

В.М. Ахундов, Т.А. Скрипочка

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРНОГО РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ШАРНИРА. ОСЕВОЙ СДВИГ

В задаче об осевом сдвиге цилиндрического тела моделируется деформационное поведение цилиндрического шарнира под воздействием взаимно уравновешенных осевых сил, приложенных к его внутренней и наружной металлическим обоймам.

Ключевые слова: тело цилиндрическое, деформации большие, сдвиг осевой материал эластомерный

Деформация осевого сдвига цилиндра нашла свое рассмотрение в [1–3]. В этих работах представлены основные соотношения данной деформации цилиндрического тела из несжимаемого эластомерного материала и результаты, полученные на их основе. В настоящей статье приводятся результаты изучения деформации осевого сдвига полого цилиндра из эластомерного материала с учетом его сжимаемости.

1. Постановка задачи. Достаточно длинное цилиндрическое тело с поперечным сечением круглой кольцевой формы с радиусами внутренней и наружной поверхностей $r = a$ и $r = b$ находится в условиях осевого сдвига (рис. 1). Деформация осевого сдвига обуславливается перемещением $\hat{u}_b$ наружной поверхности цилиндра относительно внутренней вдоль его осевой линии. Деформация растяжения или сжатия задается кратностью $\hat{L}$ удлинения цилиндра.

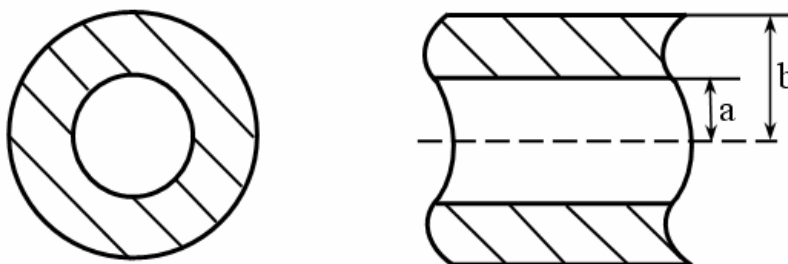


Рисунок 1 - Поперечное и продольное сечения цилиндра в исходном состоянии

Условия симметрии задачи приводят к