с требованием [2] по условию прочности бетона В20 растягивающие напряжения не должны превышать 0,9 МПа.

Наличие в области строительного шва растягивающих напряжений, превышающих в значительной степени предел прочности бетона на растяжение подтверждается образованием трещин, обнаруженных за годы эксплуатации как на западной, так и на восточной стенах.

Наличие максимальных растягивающих напряжений в области строительного шва первого блока бетонирования восточной стены обусловлено проектным обрывом стержней арматуры в области расположения швов.

Сравнивая полученные при расчете данные напряжений восточной и западной стен стоит отметить, что напряжения в бетоне западной стены несколько меньше напряжений восточной стены. Полученные данные могут в определенной степени свидетельствовать о большей эффективности использования в качестве закрепления конструкции нагеля, установленного на западной стене. Так же, стоит отметить возможно большую сохранность нагеля, находящегося в массиве бетона, установленного на западной стене и простоту технологии его установки. В то время как нагель восточной стены более трудоемок при установке и менее сохранен, что подтверждается материалами визуальных осмотров.

Полученные результаты также свидетельствуют о недостаточности выполненных мероприятий по усилению стен камеры шлюза в настоящее время.

Сжимающие напряжения, полученные при расчете, на лицевой грани стен не превышают условие прочности бетона марки В20 на сжатие. В соответствии с требованием [2] для бетона В20 они не должны превышать 11,7 МПа.

Как следует из выполненных расчетов - на тыловой грани стен в области строительных швов наблюдаются растягивающие напряжения, значительно превышающие предельно допустимые.

Состояние лицевой поверхности стен в настоящее время не вызывает опасений, величина сжимающих напряжений, полученных при расчете, значительно ниже предельно допустимых.

Работы по усилению стен, выполненные за годы эксплуатации и преимущественно направленные на уменьшение растягивающих напряжений на тыловой грани стен и в области строительных швов, в настоящее время не дают должного эффекта и требуют дополнительных мер направленных на снижение растягивающих напряжений тыловой грани.

Список литературы

1. Капитальный ремонт шлюза №2 с усилением восточной стены. Технический отчет по инструментальному обследованию: отчет/ ЗАО «Акватик» - Москва, 2013. – 78 с.
2. СП 41.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87. М., 2012. – 67 с.
3. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. М., 2012. – 86 с.
4. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики. // С.Ф. Клованич. – Запорожье: Изд-во журнала «Світ геотехніки». 2009. – 400 с.
5. Федорова Н.Н., Вальгер С.А., Данилов М.Н., Захарова Ю.В. Основа работы в Ansys 17. / - М.: ДМК Пресс, 2017. - 210 с.
6. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя. / – М.: ДМК Пресс – 2011. – 640 с.

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

СЕКЦИЯ №12.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАШТЕТОВ

Княжеченко О.А., Бузова В.В., Шинкарева С.В., Селезнева Е.А.

ФГБОУ ВО ВолгГТУ, РФ, г. Волгоград

Состояние питания в значительной степени предопределяет здоровье человека в широком смысле этого слова, обеспечивая его оптимальный рост и развитие, полноценную репродуктивную функцию, адаптационные возможности, а также продолжительность активной работоспособности и жизни. По мнению различных исследователей, дефекты питания являются главным «патогеном» в современном человеческом обществе, что обусловлено четырьмя типами нарушений: недостаточное питание, избыточное питание, неполноценное питание и употребление в пищу химически загрязненных продуктов[1].

На данный момент на рынке мясопродуктов представлено недостаточно изделий сбалансированного состава, высокой пищевой и биологической ценности, а также доступной цены для всех категорий потребителей. Одним из решений данного вопроса может стать создание сбалансированного продукта, на основе мяса как источника полноценного белка, обогащенного биологически активными веществами, но при этом имеющим невысокую себестоимость, что сделает его доступным широкому кругу населения.

Использование растительного сырья, а также продуктов переработки молочной промышленности позволяет не только обогатить их функциональными ингредиентами, повысить усвояемость, но и получить продукты, соответствующие физиологическим нормам питания. В настоящее время существует необходимость в разработке новых и совершенствовании имеющихся рецептур и технологий мясных продуктов, в частности, паштетов, пользующихся большим спросом у населения[2].

Исходя из сказанного, выбор был сделан в пользу паштетов. Поскольку паштет сам по себе является дешевым продуктом, в его рецептуру часто входят растительные компоненты, а также он обладает высоким выходом. Кроме того, он является привычным для русского человека продуктом и часто входит в повседневный рацион.

В качестве дополнительных ингредиентов было решено ввести в рецептуру кабачковую муку и молочную сыворотку. Рациональность использования именно этих компонентов обусловлена также химическим составом. С целью повышения содержания макро- и микроэлементов в паштет добавлена кабачковая мука. Перед добавлением в фарш муку гидратируют бульоном в соотношении 1:3. Плоды кабачка являются пищевым продуктом минимальной энергетической ценности 113 кДж на 100 г, но максимальной биологической. Кабачок обладает диетическими достоинствами благодаря удачному соотношению минеральных солей – калия – 170-238 мг/100г и натрия – 2-14 мг/100 г, одновременно кабачок является ценным источником других солей: кальция 15-40 мг, фосфора – 12-25 мг, железа – 0,4-0,8 мг, меди, кобальта, магния. Кабачок благоприятно влияет на сердечную мышцу, так как содержит большое количество калия и магния.

Также в рецептуру вводится гидратированная молочная сыворотка. Гидратацию сухого порошка сыворотки проводят в соотношении сыворотка: вода 1:3. Сыворотка — продукт переработки молока в творог или сыр. Кислое молоко подогревается, в нём образуются твёрдые белковые комки, которые отделяются от жидкости. Свернувшиеся молочные сгустки — это творог, а жидкая фракция — сыворотка. На вид это мутноватая жидкость с кисло-сладким привкусом и лёгким специфическим ароматом.

Продукт отличается минимальным процентом жирности, так как его основу составляет вода и биологически активные вещества. Химический состав:

- примерно 8% — легкоусвояемый белок, по составу он напоминает миозин (мышечный белок человека). В состав белковой группы входят следующие аминокислоты: лактоглобулин, альбумин, эвоглобулин;
- содержится калий — 75 мг, кальций — 45 мг, фосфор — 37 мг, натрий — 25 мг, магний — 5 мг и железо;
- витамины: никотиновая, аскорбиновая кислота, бета-каротин, токоферол, холин, биотин и элементы группы В;
- сыворотка содержит молочную, лимонную, нуклеиновую кислоту. Из жирных кислот можно выделить уксусную, муравьиную, пропионовую и масляную[3].

100 г молочной сыворотки содержат 8 г белка, 0,2 г жира, 3,5 г углеводов, ее энергетическая ценность – 18,1 ккал. Таким образом, можно судить о полезности продукта и необходимости использования в рецептуре паштета.

В качестве основного мясного сырья были выбраны свинина и говядина. Дополнительно было решено ввести в рецептуру свиную печень, так как В 100 г продукта содержится: белки – 18,8 г; углеводы – 3,8 г; жиры – 4,7 г; фосфор – 347 мг; калий – 271 мг; железо – 20,2 мг; натрий – 81 мг и масса других полезных веществ. Также печень – классический ингредиент любого паштета. Рецептура паштета приведена в таблице 1.

Таблица 1

Наименование ингредиента	Содержание, кг на 100 кг
Свинина полужирная	32
Говядина 1с	20
Печень свиная	15
Кабачковая мука	3
Вода на гидратацию кабачковой муки	9
Сухая молочная сыворотка	5
Вода на гидратацию сыворотки	15
Соль поваренная	1,9
Пряности	0,1

После выработки опытных образцов паштета с применением добавки кабачковой муки и молочной сыворотки, а также контрольного образца без добавок, были проведены органолептические и физико-химические исследования паштетов. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели паштета

Наименование объекта исследования	Характеристика				
	внешний вид	консистенция	цвет на разрезе	вид на разрезе	запах и вкус
Паштет в оболочке с кабачковой мукой и молочной сывороткой	батоны с чистой, сухой поверхностью, без пятен, слипов, повреждений оболочки, наплывов фарша	мажущаяся, нежная	светло-коричневый	фарш равномерно перемешан, без серых пятен, пустот и содержит включения специй	нежный привкус печени, вкус в меру соленый с выраженным ароматом пряностей

В результате исследования органолептических показателей, было выявлено, что использование гидратированной кабачковой муки и сухой молочной сыворотки, способствует формированию в готовом продукте сбалансированного яркого вкуса и насыщенного аромата. Также добавки формируют высокие структурные показатели готового мясного продукта, в то же время физико-химические показатели не изменяются.

Результаты исследования пищевой и энергетической ценности опытных образцов паштетов в оболочке приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели пищевой и энергетической ценности

Наименование объекта исследования	Наименование показателя			
	Белок, %	Жир, %	Пищевые волокна, %	Калорийность, ккал
Паштет в оболочке с кабачковой мукой и молочной сывороткой	20,88	11,50	1,54	219

Анализ пищевой и энергетической ценности продуктов свидетельствует, что в образцах паштетов в оболочке с кабачковой мукой и сухой молочной сывороткой содержание значительно увеличилось, за счет высокого содержания протеина добавках, так же содержание пищевых волокон увеличилось в 2,5 раза, за счет введения кабачка. Содержание жира снизилось в 1,5 раза, что дает продукту статус диетического.

В заключении стоит отметить, что сочетание в одном продукте сбалансированного содержания белков, жиров и углеводов, а также микро и макроэлементов, особенно калия и магния, благоприятно влияющих на сердечную мышцу, добавок растительного и животного происхождения, улучшающих пищеварение, низкое содержание жира, невысокой себестоимости продукта, открывает широкие перспективы внедрения и использования данного продукта.

Список литературы

- 1 Вершинина А. Г., Каленик Т. К. Разработка мясорастительных паштетов для здорового питания // Техника и технология пищевых производств. – № 1(24). – 2012.
- 2 Жаринов А. И., Макарова Л. Б. Научно-практические аспекты использования молочной сыворотки в технологии мясопродуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – № 1-2. – 2015.
- 3 Мартемьянова Л. Е., Антипова Л. В. Структурно-механические и энергетические характеристики мясорастительных паштетов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – № 2-3. – 2012.

ХАРАКТЕРИСТИКА БАЛЬЗАМОВ И ИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВА

Филиппова Д.С., Супрунова И.А.

ДВФУ, РФ, г. Владивосток

Согласно нормативным требованиям, бальзам – это ликероводочное изделие крепостью от 20,0 % до 45,0 %, массовой концентрацией общего экстракта не менее 5,0 и не более 40,0 г/100 см³, от коричневого до темно-коричневого цвета с пряным ароматом, приготавливаемое из пищевых ингредиентов и полуфабрикатов, в состав которых могут входить лекарственные растения и колер [2].

С греческого, бальзамы (*balsamon*) – это лечебный концентрированный напиток на основе спиртовой настойки, содержащий эфирные масла и смолы различных целебных трав. Основное назначение этих ликероводочных напитков – повышение общего тонуса организма.

Из отечественных бальзамов наиболее известны: Бальзам рижский черный, Русский, Белорусский, Енисей, Казахский, Кыргыз арашан бальзамы, Москва, Сибирь, Спутник, Уссурийский, Благовещенский, Горно-Алтайский, Дагестан, Дарьял, Золотой Алтай, Илья Муромец, Карельский, Машук, Мономах, и др.

Зарубежные аналоги бальзамов – это биттеры, от немецкого *bitter* – горький, вырабатываются с использованием чистого этилового спирта, ликера, сахара, карамели и спиртовых экстрактов, приготовленных из более чем из сорока лекарственных растений. Наиболее известными из них являются: американские – Абботс биттер, Бокерс; шведские – горький бальзам Маурера, оригинальный большой горький бальзам Биттнера; немецкий – Лейпцигский [9]. Насыщенные множеством ценнейших натуральных ингредиентов (полифенольные соединения, органические кислоты, макро- и микроэлементы), бальзамы

оказывают стимулирующее и тонизирующее воздействие при физическом и умственном переутомлении, недомогании и слабости, повышают неспецифическую резистентность организма. Рекомендуются как оказывающие спазмолитическое, желчегонное, противовоспалительное действие при профилактике некоторых заболеваний [5]. Основными компонентами бальзамов являются полифенолы, флавоноиды, танины, катехины, антоциановые пигменты, витамины, биологически активные карбоновые кислоты. Биологически активные вещества переходят в бальзамы в результате экстрактивного извлечения из лекарственных растений. Они улучшают фармакотерапевтические свойства бальзамов, увеличивают срок хранения [1].

Бальзамы относятся к многокомпонентным ликероналивочным изделиям – по виду используемого сырья и к крепким алкогольным напиткам без сахара – по содержанию основных компонентов – спирта и сахара [11].

В настоящее время производство бальзамов осуществляется на уровне ликероводочной промышленности, регламентирующей технологию производства по аналогии с крепкими горькими настойками и ликерами. Состав бальзамов может быть достаточно сложным, но, как правило, все натуральные компоненты приурочены к определенному региону, в котором и производится бальзам. Индивидуальность наименований таких бальзамов обусловлена подбором многокомпонентного состава сырья, обеспечивающего ценность и узнаваемость этих напитков [12].

Таким образом, возникают целые ассортиментные группы башкирских, алтайских, дальневосточных, краснодарских и прочих бальзамов. Рецептуры бальзамов включают различные эндемические пряно-ароматические культуры, плоды и ягоды, в том числе в виде соков и морсов, формирующие вкусовую основу напитков и повышающие их физиологическую ценность [12].

На текущий период бальзамы представлены не только ликероводочными изделиями, но и безалкогольной продукцией, такими как, безалкогольные напитки, безалкогольные бальзамы на пряно-ароматическом растительном сырье и представляющие собой готовые к употреблению жидкие пищевые продукты. Безалкогольные напитки специального назначения – это безалкогольные напитки, содержащие физиологически ценные, безопасные для здоровья, имеющие точные физико-химические характеристики ингредиенты, свойства которых определены и научно обоснованы. Напитки могут быть витаминизированными, тонизирующими, для спортсменов, изотоническими, диабетическими и другими [3]. Как правило, основы безалкогольного бальзама составляет 50 % сахарный сироп, плодово-ягодные соки, лимонная кислота [14]. А огромное разнообразие вкусов достигается комбинированием широко распространенных растений, местным дикорастущим сырьем, экзотическими для данной местности плодами, травами и другим растительным сырьем [4].

Безалкогольные бальзамы появились значительно позже алкогольных. Основным принципом разработки их рецептур должно было быть максимально возможное использование экстрактивных и биологически активных веществ пищевых и лекарственных растений, составляющих фитооснову бальзамов с выраженным оздоровительным эффектом [15]. В связи с этим, определяющим свойством и алкогольных, и безалкогольных бальзамов является физиологическое назначение, проявляющееся для всех пищевых продуктов через их пищевую и биологическую ценность. Физиологическая ценность продуктов и напитков, как известно, определяется количеством и составом физиологически активных веществ, способных активизировать деятельность основных систем организма человека [13]. Физиологическое действие, которое оказывают на организм безалкогольные бальзамы, обусловлено наличием в их составе так называемых *минорных компонентов*, присутствующих в микроколичествах и проявляющих фармакологические свойства. Это достигается наличием в рецептурах растительных экстрактов. Такие экстракты применяются и в лечебных целях в составе медицинских препаратов и биологически активных добавок к пище (БАД). Высокоочищенные экстракты относятся к фитотерапевтическим средствам. В Правилах управления медицинскими продуктами, принятыми в странах Европейского Союза (ISBN 92-825-9619), дается следующее определение фитотерапевтических средств. *Фитотерапевтические средства* – это «медицинские препараты, активными ингредиентами которых являются переработанные и непереработанные растения, их части, растительные вещества и их комбинации». В связи с этим применение в составе пищевых продуктов, в том числе напитков, растительных экстрактов, богатых биологически активными веществами, ограничивается дозировкой, не превышающей 10 % от рекомендованной фитотерапевтической нормы [6]. Выраженная биологическая активность, проявляемая растительными экстрактами, позволяет создавать отдельные напитки направленного действия, от которых ожидается определенный физиологический эффект:

— напитки для стимулирования умственной деятельности, в состав которых входят экстракт гибискуса (содержит антоцианины), экстракт красного вина (содержит полифенолы), экстракт зеленого чая (содержит антиоксиданты, в т. ч. эпигаллокатехингаллат);

— напитки, регулирующие обмен холестерина, содержащие экстракты листьев артишока, зеленого чая, матэ (источник полифенолов), ромашки (источник флавоноидов), семян винограда, шиповника;

— тонизирующие напитки, в составах которых присутствуют экстракты зеленого чая, матэ, гуарана, а также кола и кофеин;

— успокаивающие напитки с декофеинизированным зеленым чаем, лавандой, перечной мятой и мелиссой.

Производство растительных экстрактов основано на их извлечении из сырья путем экстракции специально подобранным растворителем. В качестве растворителя определенных растительных компонентов применяются вода, этиловый спирт, водно-спиртовые смеси, жиры и масла [6]. В производстве безалкогольных бальзамов применяются также фруктовые, травяные сиропы, представляющие собой процеженные смеси 60...65 % водных растворов сахара с фруктовыми или травяными экстрактами. В сиропы с концентрацией сахара менее 50 % добавляют этиловый спирт в качестве консерванта. В качестве растительных основ в производстве напитков также применяют настойки и эликсиры [5].

Вместе с тем рецептуры алкогольных бальзамов отличаются от рецептур безалкогольных бальзамов более частым использованиемпряного и ароматического сырья (корица, гвоздика, имбирь, мускатный орех, кориандр и др.) и сухофруктов (чернослив, курага и пр.), что связано с их отношением к группе ликероводочных изделий и обуславливает более высокие дегустационные характеристики. В безалкогольных бальзамах, напротив, – более широко применяется лекарственно-техническое сырье (плоды боярышника, цветки календулы и ромашки аптечной, корневища и корни родиолы розовой и левзеи сафлоровидной, трава тысячелистника и пустырника и т.д.), в виде настоев и экстрактов [12, 13,14].

Органолептическая ценность бальзамов обусловлена их прозрачностью, цветом, ярко выраженным запахом, оригинальным вкусом. Несмотря на фитотерапевтическое назначение, бальзамы употребляются ещё и в качестве вкусоароматической добавки, поэтому органолептические свойства бальзамов имеют определенное значение в формировании потребительских предпочтений [13,14].

По показателям безопасности бальзамы должны удовлетворять требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Алкогольные бальзамы следует относить к категории потенциально опасной пищевой продукции, так как при неумеренном потреблении они способны оказывать токсический эффект на организм человека, как за счет содержания этилового спирта, так и вследствие усиления под его влиянием действия физиологически активных веществ бальзамов [11].

Список литературы

1. Георгиевский, В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, Н.Ф. Комисаренко, С.Е. Дмитрук. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990 – 333 с.
2. ГОСТ Р 52190-2003. Напитки спиртные. Термины и определения (с Изменениями N 1, 2). – Введ 01.01.2005, дата посл. изм. 18.10.2016 – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
3. ГОСТ Р 52409-2005. Продукция безалкогольного и слабоалкогольного производства. Термины и определения. – Введ 01.07.2007, дата посл. изм. 18.10.2016 – М.: Стандартинформ, 2006. – 4 с.
4. Доронин, А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии: учебник / А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова [и др.]; под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛи принт. 2009. – 288 с.
5. Егорова, Е.Ю. Производство бальзамов и сиропов: учебное пособие / Е.Ю. Егорова, М. Н. Школьникова, М. В. Гернет. – СПб.: Профессия, 2011. – 408 с.
6. Клаус С. Растительные экстракты – натуральные пищевые ингредиенты с функциональными свойствами / Материалы Международной конференции «Индустрия пищевых ингредиентов современное состояние и перспективы развития» Международная промышленная академия, 30 мая- 1 июня 2005 г. – М.: Пищепромиздат, 2005. – С. 62-65.
7. Позняковский В.М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки : учебник / В.М.

Позняковский, О.В. Чугунова, М.Ю. Тамова ; под общ. ред. проф. В.М. Позняковского. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 143 с.

8. Попков, П.Н. Получение фитоадаптивных бальзамов на основе растительного сырья / П.Н. Попков // Современные проблемы науки и образования. – Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания». – 2015 – № 1. – С. 1799-1808.

9. Родина, Т.Г. Справочник по товароведению продовольственных товаров / под ред. Т.Г. Родиной. – М.: КолосС, 2003. – 608 с.

10. Трусова, С.А. Ароматные спирты и настои для производства ликероводочных изделий / С.А. Трусова, В.К. Фертман. – М.: Пищепромиздат, 1957. – 143 с.

11. Цыбулько, Е.И. О содержании полифенольных веществ в композициях из дикорастущего сырья Дальневосточного региона для производства сиропов функционального назначения / Е.И. Цыбулько, Е.В. Макарова, Н.И. Кулеш Т.П. Юдина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 12. – С. 58-60.

12. Школьников, М.Н. Номенклатура потребительских свойств бальзамов. Современный подход / М.Н. Школьников, Е.Ю. Егорова, И.Э. Цапалова // Пиво и напитки. – 2008. – № 4. – С. 8-10.

13. Школьников, М.Н. Товароведная характеристика безалкогольных бальзамов, производимых на основе природного сырья Алтая: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Школьников Марина Николаевна. – Новосибирск, 2006. – 159 с.

14. Школьников, М.Н. Товароведно-технологическая характеристика растительного сырья, используемого в производстве бальзамов и БАД: учебное пособие / М.Н. Школьников, Е.Ю. Егорова // Алтайский государственный университет. БТИ. – Бийск: издательство Алтайского государственного университета, 2009. – 160 с.

15. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений: Учебное пособие / И.Э. Цапалова, М.Д. Губина, М.Д. Губина, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2005. – 213 с.

СЕКЦИЯ №13.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

СЕКЦИЯ №14.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

АДАПТИВНЫЙ $\alpha - \beta - \gamma$ – ДИСКРЕТНЫЙ ФИЛЬТР

Елисеев А.В., Овсянников С.Н., Прыгунов А.Г.

Донской государственный технический университет (ДГТУ), Российская Федерация,
г. Ростов-на-Дону

Введение. Обеспечение безопасности и регулярности полетов самолетов гражданской авиации во многом зависит от качества решения задачи эшелонирования. Контроль эшелонирования, в частности, и организация воздушного движения, в целом, обеспечиваются с привлечением радиотехнических средств наблюдения. К средствам наблюдения относятся первичные и вторичные радиолокационные системы (РЛС), аппаратура автоматического зависимого наблюдения, мультilaterационные системы и др. Одним из важнейших параметров, характеризующих качество РЛС, является погрешность оценки параметров траектории воздушного судна, особенно в условиях его маневрирования. Данная погрешность зависит от многих факторов, в том числе и от используемых методов и алгоритмов вторичной обработки

радиолокационных измерений. В системе вторичной обработки широко используются алгоритмы динамической фильтрации [5, 7-9, 11-13]. Особенностью данных алгоритмов является появление существенной динамической погрешности в условиях маневра летательного аппарата. Таким образом, актуальной является задача снижения указанной погрешности.

Цель работы – снижение динамической ошибки $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтрации параметров траектории маневрирующего летательного аппарата.

Решаемая задача: разработка алгоритма настройки параметров $\alpha - \beta - \gamma$ - фильтра.

Математическая постановка задачи. Пусть вектор состояния

$$\mathbf{X}(j) = [x(j), \dot{x}(j), \ddot{x}(j), y(j), \dot{y}(j), \ddot{y}(j)]^T$$

маневрирующего объекта, например, летательного аппарата, на интервале времени $[t_0, T]$ описываются разностным уравнением [12]

$$\mathbf{X}(t_{j+1}) = \mathbf{X}(j+1) = \begin{cases} \Phi(j+1, j)\mathbf{X}(j) + \Gamma(j+1, j)\mathbf{N}_x(j), \\ \text{if } t_j \in [t_0, T] = [t_0, t_{\text{BM}}] \cup [t_{\text{EM}}, T]; \\ \Phi(j+1, j)\mathbf{X}(j) + \Gamma(j+1, j)(\mathbf{A}_x(j) + \mathbf{N}_x(j)), \\ \text{if } t_{\text{BM}} \leq t_j < t_{\text{EM}}; \\ \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0, \mathbf{X}(t_{\text{BM}}) = \mathbf{X}_{\text{BM}}, \mathbf{X}(t_{\text{EM}}) = \mathbf{X}_{\text{EM}}, \end{cases} \quad (1)$$

а уравнение наблюдения имеет вид

$$\mathbf{Z}(j) = \mathbf{H}(j)\mathbf{X}(j) + \mathbf{N}_z(j), \quad j = 0, 1, 2, \dots, \quad (2)$$

где $\mathbf{X}(j)$ – вектор неизвестных параметров процесса; $\mathbf{Z}(j)$ – вектор измерений; $\Phi(j+1, j)$, $\Gamma(j+1, j)$, $\mathbf{H}(j)$ – известные функциональные матрицы; $\mathbf{A}_x(j)$ – вектор интенсивностей изменения маневра, элементы которого неизвестны; t_{BM} , t_{EM} – время начала и конца маневра, соответственно; \mathbf{X}_0 , \mathbf{X}_{BM} , \mathbf{X}_{EM} – начальные условия модели (2) для временных интервалов $[t_0, t_{\text{BM}}]$, $[t_{\text{BM}}, t_{\text{EM}}]$, $[t_{\text{EM}}, T]$, соответственно, характеризующиеся различными априорно неизвестными значениями ускорения объекта по координатам $x(j)$ и $y(j)$: $\ddot{x}(j) \in [a_{x \min}, a_{x \max}]$, $\ddot{y}(j) \in [a_{y \min}, a_{y \max}]$; $\mathbf{N}_x(j)$, $\mathbf{N}_z(j)$ – случайные шумы, соответственно, объекта (1) и канала наблюдения (2), имеющие нулевые значения математического ожидания и корреляционные матрицы $\mathbf{Q}(j)$, $\mathbf{R}(j)$.

Требуется: на основе обработки в реальном времени текущих наблюдений $\mathbf{Z}(j)$ получить оптимальную, в среднеквадратическом смысле, оценку $\hat{\mathbf{X}}(j)$ вектора состояния (1) в условиях априорной параметрической неопределенности относительно значений начальных ускорений воздушного судна.

Решение задачи. Полагаем, что для обеспечения формирования оценки $\hat{\mathbf{X}}(j)$ вектора состояния (1) в реальном времени и снижения требований к объему памяти и производительности подсистемы вторичной обработки измерений используем $\alpha - \beta - \gamma$ (альфа-бета-гамма) – алгоритм фильтрации [12, 13]:

$$\hat{\mathbf{X}}(j+1) = \hat{\mathbf{X}}(j+1/j) + \mathbf{K}(j+1)[\mathbf{Z}(j+1) - \mathbf{H}(j+1)\hat{\mathbf{X}}(j+1/j)], \quad (3)$$

$$\hat{\mathbf{X}}(j+1/j) = \Phi(j+1, j)\hat{\mathbf{X}}(j), \quad (4)$$

где

$$\mathbf{K}(j) = \begin{bmatrix} \alpha_x & 0 \\ \beta_x / \Delta T & 0 \\ 2\gamma_x / \Delta T^2 & 0 \\ 0 & \alpha_y \\ 0 & \beta_y / \Delta T \\ 0 & 2\gamma_y / \Delta T^2 \end{bmatrix},$$

$\Delta T = t_j - t_{j-1}$ – интервал времени между измерениями $\mathbf{Z}(j)$, $j = 1, 2, 3, \dots$, $\alpha_x(j)$, $\beta_x(j)$, $\gamma_x(j)$, $\alpha_y(j)$, $\beta_y(j)$, $\gamma_y(j)$ – элементы матрицы коэффициентов усиления $\mathbf{K}(j)$.

В работе [12] показано, что в общем случае коэффициент $\alpha_i(j)$, $i \in \{x, y\}$ определяется следующим образом:

$$\alpha_i(j) = \frac{2(2j-1)}{j(j+1)}. \quad (5)$$

Для расчета коэффициентов $\beta_i(j)$, $\gamma_i(j)$, $i \in \{x, y\}$ целесообразно, с точки зрения минимизации динамической ошибки фильтрации и обеспечения устойчивости фильтра, как показано в работе [13], использовать следующее соотношение между $\alpha_i(j)$, $\beta_i(j)$, $\gamma_i(j)$:

$$\begin{cases} \left(\alpha_i(j) + \beta_i(j) + \gamma_i(j) / 2 \right) \alpha_i(j) = 2\beta_i(j), \\ \beta_i^2(j) = 2\alpha_i(j)\gamma_i(j). \end{cases} \quad (6)$$

Оценки дисперсий случайных ошибок фильтрации координаты $\hat{x}_i(j)$, $i = \overline{1, q}$ вектора $\hat{\mathbf{X}}(j)$, а также её первой и второй производной $\hat{\dot{x}}_i(j)$, $\hat{\ddot{x}}_i(j)$, $i = \overline{1, q}$, соответственно, могут быть найдены, по аналогии с [12], на основе следующих выражений:

$$\begin{cases} \sigma_{\hat{x}_i}^2 = \frac{\beta_i(2\alpha_i^2 - 3\alpha_i\beta_i + 2\beta_i) + 0.5\alpha_i\beta_i(2\gamma_i + \beta_i - 4)}{(\alpha_i\beta_i + 0.5\alpha_i\beta_i - \gamma_i)(4 - 2\alpha_i - \beta_i)} \sigma_{x_i}^2, \\ \sigma_{\hat{\dot{x}}_i}^2 = \frac{2(\beta_i - \gamma_i)\beta_i^2 + \gamma_i^2(2 - \alpha_i)}{\Delta T^2(\alpha_i\beta_i + 0.5\alpha_i\gamma_i - \gamma_i)(4 - 2\alpha_i - \beta_i)} \sigma_{x_i}^2, \\ \sigma_{\hat{\ddot{x}}_i}^2 = \frac{2\beta_i^2\gamma_i^2}{\Delta T^4(\alpha_i\beta_i + 0.5\alpha_i\gamma_i - \gamma_i)(4 - 2\alpha_i - \beta_i)} \sigma_{x_i}^2. \end{cases} \quad (7)$$

где $\sigma_{x_i}^2$ – дисперсия погрешности измерения координаты $x_i(j)$, $i = \overline{1, q}$.

Из анализа формы записи алгоритма $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра следует, что в уравнении фильтрации, предназначенном для прогноза оценки (4), отсутствует составляющая $\mathbf{\Gamma}(j+1, j)\mathbf{A}_x(j)$, входящая в модель информационного процесса (1). Это обусловлено, согласно постановке задачи, условием априорной параметрической неопределенности вектора $\mathbf{A}_x(j)$. Таким образом, используемое уравнение прогноза (4) имеет некоторый уровень неадекватности относительно моделируемого процесса (1). Указанная неадекватность в некоторых случаях может привести к потере устойчивости и к росту ошибок фильтрации,

особенно в момент значительного изменения вектора ускорений $\mathbf{A}_x(j)$, то есть при маневре объекта. Данный случай характерен, например, при заходе воздушного судна на посадку по «коробочке». Таким образом, с целью обеспечения устойчивости алгоритма фильтрации (3)–(4) в условиях недостаточной адекватности модели (1) реальному процессу, потребуется адаптация его параметров, например, путем изменение коэффициента усиления фильтра $\mathbf{K}(j)$.

Таким образом, для адаптации $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра необходимо последовательное решение двух основных задач: обнаружение начала или окончания маневра и управление значениями элементов коэффициента усиления $\mathbf{K}(j)$.

Рассмотрим последовательно решения указанных задач.

Задача обнаружения маневра. Для решения данной задачи в состав адаптивного $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра необходимо ввести обнаружитель маневра (ОМ) [12], который должен формировать признак маневра $SM(t_j) = SM(j) \in \{0, 1\}$, принимающий значение «1» в случае обнаружения начала маневра (продолжения маневра), или значение «0» – в случае окончания маневра (отсутствия маневра).

Введем по аналогии с [11] два дополнительных показателя невязки: показатель модуля среднего арифметического значения невязки $|\bar{\varepsilon}(j)|$, показатель среднего арифметического модуля значения невязки $|\overline{\varepsilon}(j)|$ (при этом для простоты изложения без потери общности примем, что невязка является скалярной):

$$|\bar{\varepsilon}(j)| = \frac{\left| \sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon(j-i) \right|}{n}; \quad |\overline{\varepsilon}(j)| = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} |\varepsilon(j-i)|}{n}, \quad (8)$$

где n - количество подряд следующих измерений, используемых для обнаружения маневра, $\varepsilon(j) = \mathbf{Z}(j) - \mathbf{H}(j)\hat{\mathbf{X}}(j/j-1)$.

Критерий обнаружения маневра, с учетом (8), будет имеет вид

$$K_{\text{ОМ}} \equiv \begin{cases} (SM = 1), & \text{if } |\bar{\varepsilon}(j)| = |\overline{\varepsilon}(j)|, \\ (SM = 0), & \text{if } |\bar{\varepsilon}(j)| < |\overline{\varepsilon}(j)|. \end{cases} \quad (9)$$

Задача управления значениями элементов коэффициента усиления $\mathbf{K}(j)$. Применим для адаптации $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра к изменению модели движения объекта оперативно советующую экспертную систему (ОСЭС), основанную на применении нечеткого логического вывода [4, 6].

Будем считать, что процесс функционирования фильтра можно представить в виде кортежа некоторых проблемных ситуаций (ПрС). При этом любая ПрС описывается ситуационным вектором $\mathbf{sv} = [sv_k, k = \overline{1, K}]^T$, каждая координата которого sv_k является лингвистической переменной с заданным множеством термов $\{SV_k^l, l = \overline{1, m_k}\}$. Полагаем, что для некоторых конкретных реализаций ситуационного вектора \mathbf{sv}^* имеются прецеденты успешного решения текущей ПрС, характеризующиеся некоторым прецедентным вектором $\mathbf{pv} = \{pv_m, m = \overline{1, m_{pv}}\}$, каждая координата которого pv_m является лингвистической переменной с заданным множеством термов $\{PV_m^p, p = \overline{1, n_m}\}$.

Пусть ПрС, возникающая при функционировании $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра, описывается ситуационным вектором $\mathbf{sv} = [sv_k, k = \overline{1, 2}]^T$ с элементами: sv_2 – «значение модуля относительной ошибки $|\delta\varepsilon(j)|$ », при этом $|\delta\varepsilon(j)|$ определяется формулой

$$|\delta\varepsilon(j)| = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} |\varepsilon(j-i)|}{n\sigma^*},$$

где σ^* – некоторое допустимое значение среднеквадратического отклонения ошибки $\varepsilon(j)$.

Пусть указанные переменные описываются следующими терм-множествами:

$$\mathbf{SV}_1 = \{\text{"PE"}, \text{"IDE"}\} = \{SV_1^l, l = \overline{1,2}\}; \quad \mathbf{SV}_2 = \{\text{"VSE"}, \text{"SE"}, \text{"AE"}, \text{"BE"}, \text{"VBE"}\} = \{SV_2^l, l = \overline{1,5}\},$$

где "PE", "IDE" – термы «допустимая ошибка» и «недопустимая динамическая ошибка», соответственно, "VSE" – «очень малая ошибка», "SE" – «малая ошибка», "AE" – «средняя ошибка», "BE" – «большая ошибка», "VBE" – «очень большая ошибка».

Полагаем, что лингвистическая переменная sv_1 задана на унифицированном универсальном множестве $E = \{0, 1\}$, лингвистическая переменная sv_2 – на универсуме $E = [0, |\delta\varepsilon_{\max}|]$, а их термы описываются функциями принадлежности $\mu_{SV_k} \in \{\mu_{SV_k^l}, l = \overline{1, m_k}\}$.

Пусть термы лингвистической переменной sv_1 описываются функциями принадлежности типа синглетон:

$$SV_1^1 : \mu_{SV_1^1} = \delta(x, \bar{x}_1^1) = \begin{cases} 1, & \text{if } x = \bar{x}_1^1 = 0 \text{ – ситуация: "PE"}; \\ 0, & \text{если } x \neq \bar{x}_1^1; \end{cases}$$

$$SV_1^2 : \mu_{SV_1^2} = \delta(x, \bar{x}_1^2) = \begin{cases} 1, & \text{if } x = \bar{x}_1^2 = 1 \text{ – ситуация: "IDE"}; \\ 0, & \text{if } x \neq \bar{x}_1^2. \end{cases}$$

Термы лингвистической переменной sv_2 описываются функциями принадлежности вида [4, 7]:

$$\text{термы } SV_2^1, SV_2^5 : \mu_{SV_2^l}(|\delta\varepsilon|) = 1 - \frac{1}{1 + \exp(-a_{2l}(|\delta\varepsilon| - c_{2l}))}, l \in \{1, 5\}, \quad (10)$$

$$\text{термы } SV_2^2, SV_2^3, SV_2^4 : \mu_{SV_2^l}(|\delta\varepsilon|) = \exp\left(\frac{-(|\delta\varepsilon| - c_{2l})^2}{a_{2l}}\right), l \in \{2, 3, 4\}, \quad (11)$$

где $a_{2l}, c_{2l}, l = \overline{1, 5}$ – параметры функций принадлежности.

Учитывая, что управляемым параметром $\alpha - \beta - \gamma$ - фильтра, как было сказано ранее, является матрица коэффициентов усиления $\mathbf{K}(j)$, а в частном скалярном случае – коэффициенты $\alpha(j), \beta(j), \gamma(j)$ введем в рассмотрение прецедентный вектор $\mathbf{PV} = \{pv_m, m = \overline{1, m_{PV}}\} = \{pv_1\}$, состоящий из одной переменной pv_1 – «значение коэффициента $\alpha(j)$ ». При этом будем полагать, что вид прецедентного вектора определяется значением элемента ситуационного вектора sv_1 – «тип ошибки фильтрации».

При этом, когда $sv_1 = \text{"PE"}$, значение $\alpha(j)$ определяется на основе следующего прецедента

$$pv_1 : \alpha(j) = \begin{cases} 0.743 - 0.043j, & \text{при } j \leq 8, \\ 0.4 & \text{при } j > 8. \end{cases} \quad (12)$$

В случае, когда sv_1 принимает лингвистическое значение «недопустимая динамическая ошибка», прецедентный вектор содержит лингвистическую переменную pv_1 , заданную на универсуме $E = [0, 1]$, а её термы описываются функциями принадлежности $\mu_{PV_1} \in \{\mu_{PV_1^p}, p = \overline{1, n_m}\}$.

Пусть лингвистическая переменная pv_1 характеризуется следующим терм-множеством:

$$\mathbf{PV}_1 = \{ \text{"VSV } \alpha", \text{"SV } \alpha", \text{"AV } \alpha", \text{"BV } \alpha", \text{"VBV } \alpha \} = \{ PV_1^p, p = \overline{1,5} \},$$

где "VSV α " – «очень малое значение параметра $\alpha(j)$ », "SV α " – «малое значение параметра $\alpha(j)$ », "AV α " – «среднее значение параметра $\alpha(j)$ », "BV α " – «большое значение параметра $\alpha(j)$ », "VBV α " – «очень большое значение параметра $\alpha(j)$ ».

Для задания терм- множества \mathbf{PV}_1 можно использовать функции принадлежности, аналогичные (10), (11).

Система нечетких продукционных правил, описывающих механизм функционирования ОСЭС в процессе адаптации $\alpha - \beta - \gamma$ - фильтра на основе управления коэффициентом $\alpha(j)$, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} r = 1: & \text{ if } (sv_1 = \text{"PE"}(\mu_{sv_1^1})) \text{, then } \left(pv_1 = \begin{cases} 0.743 - 0.043j \ \forall j \leq 8, \\ 0.4 \ \forall j > 8. \end{cases} \right), \\ r = 2: & \text{ if } (sv_1 = \text{"IDE"}(\mu_{sv_1^2})) \text{ and } (sv_2 = \text{"VSE"}(\mu_{sv_2^1})) \text{, then } (pv_1 = \text{"VSV } \alpha"(\mu_{pv_1^1})), \\ r = 3: & \text{ if } (sv_1 = \text{"IDE"}(\mu_{sv_1^2})) \text{ and } (sv_2 = \text{"SE"}(\mu_{sv_2^2})) \text{, then } (pv_1 = \text{"SV } \alpha"(\mu_{pv_1^2})), \\ r = 4: & \text{ if } (sv_1 = \text{"IDE"}(\mu_{sv_1^2})) \text{ and } (sv_2 = \text{"AE"}(\mu_{sv_2^3})) \text{, then } (pv_1 = \text{"AV } \alpha"(\mu_{pv_1^3})), \\ r = 5: & \text{ if } (sv_1 = \text{"IDE"}(\mu_{sv_1^2})) \text{ and } (sv_2 = \text{"BE"}(\mu_{sv_2^4})) \text{, then } (pv_1 = \text{"BV } \alpha"(\mu_{pv_1^4})), \\ r = 6: & \text{ if } (sv_1 = \text{"IDE"}(\mu_{sv_1^2})) \text{ and } (sv_2 = \text{"VBE"}(\mu_{sv_2^5})) \text{, then } (pv_1 = \text{"VBV } \alpha"(\mu_{pv_1^5})). \end{aligned}$$

Используя «минимаксное» правило Мамдани-Заде [7] выражение для расчета итоговой функции принадлежности $\mu_{pv_{1\Sigma}}$ выходной лингвистической переменной pv_1 будет иметь вид:

$$\mu_{pv_{1\Sigma}}(sv_1^*, sv_2^*) = \max_r \min_{pv_1} \left(\min_k (\mu_{sv_k}^*(r)), \mu_{pv_1(r)} \right),$$

где $\mu_{sv_k}^*(r) \in \{ \mu_{sv_k^l}, l = \overline{1, m_k} \}$, $\mu_{pv_1}^*(r) \in \{ \mu_{pv_1^p}, p = \overline{1, n_m} \}$ – функции принадлежности соответственно лингвистических переменных sv_k и pv_1 , входящие в состав продукционного правила с номером r , sv_1^*, sv_2^* – четкие значения входных переменных, $\mu_{sv_k}^*(r) = \mu_{sv_k(r)}(sv_k^*)$.

Для нахождения четкого значения pv_1^* выходной переменной используем, по аналогии с [4], метод «центра тяжести»:

$$pv_{1\Sigma}^* = \frac{\frac{pv_{1(\min)}^* \mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(\min)}^*)}{2} + \sum_{i=1}^M \frac{pv_{1(i)}^* \mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(i)}^*)}{2} + \frac{pv_{1(\max)}^* \mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(\max)}^*)}{2}}{\frac{\mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(\min)}^*)}{2} + \sum_{i=1}^M \mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(i)}^*) + \frac{\mu_{pv_{1\Sigma}}(pv_{1(\max)}^*)}{2}}, \quad (13)$$

где $pv_{1\Sigma}^*$ – абсцисса центра тяжести фигуры, образованной графиком итоговой функции принадлежности $\mu_{pv_{1\Sigma}}$ и осями координат, при изменении переменной pv_1^* от $pv_{1(\min)}^*$ до $pv_{1(\max)}^*$.

После определения на основе (13) адаптивного коэффициента $\alpha(j)$ рассчитываются, учетом условия (6), оставшиеся неизвестные коэффициенты $\beta(j)$ и $\gamma(j)$:

$$\beta(j) = 4 \left(1 - \sqrt{1 - \alpha(j)} \right) - 2\alpha(j), \quad \gamma(j) = \frac{\beta^2(j)}{2\alpha(j)}. \quad (14)$$

Таким образом, алгоритм функционирования адаптивного фильтра можно описать следующими шагами:

- обнаружение факта начала маневра на основе использования критерия (9);
- расчет коэффициента $\alpha(j)$ с использованием ОСЭС на основе выражения (13);
- расчет коэффициентов $\beta(j)$ и $\gamma(j)$ с использованием выражения (14);
- обнаружение факта окончания маневра на основе использования критерия (9) и использование для расчета коэффициента $\alpha(j)$ выражения (12).

Моделирование. Для оценки эффективности разработанного алгоритма было проведено математическое моделирование.

В результате моделирования установлено снижение динамической ошибки фильтрации на 25% по сравнению с классическим неадаптивным $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтром.

Следует отметить, что при наличии в измерениях (2) мультиструктурных помех целесообразно для первичной обработки использовать алгоритмы, рассмотренные в работах [1-3].

Выводы. Применение разработанного алгоритма в условиях априорной неопределенности о значении ускорения объекта позволяет уменьшить динамическую ошибку фильтрации (для конкретного примера на 25%) за счет управления коэффициентами усиления $\alpha - \beta - \gamma$ -фильтра на основе нечетких продукционных правил, анализирующих тип и значение ошибки фильтрации. Отличительной особенностью данного фильтра является наличие обратной связи по ошибке фильтрации.

Список литературы

1. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. [Алгоритм обработки измерений при кусочно-непрерывной помехе](#) // [Известия Российской академии наук. Теория и системы управления](#). 2007. № 2. С. 57-64.
2. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. [Обработка измерений в условиях мультиструктурных помех](#) // [Автометрия](#). 2007. Т. 43. № 5. С. 26-38.
3. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В., Лансарь А.П. [Повышение точности динамических измерений с использованием метода конечных разностей](#) // [Измерительная техника](#). 2006. № 4. С. 16-21.
4. Гостев В.И. Проектирование нечетких логических регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. –416с.
5. Елисеев А.В. [Алгоритм линейной фильтрации, устойчивый к сингулярным ошибкам](#) // [Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника](#). 2005. Т. 48. № 10. С. 20-29.
6. Елисеев А.В. Идентификация нечеткой модели в задаче синтеза регулятора // Автоматизация и современные технологии. 2005. №11. С. 3–12.
7. Елисеев А.В. Оценивание вектора состояния объекта на основе фильтра с нечеткой логикой // Авиакосмическое приборостроение. 2006. №4. С. 30–38.
8. Елисеев А.В., Калашиников Р.М., Тюрин Д.А. Алгоритм дискретной фильтрации в условиях динамических помех наблюдения // Автоматизация и современные технологии. 2014. №5. С. 26–34.
9. Елисеев А.В., Калашиников Р.М., Тюрин Д.А. Алгоритм обработки измерений и адаптации математического обеспечения информационно-измерительной системы в условиях изменения модели информационного процесса // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. №8. С. 9-17.
10. Елисеев А.В., Крылов А.А., Остапенко А.В. Алгоритмы обработки измерений параметров движения маневрирующего объекта в условиях неравноточных измерений // Радиотехника. 2014. №8. С. 29–38.
11. Родкин М.М. Адаптивный метод настройки фильтра Калмана // VI Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь». ИРЭ им Котельникова РАН. 19–22 ноября 2012. С. 125–128.
12. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320с.

13. Neal S. R. Discussion on «Parametric relations for the $\alpha - \beta - \gamma$ filter predictor» // IEEE Trans, on AC-12, June 1967, p. 315 - 316.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Елисеев А.В., Бухтиярова А.В., Овсянников С.Н., Прыгунов А.Г.

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону

Введение. Известно, что в процессе функционирования автоматизированной системы управления различными объектами решается задача оценки их функционального или технического состояния, на основе которой и вырабатываются управляющие воздействия. Анализ уровня развития техники показывает, что последние десятилетия характеризуются резким усложнением технических объектов, функционирующих в различных сферах деятельности человека, в том числе и в гражданской авиации. В этих условиях для повышения эффективности эксплуатации сложных технических объектов целесообразно использование интеллектуальных систем и компонентов управления, например, реализованных с использованием теории нечетких множеств [5, 7].

Целью работы является синтез алгоритма оценки состояния технического объекта на основе идентификации нечеткой модели, которой характеризуется его техническое или функциональное состояние.

Постановка задачи. Полагаем, что имеется сложный технический объект, обладающий высокой степенью неопределенности, что затрудняет использования строгих математических моделей для описания его функционального или технического состояний. По этой причине воспользуемся лингвистической моделью в виде совокупности продукционных правил типа «ЕСЛИ – ТО», описывающих взаимосвязи входных и выходных переменных [5, 7]:

$$R_l^{[k]}: \text{ЕСЛИ } (u_1 \leftrightarrow A_{1l}^{[k]} \wedge u_2 \leftrightarrow A_{2l}^{[k]} \dots \wedge u_n \leftrightarrow A_{nl}^{[k]}), \text{ ТО} \quad (1)$$

$$(x \leftrightarrow B_l^{[k]}), \quad l = \overline{1, N}, \quad k \in K,$$

где $k \in K$ – номер структуры модели; K – множество номеров структуры; $A_{il}^{[k]}, B_l^{[k]}$ – нечеткие множества – конкретные лингвистические значения соответствующих входных и выходных переменных в составе l -го правила:

$$A_{il}^{[k]} \subseteq U_i \subset R, \quad i = \overline{1, n}, \quad A_{il}^{[k]} \in \{A_i^p\}, \quad p = \overline{1, P}; \quad B_l^{[k]} \subseteq X \subset R, \quad B_l^{[k]} \in \{B^q\}, \quad q = \overline{1, Q};$$

u_1, u_2, \dots, u_n – входные переменные модели; x – выходная переменная. Полагаем, что в (1) правила $R_l^{[k]}$ связаны между собой логическим оператором «ИЛИ», т. е. $R_1^{[k]} \vee R_2^{[k]} \vee \dots \vee R_N^{[k]}$. В модели (1) под «структурой» будем понимать конкретное функциональное или техническое состояние объекта.

Требуется: разработать алгоритм, позволяющий идентифицировать текущую структуру (состояние) объекта.

Синтез алгоритма. Введем обозначение: $A_l^{[k]} = A_{1l}^{[k]} \times A_{2l}^{[k]} \times \dots \times A_{nl}^{[k]}$, тогда модель (1) можно записать в виде нечеткого уравнения в отношениях [1]:

$$B_l^{[k]} = A_l^{[k]} \circ R_l^{[k]}, \quad l = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где $A_l^{[k]} = \{\mu_{A_l}^{[k]}(u), u\}$, $B_l^{[k]} = \{\mu_{B_l}^{[k]}(x), x\}$ – нечеткие множества входа и выхода соответственно; $\mu_{A_l}^{[k]}(u) \in [0, 1]$, $\mu_{B_l}^{[k]}(x) \in [0, 1]$ – функции принадлежности нечетких множеств

$A_i^{[k]}$ и $B_i^{[k]}$; k – номер текущей структуры модели; \circ – символ операции нечеткого отношения; $R_i^{[k]}$ – нечеткое отношение, определенное на декартовом произведении $U \times X$, т. е. $R_i^{[k]} = \left\{ \mu_{R_i}^{[k]}(u, x), (u, x) \right\}$, заданное в виде матрицы.

Для окончательного определения структуры нечеткой модели объекта (2) зададим операторы формирования нечетких множеств входа и выхода $F_A : U \rightarrow A$, $F_B : X \rightarrow B$ и оператор формирования четкого значения \bar{x} в виде $F_{\bar{x}} : B \rightarrow \bar{X}$.

Рассмотрим алгоритм нечеткой кластеризации, аналогичный алгоритму нечетких C – средних (Fuzzy C-Means) [5], но отличающийся тем, что в качестве признаков кластеризации используются матрицы нечетких отношений $\left\{ R^*, R^{[1]}, R^{[2]}, \dots, R^{[K]} \right\}$. Пусть множество объектов кластеризации имеет вид $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{K+1}\}$, где s_i – модель объекта управления, при этом s_1 – модель, идентифицируемая подсистемой диагностики (ПД), s_2, \dots, s_{K+1} – эталонные модели, хранящиеся в базе эталонных моделей (БЭМ). Каждая модель характеризуется матрицей нечетких отношений: $s_1 \rightarrow R^*$, $(s_2, \dots, s_{K+1}) \rightarrow (R^{[1]}, \dots, R^{[K]})$ соответственно.

Введем вектор данных в виде $\Phi = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{K+1}] = [R^*, R^{[1]}, \dots, R^{[K]}]$.

Задача нечеткого кластерного анализа формулируется следующим образом: на основе анализа исходных данных Φ определить такое нечеткое разбиение $\mathfrak{R}(S) = \{c_k \mid c_k \subseteq S\}$ множества S на заданное число K нечетких кластеров c_k , $k = \overline{1, K}$, которое доставляет экстремум некоторой целевой функции $J(\mathfrak{R}(S))$ среди всех нечетких разбиений [5, 7].

Опишем кластеры следующей матрицей нечеткого разбиения:

$$M = \left[\mu_{ik}, i = \overline{1, K+1}, k = \overline{1, K} \right],$$

где μ_{ik} – степень принадлежности объекта s_i с признаком φ_i к кластеру c_k .

Элементы матрицы M должны удовлетворять следующим ограничениям:

$$\sum_{k=1}^K \mu_{ik} = 1, i = \overline{1, K+1}. \quad (3)$$

Для оценки качества нечеткого разбиения введем целевую функцию

$$J(\mathfrak{R}(S)) = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{K+1} (\mu_{ik})^\alpha \|V_k - \varphi_i\|^2, \quad (4)$$

где $\|\cdot\|$ – евклидова норма; V_k – центр k -го кластера; $\alpha \in [1, \infty)$ – весовой коэффициент, определяющий нечеткость кластеров [1].

Критерий кластеризации имеет вид $J(\mathfrak{R}(S)) \rightarrow \min$ при условии выполнения ограничения (4). Таким образом, возникает задача минимизации функции (5) с ограничениями (4). По аналогии с [5] решение данной задачи можно свести к минимизации функции Лагранжа

$$L(J) = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{K+1} (\mu_{ik})^\alpha \|V_k - \varphi_i\|^2 + \sum_{i=1}^{K+1} \lambda_i \left(\sum_{k=1}^K \mu_{ik} - 1 \right), \quad (5)$$

где λ_i – множители Лагранжа. В [2] показано, что решение задачи минимизации функции (5) имеет вид

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^{K+1} (\mu_{ik})^\alpha \varphi_i}{\sum_{i=1}^{K+1} (\mu_{ik})^\alpha}; \quad (6)$$

$$\mu_{ik} = \left(D_{ik}^2 \sum_{l=1}^K \frac{1}{D_{il}^2} \right)^{-\frac{1}{1-\alpha}}, \quad (7)$$

где $D_{ik} = \|V_k - \varphi_i\|$ – евклидово расстояние между объектами s_i , $i = \overline{1, K+1}$, и центрами кластеров V_k , $k = \overline{1, K}$. Если при этом для некоторого V_k , $k \in \{1, 2, \dots, K\}$, и некоторого φ_i , $i \in \{1, 2, \dots, K+1\}$, значение $D_{ik} = 0$, то для соответствующего нечеткого кластера c_k принимается $\mu_{ik} = 1$, а для остальных c_j ($\forall j \in \{1, 2, \dots, K\}, j \neq k$) принимается $\mu_{ij} = 0$ [1, 2].

Алгоритм кластеризации является итерационным и содержит следующие этапы.

1. Установка параметров (K, α) алгоритма. Число кластеров K должно быть равно числу математических моделей объекта управления, хранящихся в БЭМ. Весовой коэффициент α , как правило, принимается равным 2.

2. Задание начальной матрицы нечеткого разбиения $M(0) = [\mu_{ik}^*, i = \overline{1, K+1}, k = \overline{1, K}]$

в виде

$$M(0) = \begin{bmatrix} \mu_{11}^* & \mu_{12}^* & \dots & \mu_{1K}^* \\ 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где μ_{1k}^* , $k = \overline{1, K}$, – априорные значения степени принадлежности объекта s_1 (с матрицей нечеткого отношения R^*) к k -му кластеру. Если априорная информация отсутствует, то значения μ_{1k}^* , $k = \overline{1, K}$, выбираются произвольным образом с учетом выполнения ограничения (3). Задание матрицы M в виде (8) позволяет в качестве центров кластеров V_k выбрать значения, практически совпадающие с $R^{[k]}$. В этом случае алгоритм кластеризации сводится к определению степени принадлежности объекта s_1 с матрицей нечеткого отношения R^* к кластерам с центрами, близкими к $R^{[k]}$, т. е. определения «близости» идентифицированной модели, полученной на выходе ПД, к эталонным моделям, характеризуемым матрицами $R^{[k]}$ ($k = \overline{1, K}$).

3. Определение центров V_k кластеров c_k в соответствии с (6).

4. Пересчет элементов матрицы нечеткого разбиения M по формуле (7).

5. Проверка условия

$$\|M(r+1) - M(r)\| \leq \beta, \quad r = 0, 1, 2, \dots, \quad (9)$$

где β – заданная точность вычислений; r – номер итерации. Если условие (9) выполняется, то вычисления заканчиваются. В противном случае необходимо вернуться к этапу 3.

В результате применения данного алгоритма можно определить номер модели, которой описывается реальный объект на данном интервале стационарности $[t_S, t_{S+1}]$:

$$k^* = \operatorname{argmax}_{k \in \{1, 2, \dots, K\}} [\mu_{1k}]. \quad (10)$$

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет решать задачи идентификации слабоформализованных моделей как функционального, так и технического состояния сложных технических объектов. Следует отметить, что в случае, когда модель объекта может быть с заданной степенью достоверности описана стохастическими динамическими или кинематическими моделями, то для их идентификации целесообразно использовать алгоритмы, представленные в работах [1-4, 6, 8-11], в которых рассмотрены алгоритмы идентификации на основе фильтра Калмана и метода наименьших квадратов, обладающие устойчивостью, как к помехам переменной структуры, так и к изменению параметров модели объекта во времени.

Список литературы

1. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. // Обработка измерений в условиях мультиструктурных помех // Автометрия. 2007. Т. 43. № 5. С. 26-38
2. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. Алгоритм обработки измерений при кусочно-непрерывной помехе // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2007. № 2. С. 57-64.
3. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. Модифицированный метод наименьших квадратов в обобщенно-инвариантной постановке // Проблемы управления и информатики. 2006. № 6. С. 71-83.
4. Булычев Ю.Г., Елисеев А.В. Проблемы жесткости уравнений приближенной нелинейной фильтрации // Автоматика и телемеханика. 1999. №1. С. 35-45.
5. Гостев В.И. Проектирование нечетких логических регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. –416с.
6. Елисеев А.В. Алгоритм линейной фильтрации, устойчивый к сингулярным ошибкам // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2005. Т. 48. № 10. С. 20-29.
7. Елисеев А.В. Идентификация нечеткой модели в задаче синтеза регулятора // Автоматизация и современные технологии. 2005. №11. С. 3-12.
8. Елисеев А.В. Оценивание вектора состояния объекта на основе фильтра с нечеткой логикой // Авиакосмическое приборостроение. 2006. №4. С. 30-38.
9. Елисеев А.В., Калашников Р.М., Тюрин Д.А. Алгоритм дискретной фильтрации в условиях динамических помех наблюдения // Автоматизация и современные технологии. 2014. №5. С. 26-34.
10. Елисеев А.В., Калашников Р.М., Тюрин Д.А. Алгоритм обработки измерений и адаптации математического обеспечения информационно-измерительной системы в условиях изменения модели информационного процесса // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. №8. С. 9-17.
11. Елисеев А.В., Крылов А.А., Остапенко А.В. Алгоритмы обработки измерений параметров движения маневрирующего объекта в условиях неравноточных измерений // Радиотехника. 2014. №8. С. 29-38.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Елисеев А.В., Бухтиярова А.В., Докай А.Б., Руденко И.Э., Терновской Л.А.

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону

В настоящее время для обработки измерений в реальном времени широко используются алгоритмы динамической фильтрации [2-6, 8-11], реализация которых сводится к интегрированию стохастических дифференциальных уравнений (СДУ). Необходимость выделения жестких СДУ в отдельный класс вызвана их трудностями численного интегрирования классическими методами типа Адамса и Рунге-Кутты. Известно [1, 12], что малый шаг интегрирования, используемый для воспроизведения быстропротекающих процессов в пограничном слое, не может быть увеличен и вне пограничного слоя, хотя производные здесь и становятся

существенно меньше. Даже незначительное увеличение шага может привести к резкому возрастанию («взрыву») погрешности

В работах [1, 12] были предложены численные методы, допускающие увеличение шага интегрирования вне пограничного слоя. Следует отметить, что результаты обработки измерений в реальном времени будут зависеть от своевременности и правильности принятия решения о жесткости СДУ и, соответственно, о необходимости применения «нежесткого фильтра», входящего в состав базы алгоритмов математического обеспечения информационно-измерительной системы (ИИС), в противном случае его необоснованное использование может снизить качество обработки. Решение о жесткости или нежесткости СДУ принимается на основе известных в литературе критериев. Однако, как показано в работах [1, 4, 12], результат применения критериев является субъективным, так как они содержат нечеткие условия, например, такие как «намного больше» («намного меньше»). По этой причине целесообразно разработать оперативно советуемую экспертную систему (ОСЭС), предназначенную для выдачи рекомендации по выбору для обработки измерений в конкретной ситуации классического фильтра [13] или «нежесткого фильтра» [4]. Включение ОСЭС в состав ИИС позволит решить задачу адаптации её математического обеспечения к условиям измерений.

Математическая постановка задачи. Пусть вектор параметров информационного процесса $\mathbf{X} = [x_i(t), i = \overline{1, N}]^T$, $t \in [t_0, t_0 + T]$ описывается СДУ вида

$$d\mathbf{X}/dt = \mathbf{F}(t, \boldsymbol{\alpha})\mathbf{X}(t) + \mathbf{G}(t)\mathbf{n}_x(t), \quad \mathbf{X}_0 = \mathbf{X}(t_0), \quad (1)$$

где $\mathbf{F}(t, \boldsymbol{\alpha})$, $\mathbf{G}(t)$ – известные вектор и матрица, соответственно, $\boldsymbol{\alpha}$ – вектор параметров модели, $\mathbf{n}_x(t)$ – вектор формирующих шумов: $M[\mathbf{n}_x] = [0]$, $M[\mathbf{n}_x(t)\mathbf{n}_x^T(t + \tau)] = \mathbf{V}_x\delta(\tau)$, \mathbf{V}_x – матрица спектральных плотностей формирующего шума.

Полагаем, что уравнение наблюдения имеет вид

$$\mathbf{Z}(t) = \mathbf{S}(t, \mathbf{X}) + \boldsymbol{\xi}(t), \quad (2)$$

где $\mathbf{S}(t, \mathbf{X})$ – известная векторная функция, $\boldsymbol{\xi}$ – вектор шумов наблюдения с характеристиками: $M[\boldsymbol{\xi}(t)] = [0]$, $M[\boldsymbol{\xi}(t)\boldsymbol{\xi}^T(t + \tau)] = \mathbf{V}_Z\delta(\tau)$, \mathbf{V}_Z – матрица спектральных плотностей шума наблюдения.

Алгоритм непрерывного оценивания при гауссовском приближении первого порядка с учетом (1) и (2) имеет вид [13]:

$$d\hat{\mathbf{X}}/dt = \mathbf{F}(t, \boldsymbol{\alpha})\hat{\mathbf{X}} + \mathbf{K}\mathbf{D}[\mathbf{S}(t, \hat{\mathbf{X}})]\mathbf{V}_Z^{-1}[\mathbf{Z}(t) - \mathbf{S}(t, \hat{\mathbf{X}})], \quad (3)$$

$$d\mathbf{K}/dt = \mathbf{F}(t, \boldsymbol{\alpha})\mathbf{K} + \mathbf{K}\mathbf{F}^T(t, \boldsymbol{\alpha}) + \mathbf{G}(t)\mathbf{V}_x\mathbf{G}^T(t) + \mathbf{K}\mathbf{D}^T\left\{\mathbf{D}[\mathbf{S}(t, \hat{\mathbf{X}})]\mathbf{V}_Z^{-1}[\mathbf{Z}(t) - \mathbf{S}(t, \hat{\mathbf{X}})]\right\}\mathbf{K}, \quad (4)$$

где $\mathbf{D}[\mathbf{F}(t, \mathbf{X})] = [\partial f_i / \partial x_j, i, j = \overline{1, N}]^T$.

Перепишем систему (3), (4) в виде

$$d\mathbf{Y}/dt = \mathbf{B}(t, \mathbf{Y}) + \mathbf{C}(t, \mathbf{Y}, \mathbf{Z} - \mathbf{S}), \quad \mathbf{Y}(t_0) = \mathbf{Y}_0, \quad (5)$$

где $\mathbf{Y}(t) = [\mathbf{Y}_1^T, \mathbf{Y}_2^T]^T = [y_i(t), i = \overline{1, N(1+N)}]^T$, $\mathbf{Y}_1 = \mathbf{X}(t)$, $\mathbf{Y}_2 = [\mathbf{K}_i, i = \overline{1, N}]^T$, $\mathbf{K}_i = [k_{ij}, j = \overline{1, N}]$, $\mathbf{B}(t, \mathbf{Y}) = [b_i(t, \mathbf{Y}), i = \overline{1, N(1+N)}]^T$, $\mathbf{C}(t, \mathbf{Y}, \mathbf{Z} - \mathbf{S}) = [c_i(t), i = \overline{1, N(1+N)}]^T$.

Известно [1, 12], что жесткость неоднородной СДУ вида (5) может быть исследована на основе анализа решения усеченной системы

$$d\bar{\mathbf{Y}}/dt = \mathbf{B}(t, \bar{\mathbf{Y}}), \quad \bar{\mathbf{Y}}(t_0) = \bar{\mathbf{Y}}_0 = \mathbf{Y}_0, \quad \bar{\mathbf{Y}}(t) = [\bar{y}_i(t), i = \overline{1, N(1+N)}]^T. \quad (6)$$

Для оценки жесткости системы (6) необходимо использовать соответствующие критерии. В настоящее время известно несколько критериев определения жесткости СДУ [9, 10], выберем следующие два, наиболее часто используемых на практике.

Критерий 1 [12]. Система вида (6) называется жесткой, если спектр матрицы $\mathbf{D}[\mathbf{B}(t, \bar{\mathbf{Y}})]$ достаточно четко делится на две части (полагаем $N = K_\lambda + M_\lambda$) – жесткий спектр и мягкий спектр, для собственных чисел которых соответственно выполняются условия

$$\begin{cases} Re\lambda_k^* \leq -L, \quad |Im\lambda_k^*| < |Re\lambda_k^*|, \quad k = \overline{1, K_\lambda}, \\ |\tilde{\lambda}_m| \leq l \ll L, \quad m = \overline{1, M_\lambda}. \end{cases} \quad (7)$$

Отношение $\Lambda_S = L/l$ называют показателем жесткости системы.

Критерий 2 [12]. Система вида (6) считается жесткой, если выполняется условие:

$$\begin{cases} |\lambda_i| e^{Re\lambda_i \tau_{ps}} \leq L_{ps}/N_{ps}, \quad Re\lambda_i < 0, \quad i = \overline{1, N(1+N)}, \\ |\lambda_i| \leq L_{ps}/N_{ps}, \quad Re\lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N(1+N)}, \end{cases} \quad (8)$$

где λ_i – собственные числа матрицы $\mathbf{D}[\mathbf{B}(t, \bar{\mathbf{Y}})]$, $L_{ps} = \max_i |\lambda_i|$, $N_{ps} \gg 1$, $\tau_{ps} \ll T$, $Re\lambda_i$ – вещественная часть числа λ_i , $t \in [t_0, t_0 + T]$.

Следует отметить, что большое многообразие критериев жесткости обусловлено, как правило, нечеткостью задания используемых в них показателей. Так, например, условия $|\tilde{\lambda}_m| \leq l \ll L$, $N_{ps} \gg 1$, $\tau_{ps} \ll T$, входящие в критерии (7) и (8), соответственно, являются нечеткими и могут интерпретироваться по-разному.

Рассмотренное выше понятие жесткости является, как правило, причиной нарушения вычислительной устойчивости численных методов, привлекаемых для интегрирования СДУ (3), (4).

Требуется разработать ОСЭС, обеспечивающую автоматизированную оценку жесткости СДУ и автоматизированный выбор алгоритма обработки данных, обеспечивающего гарантированное качество фильтрации.

Разработка перативно советующей экспертной системы. Итак, будем полагать, что математическое обеспечение ИИС содержит несколько различных алгоритмов обработки измерительной информации. Выбор того или иного алгоритма обусловлен текущим видом модели (1). Изменение вида модели может, например, характеризоваться изменением параметра $\mathbf{a} = [\alpha_i, i = \overline{1, N_1}]^T$, то есть имеется параметрическое изменение модели. Для сохранения заданной эффективности функционирования ИИС должна адаптировать своё математическое обеспечение под конкретную ситуацию, то есть обладать некоторым уровнем искусственного интеллекта. С этой целью предлагается в состав ИИС ввести ОСЭС [7]. Будем считать, что процесс функционирования ИИС можно представить в виде кортежа некоторых проблемных ситуаций (ПрС). Любая ПрС описывается ситуационным вектором $\mathbf{sv} = [sv_k, k = \overline{1, K}]^T$, каждая координата которого sv_k является лингвистической переменной с заданным множеством термов $\{SV_k^l, l = \overline{1, m_{Lk}}\}$. Полагаем, что для некоторых конкретных реализаций ситуационного вектора sv^* имеются прецеденты успешного решения текущей ПрС $\mathbf{PV} = \{pv_m, m = \overline{1, m_{PV}}\}$. Пусть некоторая ПрС, возникающая при динамической фильтрации измерений в ИИС, описывается ситуационным вектором $\mathbf{sv} = [sv_k, k = \overline{1, 3}]^T$ с элементами: sv_1 – показатель жесткости, конкретные четкие значения которого N_{ps} определяются из условия (8); sv_2 – показатель жесткости, конкретные четкие значения которого $\Lambda_S = L/l$ определяются из условия (7); sv_3 – показатель вычислительной эффективности, конкретные четкие значения которого $R_G = W_G/W_{NG}$ определяются с использованием выражений, приведенных в разделе 4.

Пусть указанные переменные описываются, соответственно, следующими терм-множествами:

$$\begin{aligned}
SV_1 = SV_{NPS} &= \{ \text{"очень низкий}(OH(N_{PS}))", \text{"низкий}(H(N_{PS}))", \text{"средний}(CP(N_{PS}))", \\
&\quad \text{"высокий}(B(N_{PS}))" \} = \{ SV_1^l, l = \overline{1,4} \}; \\
SV_2 = SV_{\Lambda_S} &= \{ \text{"очень низкий}(OH(\Lambda_S))", \text{"низкий}(H(\Lambda_S))", \text{"средний}(CP(\Lambda_S))", \\
&\quad \text{"высокий}(B(\Lambda_S))" \} = \{ SV_2^l, l = \overline{1,4} \}; \\
SV_3 = SV_{RG} &= \{ \text{"очень низкий}(OH(R_G))", \text{"низкий}(H(R_G))", \text{"средний}(CP(R_G))", \\
&\quad \text{"высокий}(B(R_G))" \} = \{ SV_3^l, l = \overline{1,4} \}.
\end{aligned}$$

Полагаем, что лингвистические переменные sv_k , $k = \overline{1,3}$ заданы на универсуме $E = [0, \infty[$, а термы описываются функциями принадлежности $\mu_{sv_k} \in \{ \mu_{sv_k^l}, l = \overline{1, m_{Lk}} \}$, $k = \overline{1, K}$, представленными на рисунках 1 и 2. При этом термы SV_2^l , $l = \overline{1,4}$ задаются аналогично термам SV_1^l , $l = \overline{1,4}$.

Пусть для данного класса ПрС известны следующие прецеденты: pv_1 – СДУ «сильно» жесткая, рекомендуется использовать разработанный нежесткий алгоритм динамической фильтрации вида [4]; pv_2 – СДУ «средне» жесткая, допускается использовать алгоритм фильтрации (3), (4); pv_3 – СДУ нежесткая, рекомендуется использовать классический алгоритм динамической фильтрации вида (3), (4); pv_4 – СДУ «слабо» жесткая, рекомендуется использовать алгоритм (3), (4).

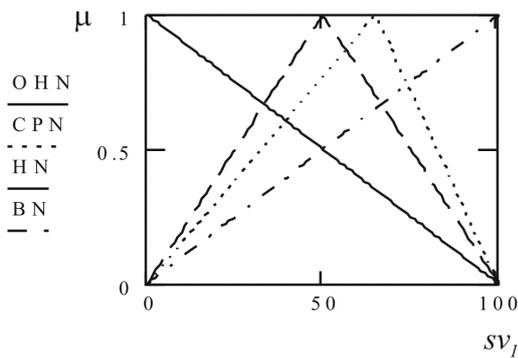


Рисунок 1 – Функции принадлежности термножества SV_1

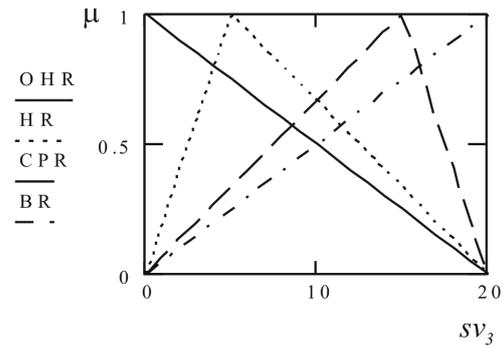


Рисунок 2 – Функции принадлежности термножества SV_3

С учетом введенных ранее ситуационного вектора и известных прецедентов, система правил, описывающих механизм решения текущей ПрС, будет иметь вид, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Система правил для выбора прецедента в ОСЭС

Номер правила R^{min}	Элементы ситуационного вектора $sv = [sv_k, k = \overline{1,3}]^T$			Имеющийся прецедент решения ПрС
	sv_1	sv_2	sv_3	
1,1	$CP(N_{PS})$	$CP(\Lambda_S)$	$B(R_G)$	pv_1
1,2	$CP(N_{PS})$	$B(\Lambda_S)$	$B(R_G)$	pv_1
1,3	$B(N_{PS})$	$CP(\Lambda_S)$	$B(R_G)$	pv_1
1,4	$B(N_{PS})$	$OH(\Lambda_S)$	$CP(R_G)$	pv_1
2,1	$B(N_{PS})$	$B(\Lambda_S)$	$CP(R_G)$	pv_2
2,2	$H(N_{PS})$	$H(\Lambda_S)$	$CP(R_G)$	pv_2
2,3	$CP(N_{PS})$	$CP(\Lambda_S)$	$CP(R_G)$	pv_2
3,1	$OH(N_{PS})$	$OH(\Lambda_S)$	$OH(R_G)$	pv_3
4,1	$H(N_{PS})$	$H(\Lambda_S)$	$OH(R_G)$	pv_4

Здесь каждая строка соответствует продукционному правилу нечеткого логического вывода, которое, например, для строки с номером $R^{mr_m} = 1,1$, $m = \overline{1, m_{PV}}$, $r_m = \overline{1, N_m}$ (данная запись читается, как первое правило ($r_m = 1$)), соответствующее прецеденту номер один ($m = 1$)) имеет вид:

$R^{mr_m} = 1,1$: если (sv_1 это $CP(N_{PS})$ и sv_2 это $CP(\Lambda_S)$ и sv_3 это $B(R_G)$), то (pv_1).

Используя правило Мамдани-Заде выражение для расчета функции принадлежности прецедента pv_m будет иметь вид:

$$\mu_{pv_m}(sv_1, sv_2, \dots, sv_K) = \max_{r_m} \min_k \mu_{SV_k}(mr_m)(sv_k), \quad (9)$$

где $\mu_{SV_k}(mr_m) \in \{\mu_{SV_k^l}, l = \overline{1, m_{Lk}}\}$ – функция принадлежности лингвистической переменной sv_k , входящая в состав продукционного правила R^{mr_m} .

В этом случае наиболее предпочтительный прецедент для решения наблюдаемой ПрС может быть определен следующим образом:

$$pv_m^* = \arg \max_m \mu_{pv_m}(sv_1, sv_2, \dots, sv_K). \quad (10)$$

Структура ОСЭС, предназначенная для решения жестких задач фильтрации, будет иметь вид, представленный на рисунке 3. Система функционирует следующим образом: конкретные значения элементов ситуационного вектора sv^* , соответствующего наблюдаемой ПрС, поступают в блок фазификации, где преобразуются в нечеткие множества, полученные данные являются входными для блока нечеткого логического вывода, реализующего алгоритм выбора наиболее предпочтительного прецедента $pv^* \in \{pv_1, pv_2, pv_3, pv_4\}$ на основе выражений (9), (10), при этом используется информация из базы знаний, представленная в виде таблицы, и содержащая нечеткие продукционные правила, а также вид и параметры функций принадлежности (рисунки 1 и 2); номер наиболее предпочтительного прецедента, выбранного для решения наблюдаемой ПрС, используется в блоке выбора алгоритма обработки для коммутации полученного массива измерений $\{z(t_i)\}$ на соответствующий вход банка алгоритмов фильтрации.

Таким образом, ОСЭС обеспечивает адаптацию математического обеспечения ИИС к изменению модели информационного процесса (1), которая в зависимости от сложившейся ситуации может описываться как жесткой, так и нежесткой СДУ.

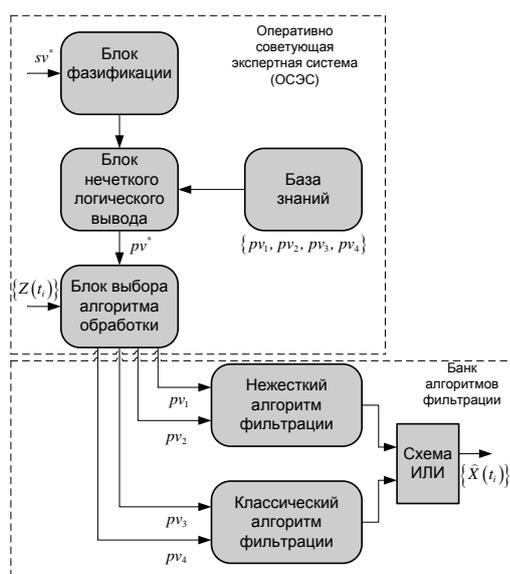


Рисунок 3 – Структура интеллектуальной системы обработки измерений

Заключение. Применение разработанной ОСЭС позволяет автоматизировать процедуру выбора алгоритма обработки измерений, эффективного в конкретной проблемной ситуации, и тем самым обеспечить адаптацию математического обеспечения ИИС к условиям измерений.

Список литературы

1. *Артемов С.С.* Устойчивость в среднем квадратичном численных методов решения стохастических дифференциальных уравнений // Докл. РАН. – 1993. – Т.333. – №4. – С.421–422.
2. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В.* [Алгоритм обработки измерений при кусочно-непрерывной помехе](#) // [Известия Российской академии наук. Теория и системы управления](#). 2007. № 2. С. 57-64.
3. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В.* [Обработка измерений в условиях мультиструктурных помех](#) // [Автометрия](#). 2007. Т. 43. № 5. С. 26-38.
4. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В.* Проблемы жесткости уравнений приближенной нелинейной фильтрации // Автоматика и телемеханика. – 1999. – №1. – С. 35–45.
5. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В., Лансарь А.П.* [Повышение точности динамических измерений с использованием метода конечных разностей](#) // [Измерительная техника](#). 2006. № 4. С. 16-21.
6. *Елисеев А.В.* [Алгоритм линейной фильтрации, устойчивый к сингулярным ошибкам](#) // [Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника](#). 2005. Т. 48. № 10. С. 20-29.
7. *Елисеев А.В.* Идентификация нечеткой модели в задаче синтеза регулятора // Автоматизация и современные технологии. 2005. №11. С. 3–12.
8. *Елисеев А.В.* Оценивание вектора состояния объекта на основе фильтра с нечеткой логикой // Авиакосмическое приборостроение. 2006. №4. С. 30–38.
9. *Елисеев А.В., Калашиников Р.М., Тюрин Д.А.* Алгоритм дискретной фильтрации в условиях динамических помех наблюдения // Автоматизация и современные технологии. 2014. №5. С. 26–34.
10. *Елисеев А.В., Калашиников Р.М., Тюрин Д.А.* Алгоритм обработки измерений и адаптации математического обеспечения информационно-измерительной системы в условиях изменения модели информационного процесса // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. №8. С. 9–17.
11. *Елисеев А.В., Крылов А.А., Остапенко А.В.* Алгоритмы обработки измерений параметров движения маневрирующего объекта в условиях неравноточных измерений // Радиотехника. 2014. №8. С. 29–38.
12. *Ракитский Ю.В., Устинов С.М., Черноуцкий И.Г.* Численные методы решения жестких систем. – М.: Наука, 1979. – 208с.
13. *Тихонов В.И., Кульман Н.К.* Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов /– М.: Сов. радио, 1975. – 704с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСШИРЕННОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Пилипенко Н.В., Бикмухаметов И.В.

НИУ ИТМО, РФ, г. Санкт - Петербург

Аннотация. Решена обратная задача теплопроводности по восстановлению поверхностной плотности переменного во времени теплового потока с использованием комбинированного преобразователя. Разработана дифференциально – разностная модель (ДРМ) процесса теплопереноса в исследуемом объекте, которое представляет собой систему обыкновенных уравнений первого порядка относительно вектора состояния. Установлен вид матриц обратных связей, управления и измерения, входящих в ДРМ. Выполнена априорная параметризация и параметрическая идентификация модели теплопереноса. Параметризация предполагает аппроксимацию искомого теплового потока B – сплайнами первого порядка для каждого кусочно – линейного участка. При параметрической идентификации

проводится минимизация невязки между модельными и экспериментальными значениями параметров с использованием рекуррентного фильтра Калмана. С учетом параметризации и параметрической идентификации восстановлен переменный во времени тепловой поток на границе тела. Приведены результаты восстановления нестационарного теплового потока на основе расширенного фильтра Калмана.

Ключевые слова: неопределенность, тепловой поток, теплопроводность, дифференциально – разностная модель, расширенный фильтр Калмана.

Введение. Для восстановления поверхностной плотности нестационарного теплового потока $q(\tau)$ по результатам измерения температуры $t(\tau)$ объекта исследования в настоящее время широко используются решения обратных задач теплопроводности (ОЗТ) [1,5,6]. Поскольку ОЗТ является некорректно поставленной задачей математической физики, то для получения устойчивого решения часто выбирают метод, связанный с составлением дифференциально – разностной модели теплопереноса (ДРМ), параметризацией задачи, параметрической идентификации с использованием рекуррентного цифрового фильтра Калмана (ФК). В литературе [5,6] показано успешное применение ФК для различных ОЗТ.

1 Метод восстановления нестационарного потока с использованием ФК параметрам [4,5]. Для понимания особенностей расширенного ФК кратко остановимся на методе восстановления $q(\tau)$ с использованием ФК по параметрам [4]. В основе метода лежит параметризация ОЗТ с последующей параметрической идентификацией дифференциально – разностной модели (ДРМ) теплопереноса в объекте исследования, представляющую собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно вектора температурного состояния $\mathbf{T}(\tau) = [t_i(\tau)]_{i=1}^n$. В общем случае ДРМ имеет вид [6]:

$$\frac{d}{d\tau}\mathbf{T}(\tau) = F\mathbf{T}(\tau) + G\mathbf{U}(\tau), \quad (1)$$

где F и G — матрицы обратных связей и управления; $\mathbf{U}(\tau)$ – вектор управления. Матрицы обратных связей и управления зависят от температуры и уравнение (1) является нелинейным.

Измерению в объекте подлежат либо температуры в отдельных точках, либо их разности, либо среднеобъемные температуры, что отражено в матрице измерений H – универсальной модели измерений $\mathbf{Y}_k = H\mathbf{T}_k + \boldsymbol{\varepsilon}_k$, где \mathbf{Y}_k – вектор измерений, $\boldsymbol{\varepsilon}_k$ – вектор случайных погрешностей.

Для определения искомым параметров решается ОЗТ. При этом принимается допущение о том, что известен характер изменения $q(\tau)$, который позволяет с требуемой точностью выполнить кусочно – линейную аппроксимацию на всем интервале его изменения $\overline{0, \tau_N}$:

$$q(\tau) = \sum_{j=1}^r q_j \varphi_j(\tau), \quad (2)$$

где $\varphi_j(\tau)$ – система базисных функций, q_j – априори неизвестные коэффициенты, которые объединяются в вектор искомым параметров $\mathbf{Q} = [q_1 \ \dots \ q_r]^T$ (T – знак транспонирования). В качестве базисной функции используются В – сплайны 1-го порядка [6]. Такую аппроксимацию $q(\tau)$ называют параметризацией ОЗТ. Тогда задача восстановления $q(\tau)$ сводится к параметрической идентификации ДРМ теплопереноса в объекте – последовательному получению оптимальных оценок $\hat{\mathbf{Q}}_{z,l}$ вектора искомым параметров \mathbf{Q}_z .

Оптимальные оценки $\hat{\mathbf{Q}}_{z,l}$ вектора искомым параметров \mathbf{Q}_z получаются путём минимизации по \mathbf{Q}_z квадратичной функции невязки [1,4]:

$$\Phi(\mathbf{Q}_z) = \sum_{k=1}^l (\mathbf{Y}_k - \hat{\mathbf{Y}}_k(\mathbf{Q}_z))^T \cdot R^{-1} \cdot (\mathbf{Y}_k - \hat{\mathbf{Y}}_k(\mathbf{Q}_z)), \quad (3)$$

где $\hat{\mathbf{Y}}_k(\mathbf{Q}_z)$ – аналог вектора измерений \mathbf{Y}_k , рассчитываемый по ДРМ теплопереноса для различных значений искомым параметров \mathbf{Q}_z , который называется модельным вектором измерений; R – ковариационная матрица вектора случайных погрешностей $\boldsymbol{\varepsilon}_k$ в измерениях температур.

Для получения оптимальных оценок \mathbf{Q}_{k+1} вектора \mathbf{Q} в $(k+1)$ -й момент времени используется ФК по искомым параметрам [2,3]:

$$\begin{aligned}\mathbf{Q}_{k+1} &= \hat{\mathbf{Q}}_k + K_{k+1}[\mathbf{Y}_{k+1} - \hat{\mathbf{Y}}_{k+1}(\hat{\mathbf{Q}}_k)], \\ K_{k+1} &= P_k H_k^T (H_k P_k H_k^T + R)^{-1}, \\ P_{k+1} &= P_k - K_{k+1} H_k P_k,\end{aligned}\quad (4)$$

где P_k, P_{k+1} – ковариационные матрицы ошибок оценок параметров для моментов времени $\tau_k = k \cdot \Delta\tau$ и $\tau_{k+1} = (k+1)\Delta\tau$; H_k – матрица коэффициентов чувствительности измеряемой температуры к изменению искомым параметров в момент времени τ_{k+1} ; K_k – весовая матрица.

Достоинством указанного ФК по параметрам является небольшая размерность вектора оцениваемых параметров. Однако, значительный объем вычислений матрицы функций чувствительности H_{k+1} на каждом шаге вычислений, а также, необходимость задания начального распределения температуры T_0 в преобразователь теплового потока (ПТП) с высокой точностью снижает возможности его использования.

В связи с этим, в данной работе предложено для получения оптимальных оценок \mathbf{Q} на каждом участке сплайн – аппроксимации $q(\tau)$ использовать алгоритм **расширенного ФК**, который позволяет устранить первый недостаток и существенно смягчить требования к заданию T_0 .

2 Расширенный фильтр Калмана (РФК). Расширенный фильтр Калмана основан на введении расширенного вектора состояния R , включающего как температуры, так и тепловые потоки:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{T} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix} = |t_1 \ t_2 \ \dots \ t_n \ q_a \ q_b|^T, \quad (5)$$

где \mathbf{T} – вектор состояния, входящий в ФК по параметрам [5]; T – знак транспонирования.

Расширенная ДРМ для исходной линейной ДРМ остается линейной и имеет следующий вид:

$$\frac{d}{d\tau} \mathbf{R} = F_R(\tau) \mathbf{R}(\tau) + G_R(\tau) \mathbf{U}(\tau), \quad (6)$$

где

$$F_R(\tau) = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{c|cc} & & 2dSp_0^{(1)} & 2dSp_1^{(1)} \\ & F & 0 & 0 \\ & (n \times n) & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right|, \end{array} \quad (7)$$

$$G_R = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccccc} 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 2d & 0 & 0 \end{array} \right|^T, \end{array} \quad (8)$$

где $F_R(\tau)$ и G_R – матрица обратных связей и управления расширенного ФК.

Приведенный выше вид матрицы управления G_R относится к случаю, когда в векторе управления $\mathbf{U}(\tau) = |q_1(\tau) \ q_2(\tau)|^T$ искомым тепловой поток $q_1(\tau)$ внесен в матрицу обратных связей $F_R(\tau)$ и подлежит восстановлению, а тепловой поток $q_2(\tau)$ на тыльной стороне ПТП предполагается известным.

Очевидно, что $(m \times 1)$ - вектор измерений $Y(\tau)$ остается без изменений, а уравнение измерений преобразуется к виду [5]:

$$Y(\tau) = H_R R(\tau) + \varepsilon(\tau), \quad (9)$$

где матрица H_R измерений расширенной системы.

Принципиальной особенностью ДРМ (6) является её нестационарность – зависимость матрицы обратных связей $F_R(\tau)$ от времени τ . В теории пространства состояний нестационарность линейных объектов является общим случаем и учитывается путем расчета на каждом временном шаге переходной матрицы $\Phi_{k+1,k}$.

Для приведенной выше расширенной ДРМ задача восстановления входящего в ПТП теплового потока $q(\tau)$ выглядит следующим образом: на участке сплайн – аппроксимации $q_1(\tau)$ для расширенных моделей теплопереноса (6) и уравнения измерений (9), имея на каждом « k »-ом шаге значение вектора измерений Y_k , последовательно от « k »-ого момента времени к $(k+1)$ необходимо получить оптимальные оценки, \hat{R}_{k+1} вектора $R(k = 1, 2, \dots, l)$. Оценки \hat{R}_{k+1} включают оценки \hat{T}_{k+1} вектора состояния ПТП R и оценки \hat{Q}_{k+1} локального вектора искомых параметров Q .

3 Результаты экспериментальных исследований. При экспериментальных исследованиях использовался высокотемпературный преобразователь теплового потока (ВПТП), схема которого показана на рисунке 1.

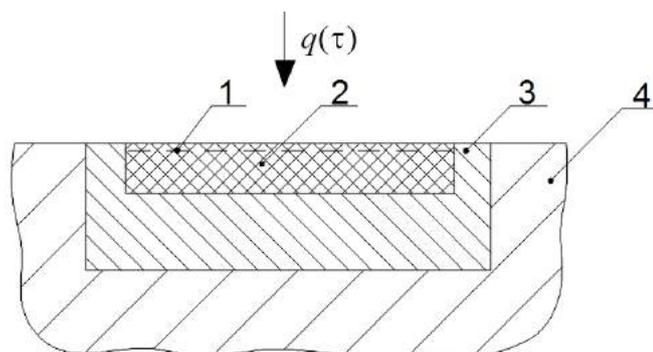


Рисунок 1 Схема высокотемпературного ПТП

1 – платиновый термометр сопротивления; 2 – корундовая пластина;
3 – корпус; 4 – объект исследования.

Как видно из рисунка 1, в корпусе 3 установлена корундовая пластина 2 с пленочным термометром сопротивления на поверхности. Нанесенный платинокерамической пастой рисунок вжигался в пластину, чем обеспечивалась высокая механическая прочность и чувствительность. При экспериментальных исследованиях измерялась температура поверхности ВПТП $t_1(\tau)$ при известных граничных условиях на тыльной поверхности пластины. Предполагалось одномерное поле температур в ВПТП и известные теплофизические характеристики (ТФХ). В опыте восстанавливалась поверхностная плотность теплового потока $q(\tau)$. На рисунке 2 показаны результаты одного из модельных опытов.

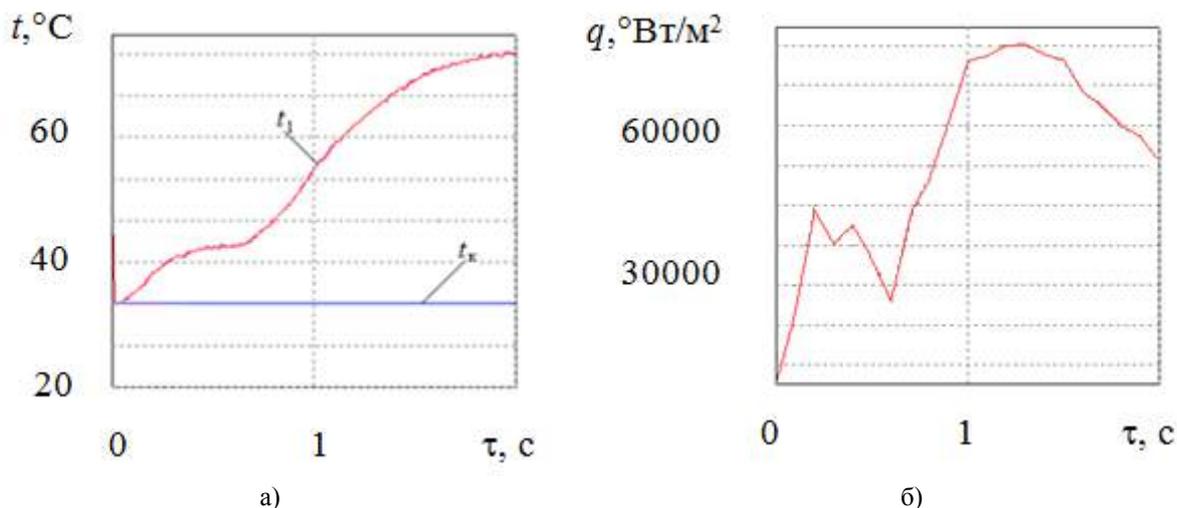


Рисунок 2 Измеренная температура а) и восстановленный б) тепловой поток

Нами были восстановлены тепловые потоки с помощью ВПП в различных технологических процессах, а именно: при сжигании низкосортного топлива, обжиге и сушке дисперсного материала в печах, использующих технику псевдооживления; восстановлены тепловые потоки в аэродинамических ударных трубах и т.д., т.е. в тех условиях, при которых ТФХ материалов зависели от температуры [3].

Заключение. Для восстановления нестационарного теплового потока с помощью ПТП, в котором ТФХ зависят от температуры предложен метод, базирующийся на применении расширенного фильтра Калмана. Приведена структура матриц обратных связей, управления и измерения, позволяющие использовать дифференциально – разностные модели теплопереноса в объектах исследования и устанавливать условия теплообмена на границе исследуемых тел. Приведены результаты экспериментальных исследований, которые подтвердили целесообразность использования расширенного фильтра Калмана.

Список литературы

1. Пилипенко Н. В., Кириллов К. В. Алгоритмы программ для решения прямых и обратных задач теплопроводности при использовании дифференциально – разностных моделей // Научно-Технический вестник Университета ИТМО. 2010. Выпуск 5(69). С. 106÷109.
2. Пилипенко Н. В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплотометрии. Ч. 2 // Изв. вузов. Приборостроение, 2003. № 10. Т.46. С. 67–71.
3. Пилипенко Н.В. Методы и приборы для измерения тепловых величин в энергоемких технологических процессах. Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 65 с.
4. Kalman R. E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction // Transaction ASME Journal of Basic Engineering – 1960 – N 86 – pp. 35–45.
5. Pilipenko N. Parametrical Identification of Differential-difference Heat Transfer Models in Non-stationary Thermal Measurements // Heat Transfer Research, 2008. Vol. 39. №. 4. pp. 311–315.
6. Pilipenko N.V. The systematic errors in determining the non-stationary heat – exchange conditions with parametric identification // Measurement Techniques. 2007. V. 50. N 8. P. 880 – 887.

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ТИРИСТОРНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ И С ДВОЙНЫМ ПИТАНИЕМ

Белоусов А.С., Пожидаев А.А., Евсеев А.М.

ЛГТУ, РФ, г. Липецк

В предыдущих работах авторов рассматривалась возможность создания электропривода постоянного тока, в котором двигатель находится в звене постоянного тока преобразователя частоты между неуправляемым выпрямителем и управляемым инвертором. Угол открытия тиристорных инвертора меняется от 165° до 15° , таким образом он в разное время работает и как инвертор, и как выпрямитель. Можно сказать, что к двигателю подается двойное питание.

В результате создания такого устройства предполагается повышение энергоэффективности за счет возможности отдачи энергии обратно в сеть, а также повышения синусоидальности тока сети по сравнению с питанием двигателя от обычного тиристорного преобразователя. Схема подключения двигателя постоянного тока показана на рисунке 1.

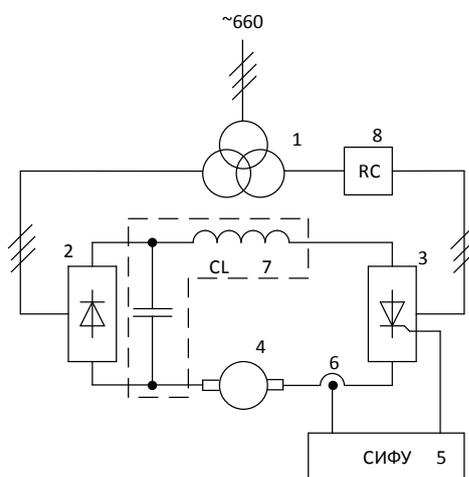


Рисунок 1 – Схема подключения двигателя постоянного тока к трехфазной сети через преобразователь частоты

Устройство работает следующим образом. Повышенное питающее напряжение через трансформатор 1 поступает на диодный выпрямитель 2 и на инвертор 3, угол открытия которого в начальный момент времени задан 165° . На выходе выпрямителя получаем постоянное напряжение и ток, который подается на двигатель постоянного тока 4. Система управления 5 изменяет угол открытия инвертора от 165° до 15° , при этом в начале двигатель только потребляет энергию, а затем частично отдает ее обратно в сеть через инвертор. Регулятор угла открытия имеет обратную связь от датчика тока 6 в звене постоянного тока, что исключает необходимость использования датчика скорости. Для сглаживания пульсаций присутствует RC- и LC-фильтры (7, 8). К двигателю в этом случае подается напряжение, изменяющееся во времени и равное разнице векторов напряжения выпрямителя и инвертора:

$$\overline{\Delta U} = \overline{U}_g - \overline{U}_u.$$

На рисунке 2 показана модель разработанного электропривода в Matlab Simulink. В данной модели угол управления инвертором задается ступенчато, изменяясь на 15° за 1 с.

Тезис о повышении синусоидальности формы тока в разработанной системе электропривода доказывается рисунком 5, где показаны характеристики напряжения и тока в сети повышенного напряжения 660 В.

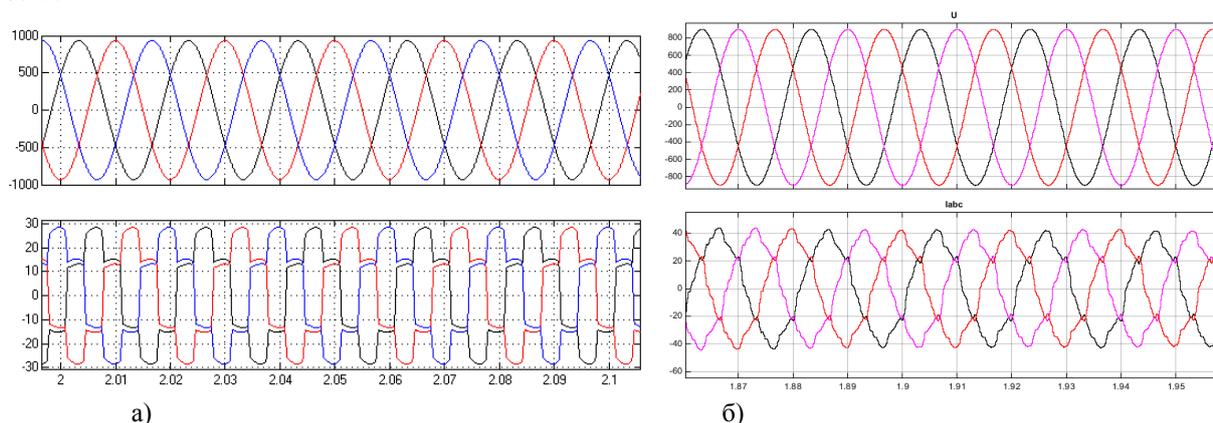


Рисунок 5 – Пусковые характеристики двигателя:
а) в системе ТП-ДПТ; б) в разработанной системе

На рисунке 6 показаны характеристики напряжения и тока в сети 380 В после понижающего трансформатора.

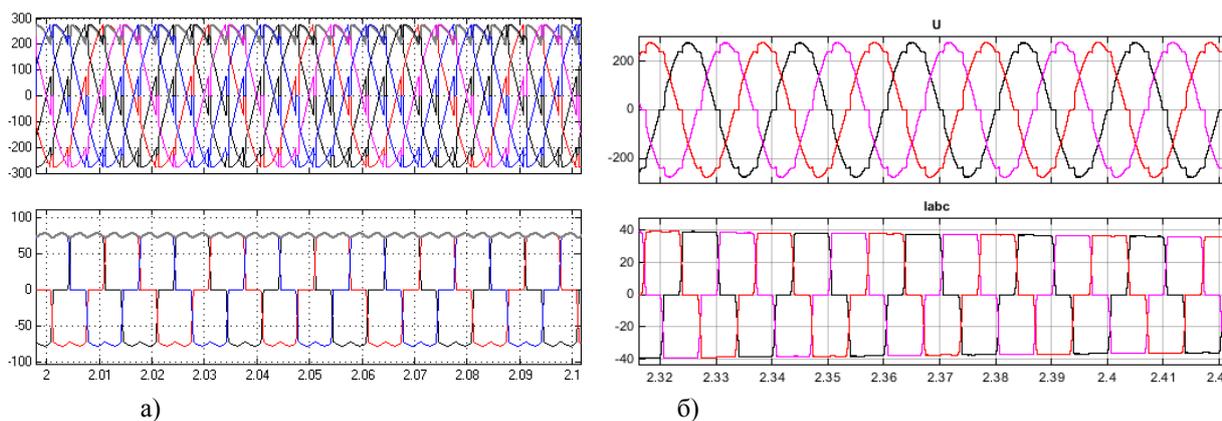


Рисунок 6 – Пусковые характеристики двигателя:
а) в системе ТП-ДПТ; б) в разработанной системе

Анализируя график тока можно заметить снижение его значения в звене постоянного тока на 50%, при этом видно, что график тока системы с ТП имеет пульсирующий характер, что может говорить о наличии у двигателя в данной системе зоны прерывистых токов, в которой его работа недопустима. Так, исследования модели показали неустойчивость работы при угле управления, меньшем 15° . Разработанная система таких недостатков не имеет, и электропривод может работать при углах управления, близким к 180° и 0° .

Подводя итоги, можно сделать общий вывод об улучшении работы электропривода постоянного тока с двойным питанием по сравнению с аналогичным двигателем, питающемся от тиристорного преобразователя. Изменения существенно коснулись формы тока в сети, улучшился ее гармонический состав. При этом значения тока, подаваемого на статор двигателя, уменьшилось, а двигатель стал способен разгоняться до скорости, в два раза большей исходной. Еще одним достоинством новой системы можно считать отсутствие у двигателя зоны прерывистых токов.

Список литературы

1. Терехов В.М. Системы управления электроприводов [Текст]: учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – Саратов: Саратовский полиграфический комбинат, 2005. – 301 с.
2. RU 2472283 С1. Магнитно-вентильный преобразователь для электропривода постоянного

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗОВОЙ МАШИНЫ НА МНОГОКОНТУРНУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Бобров М.А.

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

Аннотация: в статье представлены результаты исследований системы векторного управления электроприводом на базе асинхронизированного вентильного двигателя, синтезированной по методу подчиненного регулирования. Определены передаточные функции контуров регулирования переменными системы электропривода и их зависимость от параметров базовой электрической машины.

Ключевые слова: асинхронизированный вентильный двигатель, контур управления, система управления с принципом подчиненного регулирования, бездатчиковое управление, параметры базовой машины.

В настоящее время актуальность повышения энергоэффективности систем регулируемых электроприводов (РЭП) становится всё более значимой для решения вопросов ресурсосбережения. Современные технологические процессы в большинстве случаев содержат регулируемые электроприводы. Исследованию систем энергоэффективного РЭП переменного тока посвящено большое количество работ [1][2][3][4][5][7]. В ряде случаев наиболее широкое применение находят асинхронные и синхронные машины [10][11], однако в ряде технологических процессов хорошо зарекомендовали себя системы РЭП на базе асинхронного двигателя с фазным ротором (АДФР), включенного по схеме двойного питания. Вариантом такой управляемой электрической машины является асинхронизированный вентильный двигатель (АВД) с двумя силовыми преобразователями частоты в цепях статора и ротора [6][8][9].

В последнее время с развитием микроконтроллерных систем управления РЭП наиболее широкое применение находят бездатчиковые системы векторного управления. Алгоритмы вычисления магнитного потока в системе управления ЭП на базе АВД содержат параметры базовой машины. Для обеспечения требуемого качества регулирования необходимо проанализировать зависимость контуров управления переменными ЭП от параметров базовой машины и оценить степень влияния их изменения на точность вычисления магнитного потока. Синтез системы управления ЭП на базе АВД по методу подчиненного регулирования подробно показан в [6]. Проведем анализ структурной схемы системы управления РЭП на базе АВД с многоконтурным управлением и определим передаточные функции каждого из контуров управления. Рассмотрим контур управления в цепи статора, состоящий из трех контуров управления: контура тока, момента и скорости.

Передаточная функция разомкнутого контура регулирования тока вычисляется следующим образом:

$$W_{PT}(p)W_{KT}(p) = \left(k_{PT} + \frac{k_{PT}}{T_{PT}p} \right) \left(\frac{1}{K_{us}^*} \right) \left(\frac{k_n}{T_n p + 1} \right) \left(\frac{1/R_{s\text{экв}}}{T_{ls\text{экв}} p + 1} \right),$$

$$\text{где } k_{PT} = \frac{T_{ls\text{экв}} R_{s\text{экв}} K_{us}^*}{2 T_{\mu T} k_n k_{om}}, \quad T_{PT} = \frac{T_{ls\text{экв}}}{k_{PT}}.$$

Разомкнутый контур момента:

$$W_{PM}(p)W_{KM}(p) = \left(\frac{1}{T_{PM}p} \right) \left(\frac{1/k_{om}}{2T_{\mu T} p + 1} \right) \frac{3}{2} p_n,$$

$$\text{где } T_{PM} = \frac{6 k_{om} p_n T_{\mu T}}{k_{om}}.$$

Разомкнутый контур скорости:

$$W_{PC}(p)W_{KC}(p) = \left(\frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)}{T_{PC}p} \right) \left(\frac{1/k_{om}}{4T_{\mu T}p + 1} \right) \left(\frac{1}{Jp} \right),$$

$$\text{где } k_{PC} = \frac{k_{om} J}{8k_{oc} T_{\mu T}}, \quad T_{PC} = 16T_{\mu T}.$$

Передаточная функция замкнутого контура тока с достаточной степенью точности (ввиду малости некомпенсируемой постоянной времени $T_{\mu T}$) аппроксимируется выражением:

$$W_{PT}(p) = \frac{1/k_{om}}{2T_{\mu T}p(T_{\mu T}p + 1) + 1} \approx \frac{1/k_{om}}{2T_{\mu T}p + 1}. \quad (1)$$

В свою очередь передаточная функция контура регулирования момента также, ввиду малости $T_{\mu M}$, аппроксимируется выражением (1), а некомпенсируемая постоянная времени равна:

$$T_{\mu C} = 2T_{\mu M} = 4T_{\mu T}.$$

Рассмотрим теперь замкнутый контур скорости (контур статора целиком):

$$W_C(p) = \frac{\left(\frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)}{T_{PC}p} \right) \left(\frac{1/k_{om}}{4T_{\mu T}p + 1} \right) \left(\frac{1}{Jp} \right)}{1 + \left(\frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)}{T_{PC}p} \right) \left(\frac{1/k_{om}}{4T_{\mu T}p + 1} \right) \left(\frac{1}{Jp} \right) k_{oc}}.$$

Раскрываем скобки:

$$W_C(p) = \frac{\frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)1/k_{om}}{T_{PC}p(4T_{\mu T}p + 1)Jp}}{1 + \frac{k_{PC}k_{oc}(T_{PC}p + 1)1/k_{om}}{T_{PC}p(4T_{\mu T}p + 1)Jp}},$$

и приводим к общему знаменателю

$$W_C(p) = \frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)1/k_{om}}{T_{PC}p(4T_{\mu T}p + 1)Jp + k_{PC}k_{oc}(T_{PC}p + 1)1/k_{om}}.$$

В результате замкнутый контур статора равен:

$$W_C(p) = \frac{k_{PC}(T_{PC}p + 1)1/k_{om}}{4JT_{PC}T_{\mu T}p^3 + JT_{PC}p^2 + \frac{k_{PC}k_{oc}T_{PC}}{k_{om}}p + \frac{k_{PC}k_{oc}}{k_{om}}}.$$

Для определения области устойчивости необходимо получить характеристическое уравнение данной передаточной функции.

Учитывая, что

$$T_{\mu T} = T_n, \quad k_{PC} = \frac{k_{om} J}{8k_{oc} T_n} \quad \text{и} \quad T_{PC} = 16T_n.$$

получим характеристическое уравнение контура статора:

$$H_C = 4JT_{PC}T_{\mu T}p^3 + JT_{PC}p^2 + \frac{k_{PC}k_{oc}T_{PC}}{k_{om}}p + \frac{k_{PC}k_{oc}}{k_{om}} = 64JT_n^2p^3 + 16JT_n p^2 + 2Jp + \frac{J}{8T_n}.$$

Данное характеристическое уравнение замкнутого контура управления в цепи статора не зависит от параметров базовой машины. Т. о. можно сделать вывод о том, что для анализа влияния изменения параметров базовой электрической машины на качество регулирования и точность вычисления магнитного потока наблюдателем в ЭП на базе АД достаточно рассматривать передаточные функции и характеристическое уравнение контура потока.

Исследование выполнено за счёт средств гранта Российского научного фонда (проект №15-19-20057).

Список литературы

1. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 256 с.
2. Поляков В.Н. Энергоэффективные режимы регулируемых электроприводов переменного тока / В. Н. Поляков, Р. Т. Шрейнер. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, РГППУ, 2012. – 222 с.
3. Гуляев И.В. Влияние частоты возбуждения на энергетические характеристики асинхронизированного вентильного двигателя / И.В. Гуляев, Г.М. Тутаев, И.В. Маняев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – №3-2. – С.81-88.
4. Tutaev G.M. Energy-efficient control options of electric drive based on asynchronous converter-fed motor / G.M. Tutaev, A.V. Volkov, M.A. Bobrov – В сборнике: труды XIII международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения Proceedings: in 12 volumes . 2016. С. 88-93.
5. Виноградов А.Б. Учет потерь в стали, насыщения и поверхностного эффекта при моделировании динамических процессов в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе / А.Б. Виноградов // Электротехника. – 2005.– №5. – С. 57-61.
6. Гуляев И.В. Системы векторного управления электроприводом на основе синхронизированного вентильного двигателя / И.В. Гуляев, Г.М. Тутаев – Саранск, 2010
7. Гуляев И.В. Математическое моделирование асинхронного двигателя с реализацией метода МТРА (Maximum Torque Per Ampere) в надсинхронной области / И.В. Гуляев, И.С. Юшков, А.Н. Архипов, М.А. Бобров – Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 6. С. 124-127.
8. Тутаев Г.М. Исследование энергоэффективных режимов работы электропривода на базе асинхронизированного вентильного двигателя / Г.М. Тутаев, И.С. Юшков, М.А. Бобров – В сборнике: Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2017. С. 68-72.
9. Гуляев И.В. Моделирование электромеханических процессов обобщенной электромеханической системы на основе асинхронизированного вентильного двигателя / И. В. Гуляев, Г.М. Тутаев – Саранск, 2004.
10. Гуляев И.В. Бездатчиковое управление синхронным двигателем с постоянными магнитами/ И.В. Гуляев, М.А. Бобров, И.С. Юшков, А.В. Волков, А.А. Попов – Научно-технический вестник Поволжья. - 2015. № 6. С. 119-122.
11. Гуляев И.В. Сравнительный обзор синхронного двигателя с постоянными магнитами и бесколлекторного двигателя постоянного тока при непосредственном управлении моментом/ И. В. Гуляев, А.В. Волков, А.А. Попов, Е.И. Ионова, М.А. Бобров – В сборнике: Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 145-148.

ФОРСИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ПРИВОДА МОТАЛКИ СТАНА 2000 ПРИ ЗАХВАТЕ ПОЛОСЫ

Пожидаев А.А., Белоусов А.С., Евсеев А.М.

ЛГТУ, РФ, г. Липецк

Металлургические машины относятся к машинам циклического нагружения, которое нередко является ударным, что приводит к возникновению в них больших динамических нагрузок. Динамические нагрузки колебательного характера являются основными нагрузками, определяющими прочность и долговечность элементов конструкции прокатных клетей. Кроме того, применение в качестве привода синхронного двигателя с жесткой механической характеристикой является одной из основных причин интенсивности колебаний как при пуске вхолостую, так и при захвате раската валками.

Устранение данных негативных явлений, которые связаны с механическими колебаниями в главных линиях прокатных клетей стана, возможно на основе рациональной настройки стана, выбора специальных режимов работы оборудования и управления процессом, оптимальных конструктивных параметров элементов клетки и привода.

Этапы технологического процесса моталки стана «2000» представлены ниже, с помощью расчетов и моделирования технологического процесса синхронного привода моталки стана 2000 [1], мы определим критические моменты в работе моталки.

На рисунке 1 вы можете видеть графики зависимости линейной и угловой скорости. На графике хорошо видны основные режимы работы моталки: 1 - Разгон до минимальной скорости 1 м/с и ожидание полосы металла, 2 - Намотка металла на минимальной скорости, 3 - Разгон до номинальной скорости 21 м/с, 4 - Намотка на номинальной скорости, 5 - Торможение до минимальной скорости, 6 - Домотка остатка полосы на минимальной скорости, 7 - Снятие рулона, 8 - Останов.

Стоит отметить, что на протяжении намотки обязательным фактором работы моталки является постоянство момента натяжения, а именно линейной скорости намотки. Для компенсации постоянно увеличивающегося радиуса рулона происходит уменьшение угловой скорости барабана, как мы можем видеть на графиках.

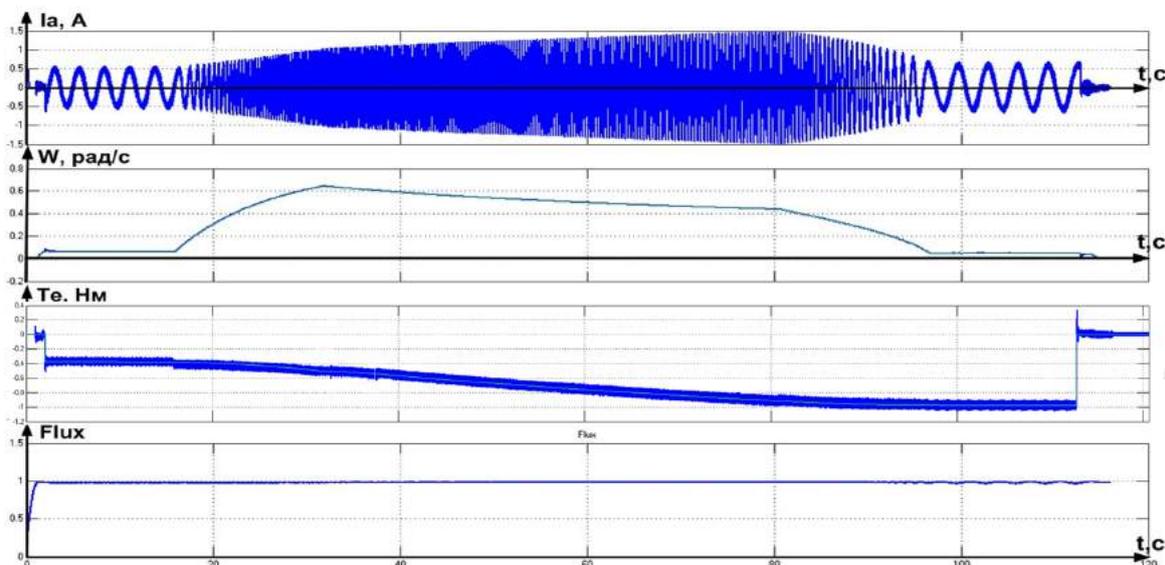


Рисунок 1. График зависимостей основных выходных параметров от времени за весь технологический цикл с идеализированным захватом полосы

В динамических расчетах главных приводных линий прокатных станов используют разные функции изменения момента прокатки при захвате металла валками. Характер технологического нагружения прокатного стана зависит от ряда факторов, в частности, от скорости прокатки, абсолютного обжатия, радиуса валков, формы переднего конца полосы. Для исследования «наихудшего случая» момент прокатки задают ступенчатой функцией типа скачка, но полнее характер нагружения привода черновой клетки отражает экспоненциальная функция, так как нагрузки вследствие эффекта внешних зон после окончания заполнения очага деформации металлом продолжают некоторое время расти.

На основании исследований представленные в работе Мигунова по изучению динамических нагрузок на двигатель моталки, захвата валками полосы металла 250×1640×10400 мм×мм×мм без переднего концевой участка на основании рекомендуемого режима обжатия, который характеризует максимальную нагрузку для оценки динамических нагрузок воспользуемся коэффициентами динамичности k_{d1} , определяемыми отношения максимальных упругих моментов к их среднему значению:

$$k_{d1} = \frac{M_{12max}}{M_{12\bar{n}\delta}}$$

Коэффициент динамичности увеличивается на 54% во время захвата полосы металла.

С помощью блока Signal Builder реализуем в программной среде Matlab Simulink наброс момента равный 1.54 от номинального в течение 0,5 секунд, имитируя захват полосы металла.

На рисунке 2 показаны выходные параметры двигателя при имитации захвата полосы металла. Как мы видим происходит наброс нагрузки до 0,8 от номинального момента и провис скорости до 0.017 от номинальной.

Для удержания синхронной машины в синхронизме при снижении напряжения в сети, к которой подключена машина (это может произойти при удаленных коротких замыканиях), применяют форсировку ее тока возбуждения. Форсировка осуществляется автоматически релейной защитой, которая управляет контактными аппаратами, замыкающими накоротко резисторы или реостаты, включенные в цепь обмотки возбуждения.

Одной из наиболее эффективных мер обеспечения надежности работы синхронной машины в аварийных условиях является быстродействующая форсировка возбуждения.

Для изменения возбуждения синхронного привода моталки будем изменять задание на поток с помощью блока блока Signal Builder, так как поток это нестационарная величина и не может изменяться мгновенно, то будем опытным путем форсировать поток так, что бы к моменту броска нагрузки он достиг заданного значения.

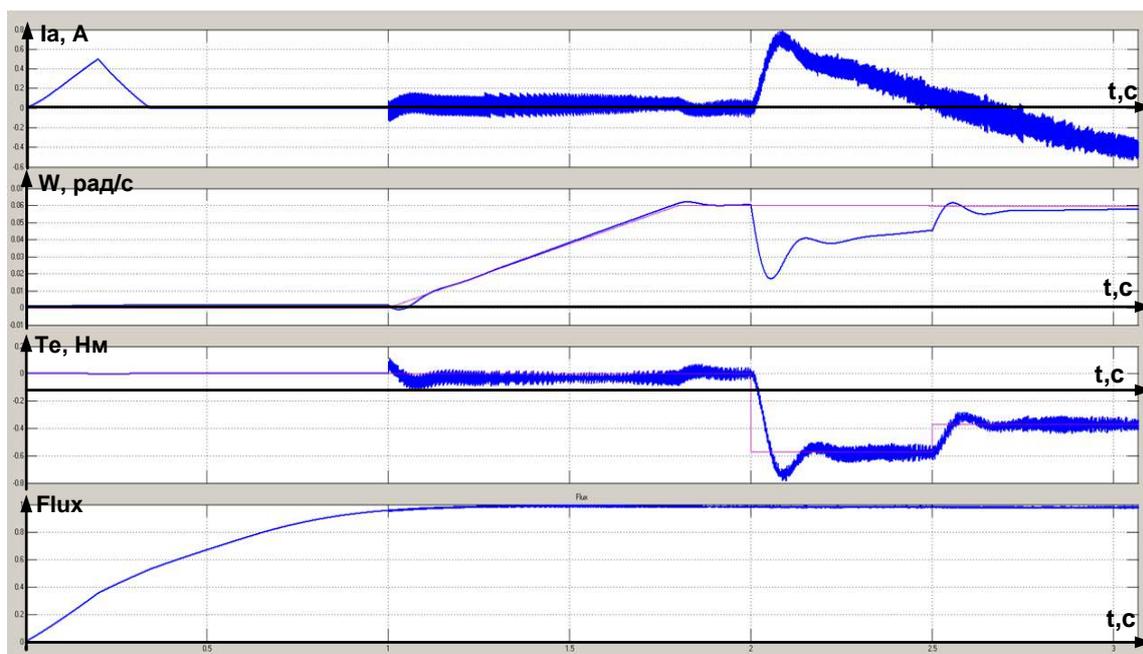


Рисунок 2. График зависимостей основных выходных параметров от времени за весь технологический цикл с имитацией захвата полюс

В ходе экспериментов были получены промежутки времени для форсирования задания потока и задания тока возбуждения: 0,8с-2с для потока и 1,8с-2,5с для тока возбуждения, что привело к нарастанию магнитного потока в максимальное значение в момент захвата полюсы.

В результате моделирования были получены результаты форсирования возбуждения моталки, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Результаты форсирования возбуждения

Коэф. форс.	w (о.е.)	Разница (%)	Φ (о.е.)
1	0,017	0	1
1,1	0,02	5	1,1
1,2	0,022	8,3	1,22
1,3	0,024	11,67	1,34
1,4	0,026	15	1,48
1,5	0,028	18,3	1,63

При форсировании возбуждения на 1.5 от номинала мы получаем графики, показанные на рисунке 3. По полученным данным следует, что форсирование возбуждения прошло успешно, при увеличении задания потока и тока возбуждения на 50% добились уменьшение просадки скорости в момент захвата полюсы на 18,3%, и получение более мягкой характеристики.

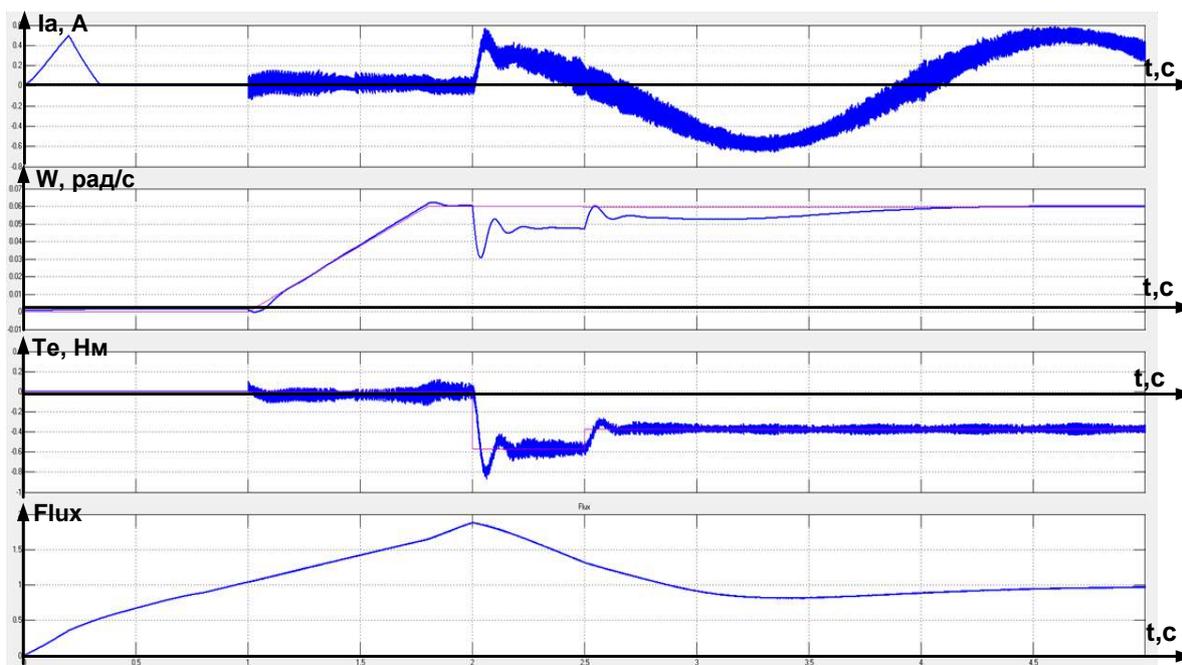


Рисунок 3. Форсирование возбуждения 1.5 от номинала

Список литературы

1. Пожидаев А.А., Евсеев А.М., Пикалов В.В. Создание модели синхронного привода моталки стана «2000» ЦГП ПАО «НЛМК» в программном пакете Matlab Simulink /А.А. Пожидаев, А.М. Евсеев, В.В. Пикалов // Энергетика. Проблемы и перспективы развития: тезисы докл. Второй всероссийской студенческой научной конф., 21–22 дек. 2016 г., Тамбов / ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – С. 125–126.

ВЫБОР ГЕОМЕТРИИ РОТОРА НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ FEMM

Сидоров А.В.

ФГБОУ ВО РГАЗУ, РФ, г. Балашиха

Современные информационные технологии задействованы во всех сферах деятельности.

Применение любых технологий обязательно предполагает интеграцию с информационными технологиями.

Для их применения необходимы такие современные технические средства, как персональный компьютер, смартфон или планшет.

Не менее важную роль играет соответствующее программное обеспечение.

В нашем случае, таковым является FEMM.

Программа Finite Element Method Magnetics (магнитные расчеты способом конечных элементов, сокращенно FEMM) позволяет проводить на персональных компьютерах расчет плоскомеридианных (осесимметричных) и плоскопараллельных стационарных/квазистационарных магнитных, а также стационарных электростатических полей. Пакет позволяет определять их цепные и полевые параметры и строить картины. Преимуществами рассматриваемого ПО также является лёгкость освоения [1].

Основная часть программы состоит из трех модулей: графического препроцессора, решателя и графического постпроцессора. Работа с пакетом при разработке новой модели начинается с запуска препроцессора. Первый этап – геометрические построения исследуемых объектов в полярных или декартовых координатах. Геометрия объекта также может быть импортирована из сторонних графических пакетов, таких как CorelDraw или AutoCAD. Второй этап – задание для частей/блоков объекта свойств

материалов (в том числе кривых намагничивания) и ввод граничных условий (Дирихле, Неймана, смешанных, для границ со скин-эффектом, периодичности и антипериодичности, специальных). После этого начинается автоматическая работа решателя, обчисляющего параметры модели и строящего сетку конечных элементов. После окончания расчетов запускается постпроцессор, при этом создаются зонные картины полей: для стационарного магнитного поля – линий магнитного потока, для квазистационарного – линий действительного значения векторного магнитного потенциала. Параметры полей можно просмотреть в любой точке области, а в определенных зонах оценить ряд интегральных величин: магнитных потоков, индуктивностей, магнитных напряжений и т.д.

Среди прочих особенностей программы стоит отметить наличие функции отмены/возврата действий, возможность выбора единиц измерения (дюймов или миллиметров), построение графиков изменения ряда величин (модуля магнитной индукции, модуля векторного потенциала, модуля напряженности магнитного поля и т.д.). Кроме интерактивных расчетов, в программе FEMM имеется пакетный режим работы. Для написания программ, работающих в пакетном режиме, применяется алгоритмический язык Lua. Положительная сторона пакетного режима заключается в возможности формировать, анализировать и корректировать геометрию области расчета, а также организовывать оценку и выдачу результатов, вводя необходимые математические выражения и уравнения. Все результаты работ можно сохранять, причем поддерживаются русскоязычные символы в имени файла и папок пути. Последние версии программы FEMM включают в себя наборы инструментов для взаимодействия с приложениями Octave/Matlab, Scilab и Mathematica.

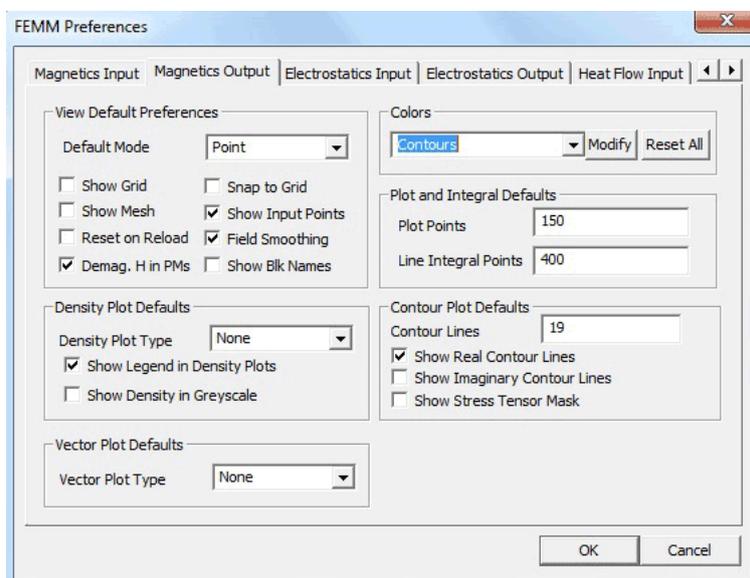


Рис. 1 Окно настроек.

Создателем программы по расчету магнитных полей является David Meeker (США, штат Массачусетс, город Уолтем), работающий старшим научным сотрудником в компании QinetiQ North America, занимающейся разработкой спутниковых разведывательных систем и военных роботов. Рассматриваемая программа появилась больше десяти лет назад и носила название BELA, позволяя проводить расчет только электростатических полей. С тех пор автор регулярно выпускает новые версии программного пакета.

Программа FEMM распространяется в рамках лицензии Aladdin Free Public, не допускающей взимания платы за распространение.

Одним из примеров использования программы FEMM выбор геометрии ротора на конечно-элементных моделях.

В современной инженерной практике точность расчётов обеспечивается применением численных методов расчета магнитных полей, позволяющих рассчитывать полное поле машины и выполнять эти расчеты при минимальном числе допущений. Наиболее распространены расчетные модели, основанные на методе конечных элементов [2], [3].

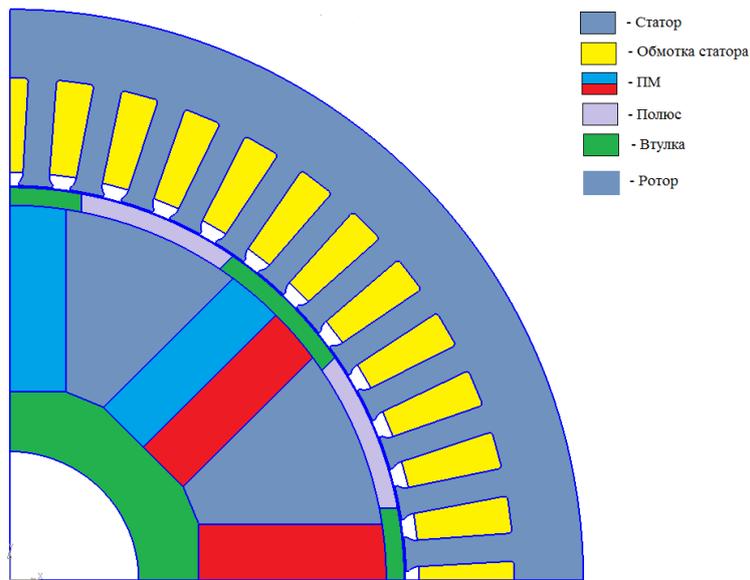


Рис. 2 Конструкция генератора.

С целью выбора оптимальной геометрии ротора, было рассмотрено несколько конструкций в конечно-элементной программе FEMM.

Характеристики постоянных магнитов NdFeB взяты из библиотеки FEMM.

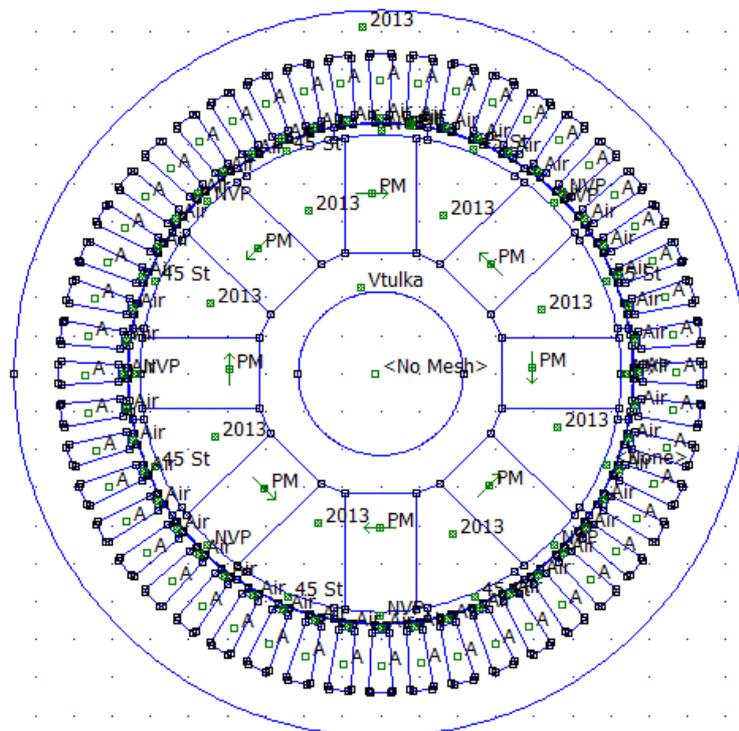


Рис. 3 Модель генератора в программе FEMM.

Смоделировав несколько моделей в конечно-элементной программе FEMM, можно окончательно убедиться в выбранной конструкции ротора.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что данная программа может успешно применяться как для научных, так и для практических нужд.

Список источников и литературы

1. <http://cxem.net/software/finiteElementMethodMagnetics.php> - Приложение для расчета статических магнитных полей.

2. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред И.П. Копылова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011.- 767 с. (Основы наук).
3. Цгоев Р.С. Нетрадиционная ветроэнергетика; учебное пособие / Р.С. Цгоев.-М.; Издательский дом МЭИ, 2014.-168с.

СНИЖЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Скобелев Д.П.

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г. Владивосток

АННОТАЦИЯ

Показаны недостатки известных устройств для ограничения тока однофазного короткого замыкания. Приведены сведения о предлагаемом устройстве, которое свободно от этих недостатков.

При однофазном коротком замыкании на землю может проходить значительный ток короткого замыкания, даже при высоком сопротивлении изоляции электрической сети. Так происходит из-за большого значения суммарной ёмкости электрической сети относительно земли, и ток однофазного короткого замыкания (ОКЗ) тем больше, чем больше значение указанной суммарной ёмкости и выше напряжение в электрической сети. Этот ток может достигать нескольких сотен ампер, он сопровождается электрической дугой, которая способна вызвать пожар и разрушить проводники тока в месте короткого замыкания, и тогда замыкание может перейти в междуфазное или трёхфазное [4, с. 5].

Действующее значение тока ОКЗ быстро снижается до небольшого установившегося значения, если заземлить нейтральную точку электрической сети на землю через индуктивный компонент. Он настроен в резонанс с указанной суммарной ёмкостью. При подключении к этой сети или отключении от неё каких-либо линий или потребителей электроэнергии, эта ёмкость изменяется. Поэтому индуктивный компонент выполняют из двух частей: регулируемого силового элемента и блока управления. Последний воздействует на силовой элемент так, чтобы его индуктивность изменялась вслед за изменением суммарной ёмкости электрической сети.

До настоящего времени в качестве индуктивного компонента применяют дугогасящие реакторы (ДР) различной конструкции. Включение ДР, кроме снижения тока в месте замыкания, приводит к увеличению времени восстановления напряжения на поврежденной фазе, что способствует восстановлению диэлектрических свойств изоляции в месте повреждения [1, с. 51].

На рисунке 1 показана схема замещения трёхфазной электрической сети, к которой подключено устройство, ограничивающее ток ОКЗ с помощью индуктивного компонента.

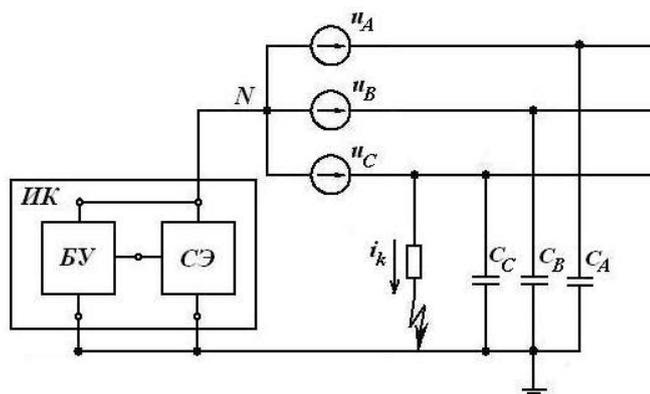


Рисунок 1 – Схема замещения трёхфазной электрической сети с устройством, ограничивающим ток ОКЗ с помощью индуктивного компонента

В этой схеме нейтраль N трёхфазного источника с мгновенными значениями напряжений u_A , u_B и u_C через силовой элемент $СЭ$ индуктивного компонента соединена с землёй. Распределённым емкостям фаз сети соответствуют конденсаторы C_A , C_B и C_C . Ток i_k ОКЗ замыкается через сопротивление, которому соответствует резистор R . Этот ток имеет две составляющие. Одна из них проходит через конденсаторы C_A , C_B и C_C , а другая – через $СЭ$, который имеет индуктивность L . Значение этой индуктивности определяется

выходным сигналом блока управления (БУ), который воздействует на управляющий вход СЭ. Две составляющие тока ОКЗ в установившемся режиме проходят через резистор R в направлениях, которые близки к взаимно противоположным. Эта особенность указанных составляющих приводит к снижению тока i_k . Минимум этого тока достигается при резонансной настройке СЭ, когда его индуктивность связана с суммарной ёмкостью C_Σ всех трёх фаз электрической сети по отношению к земле следующим соотношением [4, с. 16], [5, с. 35]:

$$L = 1/(\omega^2 C_\Sigma), \quad C_\Sigma = C_A + C_B + C_C, \quad (1)$$

где ω – круговая частота источников напряжения.

На рисунке 2, а показана осциллограмма тока ОКЗ при отсутствии индуктивного компонента, для следующих параметров электрической сети: её линейное напряжение $U_l = 6$ кВ, ёмкости конденсаторов C_A , C_B и C_C , одинаковы и равны 5 мкФ, $R = 100$ Ом. Действующее значение тока ОКЗ в установившемся режиме определяется выражением:

$$I_k = \frac{U_\phi}{\sqrt{X_{C\Sigma}^2 + R^2}}, \quad (2)$$

где U_ϕ – действующее значение фазного напряжения. $X_{C\Sigma} = 1/(\omega C_\Sigma)$.

ОКЗ возникает, когда напряжение фазы C имеет максимальное значение. При этом начальное значение тока ОКЗ – 49 А, а действующее значение установившегося тока ОКЗ – 14,8 А. Рисунок 2, б относится к случаю, когда индуктивность L соответствует выражению (1). Видно, насколько эффективно индуктивный компонент обеспечивает быстрое снижение тока ОКЗ.

Первыми стали применяться ДР, обмотки которых имеют отводы для ступенчатого регулирования тока компенсации. Этот ток изменяется ступенями и число ответвлений мало [4, с. 61]. В настоящее время применяются плавно регулируемые ДР двух типов. В плунжерных ДР изменение индуктивности обеспечивается механически – изменением немагнитного зазора в магнитопроводе [4, с. 64], [5, с. 36].

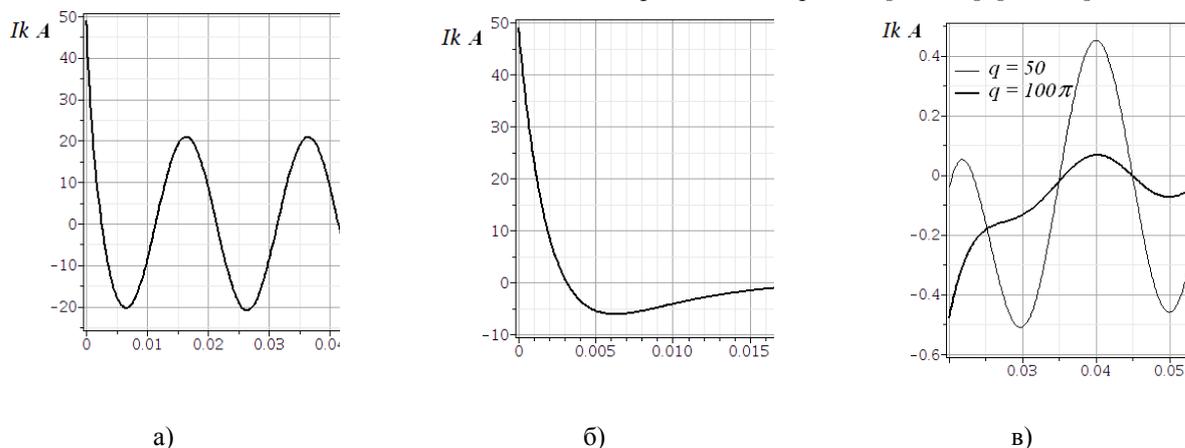


Рисунок 2. Осциллограммы тока ОКЗ: а – без компенсации влияния ёмкостей сети, а, б – при использовании индуктивного компонента

У ДР с подмагничиванием магнитопровод не имеет немагнитных зазоров, ток компенсации регулируют изменением значения постоянной составляющей магнитного потока. В современных ДР с подмагничиванием такое регулирование осуществляется с помощью тиристорных ключей, включенных параллельно частям сетевой обмотки. [2, с. 49].

Основной недостаток ДР с подмагничиванием обусловлен тем, что этот реактор является нелинейным элементом. Поэтому в установившемся режиме, даже и при идеальной компенсации ёмкостной составляющей тока ОКЗ первой гармоникой тока ДР, ток ОКЗ не равен нулю, он состоит из составляющих высших гармоник тока ДР.

В [5, с. 36] отмечается, что выпускаемые ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» плунжерные ДР, немагнитный зазор которых изменяется с помощью самотормозящегося электропривода, лучше, чем реакторы другой конструкции, пригодны для работы в устройствах защиты от ОКЗ. Кроме достоинств, такие ДР имеют и ряд недостатков:

номинальная мощность электродвигателя указанного электропривода высока – 0,5 кВт и более; значительное время, которое затрачивается на изменение индуктивности силового элемента; наличие регулируемого воздушного зазора и электропривода приводит к увеличению уровня шума и вибраций;

низкая добротность.

На рисунке 2, в тонкой линией показано продолжение осциллограммы, начало которой изображено на рисунке 2, б, когда добротность ДР q равна 50. Установившееся действующее значение тока ОКЗ при использовании такого ДР снижается в 45 раз, его амплитуда составляет 460 мА.

В предлагаемом устройстве защиты от тока ОКЗ [3] в качестве СЭ использован управляемый источник тока, который выполняется на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). В БУ введён интегрирующий фильтр, входные зажимы которого подключены между нейтралью N и заземлителем. Выходные зажимы фильтра подключены к умножителю, в котором выходной сигнал фильтра умножается на задающий сигнал, пропорциональный суммарной ёмкости C_{Σ} . Благодаря указанным особенностям структуры предлагаемого индуктивного компонента, ток СЭ подобен току ДР. При этом добротность СЭ можно увеличить, по сравнению с добротностью ДР во много раз, что позволяет значительно уменьшить амплитуду установившегося тока ОКЗ.

На рисунке 2, в утолщённой линией показано продолжение осциллограммы, начало которой изображено на рисунке 2, б, когда добротность ДР q равна 100 п. Амплитуда установившегося тока ОКЗ составляет 73 мА, что в 6,2 раза меньше, чем при использовании ДР, у которого добротность q равна 50. У предлагаемого устройства с управляемым источником тока имеются и другие достоинства по сравнению с ДР: ему не нужен электропривод с самотормозящимся редуктором; его можно значительно быстрее настроить на новое значение ёмкости C_{Σ} ; оно имеет значительно меньшую массу и практически бесшумно.

Вывод

Предлагаемое устройство защиты электрических сетей от токов ОКЗ позволяет устранить все перечисленные выше недостатки, присущие ДР различных конструкций.

Список литературы

1. Владимир Козлов. Дугогасящие реакторы в сетях среднего напряжения // Новости Электротехники. 2012. №2(74). – С. 50-52
2. Даниил Матвеев. Дугогасящие реакторы серии РУОМ // Новости Электротехники. 2012. №5(77). – С. 48-50.
3. Устройство для ограничения тока однофазного короткого замыкания в электрической сети / Кувшинов Г.Е., Рыбалёв А.Н., Скобелев Д.П. // Решение о выдаче патента на изобретение по заявке 2014100195/07. – 25.08.2014.
4. Черников А.А. Компенсация емкостных токов в сетях с незаземлённой нейтралью. – М.: Энергия, 1974. – 97 с.
5. Ширинская И.В. Комплекс оборудования для защиты сетей от однофазных замыканий на землю // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2011. № 5. – С. 34-40.

СЕКЦИЯ №16.

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

ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОРУЖИЯ МАССОВОГО ПОРАЖЕНИЯ

Гребенников А.А., Овчинников П.С., Кудинов Р.Э.

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Одной из самых главных проблем, выделяемых специалистами, является проблема экологического воздействия Российской армии на окружающую среду. Отдельным пунктом проходит воздействие ядерного, геофизического, химического, биологического оружия.

Обеспечить экологическую безопасность, парировать, остановить разрушение природной среды можно только совместными усилиями мирового сообщества. Но для этого необходимо осознание всем человечеством в целом опасности загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами в результате техногенных катастроф, использования ядерного вооружения.

Основные направления международной политики в сфере экологической безопасности таковы:

- поддержка действий и структур ООН по охране окружающей среды (введение «Международного кодекса экологической этики», реализация «Глобальной программы действий по защите природы», усилий Европейского агентства по окружающей среде и т.п.);

- сотрудничество в экологически чистых технологиях;

- разработка международного механизма экологического мониторинга (контроля);

- ограничение экологически опасной военной деятельности.

В отраслях оборонной промышленности, в отличие от Министерства обороны Российской Федерации, управлений экологии и специальных средств защиты нет, но они, на наш взгляд, нужны. Необходимость создания при Министерстве оборонной промышленности Управления экологии военно-промышленного производства объясняется актуальными требованиями разделения сфер ответственности между Министерством обороны и Министерством оборонной промышленности за обеспечение экологической безопасности на подведомственных военных или военно-промышленных объектах, а также необходимостью обеспечения экологической безопасности разоруженческих процессов, включающих выполнение договорных обязательств по Договорам о сокращении стратегических наступательных вооружений, оперативно-тактических ядерных вооружений, боевых отравляющих веществ, обычных вооружений к 2003 году. Сложность соблюдения экологической безопасности разоруженческих процессов настоятельно требует такого разделения.

Направления обеспечения экологической безопасности применительно к военной сфере:

- разоружение, вплоть до всеобщего и полного, но особенно ядерное, химическое разоружение, запрещение производства биологического, генетического и другого оружия;

- если полное вооружение невозможно, то запрещение оружия массового поражения и экологически опасного оружия, разумный перевод гонки вооружения на путь контрсилового высокоточного оружия на экологически безопасных принципах (что соответствует закономерностям развития военной техники, собственной логике НТП);

- мероприятия по предотвращению, ограничению загрязнения среды в процессе военной деятельности, ликвидации последствий загрязнения;

- сокращение и, в идеале, запрещение испытаний ядерного оружия;

- более широкое внедрение современных безопасных средств боевой подготовки (электронных тренажеров, имитаторов, электронных полигонов, систем типа «Simnet» и др.).

В военной сфере экологическая безопасность особенно важна, поскольку из всех видов техники именно военная техника, оружие оказывают едва ли не самое негативное воздействие на окружающую природу. Загрязняют атмосферу, гидро- и литосферы продукты сгорания и остатки топлив и корпусов ракет, взрывов боеприпасов, технические отходы, особенно от перезарядки атомных реакторов, слив ГСМ, электролитов и др. агрессивных жидкостей на аэродромах. Особую экологическую опасность представляют создание, и даже частичное использование ядерного, геофизического, химического, биологического оружия.

Сравнительно масштабное боевое применение современного оружия чревато экологической катастрофой, причем даже локальное применение в зоне, достаточно развитой промышленно, например, в Европе, буквально напичканной АЭС, химкомбинатами и пр.

Например, при ядерных взрывах реализуются колоссальные давление и температуры, создающее ударную волну и выжигающее все в округе, образуется электромагнитное излучение, портящее всю электротехнику, выброс в атмосферу множества нестабильных химических элементов, однако, несколько отличных от выбросов в результате повреждения ядерных реакторов. Радиоактивное (ионизирующее) излучение по своему воздействию на все живые организмы схоже или аналогично воздействию радиологического оружия. Параметры следа и величины радиоактивного заражения рассчитываются по известным военным методикам.

Выбросы отходов промышленных и других объектов образуют зоны химического заражения, схожими или аналогичными зонам заражения от применения ОМП. Воздействие на окружающую среду и человека промышленных сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) в случае их утечек редко и зачастую незначительно отличается от действия боевых отравляющих веществ. Способы их устранения также не отличаются, как у военных, так и у гражданских специалистов.

Акустическое воздействие на человека, природную среду и объекты антропогенной деятельности оказывает разрушающее воздействие, сравнимое с разрушениями от ударной волны.

Биологическое воздействие электромагнитных излучений от промышленных линий электропередач, антенных устройств радиолокации, радиосвязи, телевидения и высокочастотных излучений ЭВМ возможно исследовать аналогично воздействию электромагнитного импульса ядерной волны и применять для оценки опасности этого экологического фактора те же методики.

Применение методологического арсенала экологии военной деятельности для анализа экологической ситуации в России позволит с единых позиций оценить экологическую опасность всех объектов в стране в качестве источников загрязняющих выбросов, отходов и разработать единую концепцию обеспечения экологической безопасности России.

Список литературы

1. Довгуша В.В. Введение в военную экологию. М.: МОРФ, 1995.
2. Климатические и биологические последствия ядерной войны (Сборник статей ведущих российских ученых) М.: Наука, 1987.
3. Журавлев Ю.А., Сергеев С.А., Костылев Г.М.. Экологическое обеспечение военно-космической деятельности // Военная мысль, 1999, №1.
4. Экология: Учебное пособие / Под ред. проф. В.В. Денисова. 2-е изд., исправленное и дополнительное. М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону, 2004.

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)

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

Завадская Н.Ю., Секацкий В.С.

(Завадская Н.Ю., канд. техн. наук Секацкий В.С.)

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Процесс регламентации и реформирования профессионального образования осуществляется благодаря стандартизации. В случае высшего образования основные задачи, решаемые введением стандартизации, являются создание системы нормативной документации, определяющей актуальные

требования к уровню и качеству образования, а также обеспечение контроля за выполнением этих требований. Стандартизация образования – это установление единых требований к результатам образовательной деятельности в учебных заведениях одного уровня, не исключающее многообразия способов их достижения.

Федеральные государственные образовательные стандарты являются основой объективной оценки соответствия установленным требованиям образовательной деятельности и подготовки обучающихся, освоивших образовательные программы соответствующего уровня и соответствующей направленности, независимо от формы получения образования и формы обучения. [2]

В стандартах второго поколения (утвержден Министерством образования РФ 27.03.2000 г., регистрационный № 277 тех/дс) выпускнику присваивалась квалификация «инженер-менеджер», в стандартах позднего поколения квалификация одновременно является академической степенью и подразумевает значительные изменения в сроке обучения, квалификационных требованиях, требованиях к содержанию образовательной программы. Так, уровень высшего образования «специалитет» при котором присваивалась квалификация «инженер» прекратил свое существование в вузах, участвующих в программе европейского высшего образования, что произошло с вводом в действие стандартов третьего поколения.

С вступлением в силу приказов об утверждении ФГОС ВО поколений 3 и 3+ во-первых, изменились сроки освоения основной образовательной программы – 4 и 2 года соответственно для бакалавриата и магистратуры. При этом, в качестве возможного продолжения образования выпускника у бакалавра имелся (и имеется) путь поступления в магистратуру, у магистра – в аспирантуру. В данный момент, выпускники специалитета могут продолжать свое образование как в магистратуре, так и в аспирантуре (в ФГОС ВО второго поколения подразумевалась только аспирантура, так как уровень образования «магистратура» на тот момент не был введен в вузах).

Из сравнительного анализа структуры стандартов разных поколений очевидно то, что стандарт второго поколения более детальный: в нем указаны требования к уровню подготовки абитуриента, требования к уровню подготовки выпускника, требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы, требования к государственной итоговой аттестации.

Да, вышеперечисленные требования отсутствуют в стандартах поколения 3 и 3+, однако Закон об образовании от 29.12.2012 № 273-ФЗ в ст. 69 пп.1, 3 содержит следующее:

1. К освоению программ бакалавриата или программ специалитета допускаются лица, имеющие среднее общее образование.
2. К освоению программ магистратуры допускаются лица, имеющие высшее образование любого уровня. [3]

Таким образом, из ФГОС ВО последних поколений были убраны требования, дублирующиеся в иных нормативных документах.

В исследовании структуры стандартов разных поколений хотелось бы отметить некоторые ключевые моменты, затрагивающие требования к будущему выпускнику специальности «Управление качеством».

Во-первых, в стандарте второго поколения не выделена *область профессиональной деятельности* как таковая. В стандартах последующих поколений область профессиональной деятельности не меняется в зависимости от квалификации бакалавра или магистра, а также от поколения стандарта и определяется как «разработка, исследование, внедрение и сопровождение в организациях всех видов деятельности и всех форм собственности систем управления качеством, охватывающих все процессы организации, вовлекающих в деятельность по непрерывному улучшению качества всех ее сотрудников и направленных на достижение долговременного успеха и стабильности функционирования организации». Из области профессиональной деятельности логически выделены объекты профессиональной деятельности с той разницей, что в случае ФГОС ВО второго поколения объектом является *процесс* или *действие* («проектирование и поддержание эффективного функционирования систем управления»), а в стандартах более нового поколения объект – это *явление* («система как совокупность взаимодействующих элементов»), которое далее конкретизируется перечислением составляющих этого явления. То есть, теперь фокус внимания обращен не на то, какие действия должен будет производить будущий специалист, а на то, над чем будут производиться действия, что по-моему мнению, является более верным.

Виды профессиональной деятельности и задачи, выполняемые выпускником в процессе эволюции стандартов высшего образования по направлению «Управление качеством» практически не изменились. Так, при подготовке специалиста в стандарте было выделено четыре вида деятельности:

1. Производственно-технологическая;
2. Организационно-управленческая;
3. Научно-исследовательская;
4. Проектная.

При этом конкретный вид деятельности определялся содержанием образовательно-профессиональной программы, разрабатываемой вузом. В стандартах последующих поколений виды деятельности практически не изменились с одним условием: научно-исследовательская деятельность предполагалась только на уровне магистратуры. ФГОС ВО 3 определял для бакалавриата три вида деятельности, во ФГОС ВО 3+ введен еще один вид деятельности на уровне бакалавриата – производственно-конструкторская деятельность. Незначительные изменения коснулись лишь формулировки некоторых задач в зависимости от уровня квалификации. Задачи бакалавра несколько отличаются от задач магистров степенью ответственности и уровнем знаний, например, бакалавр *должен организовывать работы* по внедрению информационных технологий в управление качеством, магистр же *должен организовывать непосредственно* информационные технологии в управлении качеством. Таким образом, подразумевается, что магистр является реализатором работы, а бакалавр занимается лишь подготовкой к выполнению работы другими специалистами на предприятии.

Во-вторых, следует пристальнее взглянуть на *квалификационные требования*.

Квалификационные требования – это требования, предъявляемые к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения должностных обязанностей. В стандартах разных поколений данные требования находятся в разных разделах. Так, например в ФГОС ВО второго поколения квалификационные требования относятся к *разделам общей характеристики направления подготовки дипломированного специалиста*, а также *требований к профессиональной подготовленности выпускника*. В стандартах последующих поколений данные требования относятся к разделу, устанавливающему требования к результатам освоения программы магистратуры и именуются «компетенциями». Будет некорректно сравнивать между собой стандарт ФГОС ВО второго поколения и стандарты последующих поколений, так как компетенции для бакалавров и магистров выделены в подгруппы:

- общекультурные компетенции (ОК);
- общепрофессиональные компетенции (ОПК);
- профессиональные компетенции (ПК).

Итак, квалификационные требования для специалиста относятся в первую очередь к умениям и способностям применить знания – это именно то, что в стандартах последнего поколения является компетенцией.

ФГОС ВО 3 содержит требования к условиям реализации основных образовательных программ, в числе которых требования, касающиеся компетенций, также раздел, посвященный *оценке качества освоения основных образовательных программ* бакалавриата или магистратуры. Примечательно, что в отличие от ФГОС ВО 3, ни во ФГОС ВО 2, ни во ФГОС ВО 3+ нет *ни одного требования, затрагивающего процесс формирования квалификационных требований или компетенций или оценку их сформированности*, кроме положений, устанавливающих какими знаниями, умениями и навыками должен обладать выпускник.

В-третьих, серьезные изменения в процессе эволюции ФГОС ВО коснулись *структуры образовательной программы*.

ФГОС ВО 3 оказался промежуточным звеном между стандартом второго поколения и стандартом новой редакции и содержал в себе наиболее полную информацию, определяющую состав образовательной программы: в нем были установлены:

- учебные циклы (общенаучный и профессиональный), разделы (практики и научно-исследовательская работа; итоговая государственная аттестация) и результаты их освоения;
 - трудоемкость цикла в зачетных единицах;
 - минимальный перечень дисциплин для разработки примерных программ;
 - коды компетенций, формируемых в процессе освоения учебных циклов.
- ФГОС ВО 3+ содержит минимум требований к программе:
- блоки программы (всего их три: дисциплины, практики, государственная итоговая аттестация);
 - объем программы в зачетных единицах с разбивкой по блокам.

В результате анализа требований к содержанию образовательной программы возникает закономерный вопрос – удобен ли стандарт последнего поколения для вузов, которые составляют программы обучения и для самих студентов? Ведь стандарты первых поколений содержали в себе

достаточно полные и конкретные требования по содержанию образовательной программы — набор дисциплин не только базовых, но и профильных. Дело в том, что первые стандарты готовили инженеров по образовательной программе, содержащей такие дисциплины, как материаловедение, механика, электротехника в качестве федерального компонента. Это значит, что направление обучения «Управление качеством» имелось только в технических вузах, и выпускники данной специальности далее работали, например, на машиностроительных предприятиях. Но активное внедрение систем менеджмента качества в различные отрасли экономики страны показывает, что управление качеством важно не только для крупных предприятий, которые производят технически сложную продукцию, но и для микропредприятий, которые, например, оказывают услуги. Таким образом, разработка стандарта высшего образования, который был бы направлен на подготовку специалистов по качеству в сфере производства только технической продукции — не является актуальной. В таком случае пришлось бы разрабатывать несколько стандартов: для специалистов по качеству в сфере услуг, для специалистов по качеству в отрасли легкой промышленности, и т. д. Можно с уверенностью утверждать, что ФГОС ВО новой редакции являются универсальными, и их может использовать вуз любой направленности — как технической, так и гуманитарной.

Список литературы и источников

1. ГОС ВПО направление подготовки 657000 Управление качеством (квалификация – инженер-менеджер), утв. 27.03.2000 г. рег. № 277 тех/дс.
2. Старикова Л. Д. "Стандартизация профессионального образования" – сборник трудов конференции «Подготовка инновационных кадров для рынка труда в условиях непрерывного образования» – Н.Тагил. Издательство Уральского государственного экономического университета, 2012.
3. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ (последняя редакция) [электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.consultant.ru/>.
4. ФГОС ВПО по направлению подготовки 221400 Управление качеством (квалификация (степень) «бакалавр») утв. приказом Минобрнауки РФ от 08.12.2009 № 704.
5. ФГОС ВПО по направлению подготовки 221400 Управление качеством (квалификация (степень) «магистр») утв. приказом Минобрнауки РФ от 08.12.2009 № 701.
6. ФГОС ВО направление подготовки 27.03.02 Управление качеством (уровень бакалавриата) утв. приказом Минобрнауки РФ от 09.02.2016 г. № 92.
7. ФГОС ВО направление подготовки 27.04.02 Управление качеством (уровень магистратуры) утв. приказом Минобрнауки РФ от 30.10.2014 г. № 1401.

КОЛЛЕКТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Толкачева С.А.

Пензенский государственный университет, РФ, г.Пенза

Аннотация: В данной статье затрагивается тема коллективной деятельности. Определено значение эффективной совместной деятельности, исследованы факторы, влияющие на эффективность коллектива, и нежелательные эффекты, которые необходимо исключать при организации совместной работы. В заключение предложены методы повышения эффективности коллективной работы.

Ключевые слова: КОЛЛЕКТИВ, КОЛЛЕКТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ, СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ.

Коллективная деятельность играет важную роль во многих сферах: в бизнесе, образовании, науке, искусстве. Совместная деятельность становится все более необходимой, так как объем информации постоянно растет, и появляются новые, более сложные задачи, требующие скорейших решений и применения полученных результатов на практике.

Любая организация есть ее трудовой коллектив. Именно от коллектива зависит, насколько успешными будут разработанные проекты, насколько качественными будут товары и услуги, предоставляемые потребителям. Следовательно, создание эффективного по своей деятельности коллектива является достаточно актуальной задачей.

Основная сложность заключается в следующем. Коллективы могут быть очень разнообразными по своей структуре, численности, направлению деятельности, что затрудняет процесс исследования. А чтобы разработать верные рекомендации для повышения эффективности совместной работы, необходимо более детально рассмотреть коллектив изнутри, определить его особенности. Следовательно, коллективная деятельность требует большего изучения, требует использования различных методов исследования (теоретических и эмпирических), а проведенные исследования коллективной деятельности следует проверить на практике и в случае необходимости доработать. Важно выяснить условия, при которых повышается эффективность коллектива, выяснить нежелательные эффекты коллективной деятельности, а также предложить методы повышения эффективности совместной работы.

Создание эффективного коллектива несет в себе социальное и психологическое значение. В коллективе существует разделение ролей между его участниками. При умелой организации коллективной деятельности каждый человек в группе, независимо от того, лидер он или просто исполнитель, развивает творческую активность, уровень своих умений, культуру общения. Это влечет за собой дальнейшее самообучение и способствует взаимообучению участников коллектива и их эффективному взаимодействию. А чем более высоким становится уровень взаимной деятельности, тем все больше будет повышать свои качества отдельный член команды. Таким образом, с социальной точки зрения человек и его рабочий коллектив неразрывно связаны и способствуют развитию друг друга.

С психологической точки зрения совместная деятельность является полезной и развивающей для человека по трем причинам. Во-первых, некоего рода соперничество между членами команды вызывает желание немного выделиться за счет своих знаний и способностей. Во-вторых, появляется возможность посоветоваться с умными и опытными людьми. В-третьих, появляется ощущение поддержки коллег-единомышленников [1].

Эффективность коллективной деятельности зависит от нескольких факторов: уровня знаний и умений участников коллектива, психологической совместимости в коллективе, личных качеств руководителя (лидера) коллектива и того, как он управляет персоналом. Наиболее эффективным коллективом является такой, в котором общая задача решается за счет интеллектуальных усилий и дискуссий лидера и инициативных подчиненных.

Руководитель организации должен всегда задавать четкое направление работы коллективу и каждому его участнику, грамотно распределяя обязанности между членами команды. Руководитель может применять стимулирующую стратегию или мобилизующую стратегию. Первая ориентирует коллектив на самореализацию, вторая – на нахождение наиболее привлекательных целей для выполнения поставленной общей задачи [3].

Также руководителю важно суметь предвидеть и исключить те нежелательные эффекты, которыми может сопровождаться коллективная деятельность. Первый нежелательный эффект – сотрудники могут испытывать иллюзию неуязвимости. Работники теряют чувство ответственности за свой вклад в коллективную деятельность, так как в случае неудачи возникающие претензии в большей степени будут относиться к полученному коллективному результату. Вторым нежелательным эффектом является то, что внутри коллектива может возникнуть такая ситуация, когда любые изменения в жизни коллектива не приветствуются, а любые возможные возражения стремительно устраняются. Таким образом, может существовать давление на отдельных людей коллектива, мнения и идеи которых слишком отличаются от основных. Третий нежелательный эффект – сотрудник может испытывать иллюзию единодушия оценок своей деятельности внутри коллективной и при этом потерять объективное восприятие собственного труда, завышая или занижая значимость полученных результатов. Четвертый нежелательный эффект заключается в том, что в случае параллельной работы над одним проектом нескольких коллективов один из них может быть очень негативно настроен по отношению к остальным, четко разделив всех на «мы» и «они» [2].

В настоящее время руководители все чаще в своих фирмах внедряют программы для обеспечения коллективной деятельности. Эти программы подходят для обеспечения совместной работы в организациях любого размера и любого направления деятельности. Если предприятие крупное или имеет территориально распределенные подразделения, то системы коллективной работы становятся еще более необходимыми. Программное обеспечение для совместной работы позволяет сотрудникам организации обмениваться необходимой информацией друг с другом. В итоге становится проще вести коллективный календарь мероприятий, следить за расписанием рабочей деятельности, вносить изменения в планы и извещать о них, контролировать сроки выполнения работ и многое другое. Одни из самых известных программ для

коллективной деятельности – это Lotus Domino/Notes, Microsoft Exchange Server/Outlook, Novell GroupWise [4].

Таким образом, создание эффективной совместной деятельности возможно через использование следующих методов работы с коллективом. Во-первых, в коллективе требуется выработать собственные внутренние принципы воздействия, которые смогут гарантировать полноценное участие каждого сотрудника в групповой деятельности. Для этого необходимо знать общие закономерности поведения в коллективной деятельности и особенности поведения в конкретном коллективе. Чтобы определить особенности взаимодействия сотрудников, нужно периодически проводить такие мероприятия, как опросы и моделирование ситуаций. Во-вторых, важно повысить мотивацию сотрудников. В этом случае правильно выбранные мотивы и результаты совместной деятельности будут максимально перекрывать эмоционально-энергетические затраты, а значит, сотрудник будет удовлетворен работой в целом. Следует стремиться к тому, чтобы при решении общей задачи каждый сотрудник активно использовал разные способы деятельности, что повысит его профессиональную компетентность. Тогда деятельность всех сотрудников вместе даст взаимообогащающий (синергетический) эффект, то есть благодаря разделению труда, координации и специализации будет активно развиваться коллектив в целом. В-третьих, важно создать удобное рабочее пространство, что означает, что сотруднику должно быть комфортно в своем коллективе. Проведение мероприятий по сплочению команды помогут повысить психологическую совместимость в коллективе. В-четвертых, необходимо подобрать программный продукт для совместной работы, который максимально обеспечит все формы взаимодействия сотрудников (коммуникацию, кооперацию, координацию) и будет подходить для деятельности конкретной организации.

Периодическое проведение опросов и моделирование ситуаций в коллективе, работа по повышению мотивации, тимбилдинг – все эти предложенные в результате исследования методы повышения эффективности совместной работы направлены на то, чтобы коллектив стал максимально сплоченным, а его деятельность – максимально организованной. А сочетание эффективного коллектива и правильно подобранной системы коллективной работы станет ключом к успешной деятельности любого предприятия.

Список литературы

1. Базаров Т.Ю., Аксенова Е.А., Еремин Б.Л. Управление персоналом: Учебник для вузов / Т.Ю. Базаров. – Изд-во: Юнити-Дана, 2007. – 560 с.
2. Белоусов Р.А. Общий и специальный менеджмент / Р.А. Белоусов. – М.: Приор, 2009. – 158 с.
3. Красовский Ю.Д. Руководитель трудового коллектива / Ю.Д. Красовский. – М.: Советская Россия, 1987. – 160 с.
4. Островская Н., Булавин П. Системы для организации групповой работы технологии GroupWare / Н. Островская. – М.: Приор, 2000.

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ПРИМЕР ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ КОНТЕЙНЕРОВОЗА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Артюшина Т.Г.

к.т.н., доцент, кафедра “Высшая математика”,
Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова, г. Москва

Для математических моделей типа “Судно”, отличающихся высокой степенью детализации, оптимизация основных задач, решаемых на этапе проектирования, требует больших временных затрат и точности описания моделей. Так как данная математическая модель представляет собой сложную многоуровневую систему, для которой определены одновременно глобальная цель создания самой системы, так и цели создания каждой подсистемы. Идея целенаправленности системы и ее объектов хорошо согласуется с многоцелевой задачей оптимизации. Морфологическое описание системы, обеспечивающие распределение целей между ее объектами позволяет привести структуру системы в соответствии с постановкой многокритериальной задачи оптимизации. Каждому объекту системы может быть поставлена только одна цель, для каждого объекта системы решается однокритериальная задача оптимизации. В результате сложная система разделяется на группу более мелких подсистем с такой взаимосвязью, чтобы глобальная задача оптимизации преобразовалась в группу локальных задач оптимизации. Так как судно представляет собой иерархическую целенаправленную систему, каждый элемент ее разбиения преследует вполне определенную цель, в общем случае не совпадающую с целью вышестоящего элемента и с целью судна в целом. В этом случае для решения многокритериальной задачи оптимизации требуется решить проблему согласований и сочетаний частных решений.

Поясним, как математический аппарат «нечетких множеств» можно применить для многоуровневой системы «корабль». Все множество решений кластеризуются как «хорошие», «приемлемые», «плохие». Количество кластеров может быть любым.

Наиболее ответственным этапом, ложащимся на плечи проектанта, является процедура по составлению структуры системы типа «Судно» и описание каждого объекта этой системы. В качестве системы верхнего уровня будет рассматриваться “Корабль в целом”, а качестве систем нижнего уровня – подсистемы: “Корпус”, “Грузовое устройство”, “Рулевое устройство”, “Энергетическая установка”, “Электроэнергетическая система”, “Гидродинамический корпус” и т.д. Для каждой системы (в том числе и системы верхнего уровня) есть функциональные ограничения, оптимизируемые переменные и критерии оптимизации. Остановимся детально на каждой подсистеме судна.

Список подсистем

- 1 Корпус
- 2 Гидродинамический комплекс
- 3 Энергетическая установка
- 4 Электроэнергетическая система
- 5 Рулевое устройство
- 6 Грузовое устройство
- 7 Прочие
- 8 Перевозимый груз

При расчете и оптимизации каждой подсистемы рассчитываются следующие параметры:

- | | |
|---|--|
| P | – вес подсистемы |
| W | – объем подсистемы |
| E | – энергопотребление подсистемы |
| Z | – аппликата центра тяжести подсистемы |
| S | – стоимость подсистемы |
| f | – целевая функция (функция оптимизации) подсистемы |

Модуль Судно (главный модуль).

Оптимизируемые переменные

коэффициент общей полноты, длина судна между перпендикулярами, ширина судна, осадка, высота борта судна.

Критерий оптимизации системы - это минимум стоимости

Модуль Корпус (Подсистема 1).Оптимизированные параметры

приведенная толщина днища, приведенная толщина палубы.

Критерий оптимизации подсистемы

минимальный расход материала

Модуль ГДК (подсистема 2)Оптимизируемые переменные

дисковое отношение винта, диаметр винта, частота вращения винта.

Критерий оптимизации подсистемы

минимальная потребная мощность ГДК

Модуль Энергоустановки (подсистема 3).Оптимизируемые переменные

мощность одного дизеля (дискретное), число двигателей в установке (дискретное), частота вращения выходного вала редуктора.

Критерий оптимизации подсистемы

минимальные приведенные затраты

Модуль Электроэнергетической системы (подсистема 4).Оптимизируемые переменные

дискретное число генераторов, работающих на ходу

дискретное число генераторов, работающих на стоянке.

Критерий оптимизации подсистемы

Вес системы

Модуль рулевого устройства (подсистема 5).Оптимизируемые переменные

ширина пера руля, высота пера руля.

Критерий оптимизации подсистемы

Стоимость рулевого устройства, как сумма стоимостей руля и рулевого привода.

Модуль грузового устройства (подсистема 6).Оптимизируемые переменные

число кранов (дискретное), грузоподъемность кранов.

Критерий оптимизации подсистемы

время разгрузки-погрузки судна

Рассмотрим результаты моделирования на реальном примере (моделировались все подсистемы).

Данные по начальным параметрам судна приведены в таблице 1.

Таблица 1. Начальные данные для расчета

Наименование параметра	Значение
Заданная полезная грузоподъемность	5000
Удельная погрузочная кубатура м ³ /т	1.3
Скорость хода в узлах	11
Дальность плавания	3500
Автономность	20
Численность экипажа	25
Стоимость 1 т металлического корпуса	300
Стоимость 1 т оборудования корпуса	600
Коэффициент развитости надстройки	0.15
Длина линии эксплуатации	1000
Число винтов	1
Период собственных колебаний судна в секунду	12
Коэффициент общей полноты	0.7 - 0.8
Длина судна	117 - 123
Ширина судна	15.9 – 18
Осадка	7 – 8

Результаты расчета, отобранных по критерию “все функции оптимизации должны иметь статусы «Хорошо» или «Удовлетворительно» одновременно”, приведены в таблице 2. Для поставленной задачи существует как минимум 3 согласованных решения, оптимизированных одновременно по всем функциям с критерием «Хорошо» и 4 решения, оптимизированных по всем функциям с критериями «Хорошо» и «Удовлетворительно». Колонки в таблице соответствуют 7 рассчитанным согласованным вариантам. Статус «Хорошо» соответствует значению $f_{\text{нормированное}} = 0.95 \div 1$, статус «Удовлетворительно» соответствует значению $f_{\text{нормированное}} = 0.85 \div 0.95$.

Таблица 2. Результаты расчета.

Параметр \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7
P рулевое устройство	284.9	284.9	284.9	284.9	284.9	284.9	284.9
W рулевое устройство	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3
E рулевое устройство	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25
Z рулевое устройство	7	7	7	7	7	7	7
S рулевое устройство	521514	521514	521514	521514	521514	521514	521514
F рулевое устройство	521514	521514	521514	521514	521514	521514	521514
F норм. Рулевое у-во	1	1	1	1	1	1	1
P ГДК	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
W ГДК	0	0	0	0	0	0	0
E ГДК	0	0	0	0	0	0	0
Z ГДК	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
S ГДК	2673	2673	2673	2673	2673	2673	2673
F ГДК	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025
F норм. ГДК	1	1	1	1	1	1	1
P Корпус	6982	6982	6982	6982	6982	6982	6982
W Корпус	12296	12296	12296	12296	12296	12296	12296
E Корпус	0	0	0	0	0	0	0
Z Корпус	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
S Корпус	2378335	2378335	2378335	2378335	2378335	2378335	2378335
F Корпус	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
F норм. Корпус	1	1	1	1	1	1	1
P ЭУ	394.3	394.3	394.3	394.3	394.3	394.3	394.3
W ЭУ	107.4	107.4	107.4	107.4	107.4	107.4	107.4
E ЭУ	114.9	114.9	114.9	114.9	114.9	114.9	114.9
Z ЭУ	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12
S ЭУ	35255	35255	35255	35255	35255	35255	35255
F ЭУ	35255	35255	35255	35255	35255	35255	35255
F норм. ЭУ	1	1	1	1	1	1	1
P Грузовое устройство	612	420	420	544	378	378	378
W Грузовое устройство	0	0	0	0	0	0	0
E Грузовое устройство	1845	1500	1500	1640	1350	1350	1350
Z Грузовое устройство	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
S Грузовое устройство	612000	420000	420000	544000	378000	378000	378000
F Грузовое устройство	0.1	0.103	0.103	0.113	0.114	0.114	0.114
F норм. Груз. У-во	1	0.97	0.97	0.88	0.88	0.88	0.88
P ЭЭС	481.8	481.8	487.1	481.8	481.8	485.7	487.1
W ЭЭС	192	192	224	192	192	237.5	224
E1 ЭЭС	1000	1000	1520	1000	1000	1000	1520
E2 ЭЭС	2000	2000	1520	2000	2000	1500	1520
Z ЭЭС	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4

Параметр \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7
S ЭЭС	14454216	14454216	14613215	14454216	14454216	14571216	14613215
F норм.ЭЭС	1	1	1	1	1	1	1
P полезная грузоподъ-емность корабля	6508	6700	6695	6576	6742	6738	6737
W полезная вместимость корабля	6919	6919	6887	6919	6919	6874	6887
S стоимость корабля	7619995	6236707	6255787	6741901	5724048	5738088	5743127

Как видно из приведенной таблицы с результатами, мы имеем 3 варианта, для которых все функции оптимизации подсистем имеют статус «Хорошо» на одном наборе исходных переменных, целевые функции которых отличаются от оптимально возможных менее чем на 5% (этот порог был задан нами в качестве критерия «Хорошо»), и 4 варианта «приемлемых» решений, целевые функции подсистем отличаются от оптимально возможных менее чем на 15% (в скобках заметим, что «приемлемые» решения только по одной подсистеме «Грузовое устройство», по всем остальным целевым функциям решения относятся к кластеру «Хорошо»).

Самое интересное в полученных результатах то, что оптимизируемая на высшем уровне функция стоимости Корабля в целом для наилучшего с точки зрения оптимизации подсистем варианта 1 (все подсистемы оптимизированы оптимальным образом) наилучшая среди представленных вариантов. Это легко объяснимо, так как Грузовые устройства оптимизировались по времени погрузки/разгрузки, и экономия при эксплуатации более мощного оборудования не компенсировала его повышенной первоначальной стоимости при заданных условиях. Наиболее интересными с точки зрения оптимизации стоимости судна в целом являются 5, 6 и 7 варианты, имеющие с точки зрения оптимизации подсистем оценку «Удовлетворительно».

Использование математического аппарата нечеткой логики позволяет нам решить проблему оптимизации сложной иерархической системы. В данной статье мы показали, что возможно не только эффективно решать проблему согласования оптимальных решений частных задач оптимизации подсистем, которые могут рассчитываться параллельно друг другу, но и одновременно с этим эффективно решать задачу оптимизации системы верхнего уровня.

Список литературы

- 1) Артюшина Т.Г., Гайкович А.И. Проблема повышения эффективности проектирования судов на исследовательских стадиях с использованием САПР. – "Судостроение", 2007, №5, с. 11 – 14
- 2) Выбор математической модели для описания многоуровневой, многоцелевой технической системы типа "Судно" на начальных стадиях проектирования.-"Научные технологии", 2015, №5, с. 5-10.
- 3) Артюшина Т.Г. "Общая схема работ системы судно и решение проблем, связанных с ее многоуровневой оптимизацией" Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции "Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития", 2016, № 3. г.Волгоград, с.152-158
- 4) Артюшина Т.Г." Применение теории нечетких множеств для отображения общности принципов, используемых при описании структуры объекта реальной системы, на примере объектов технической и экономической системы". Москва, Научные технологии, 2016, №2 т.17 с.66-70
- 5) Артюшина Т.Г. "Полное описание подсистем математической модели судна на примере контейнеровоза с использованием математического аппарата на основе теории нечетких множеств с результатами компьютерного эксперимента по подсистемам Корпус и Гидродинамический комплекс" Москва, Научные технологии, 2016, №3 т.17 с.3-11

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.

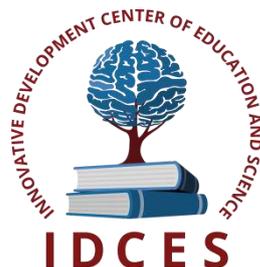
IV Международная научно-практическая конференция **«Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

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»).

INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Проблемы и достижения в науке и технике

Выпуск IV

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

г. Омск

2017 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.05.2017.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,0.
Тираж 250 экз. Заказ № 053.

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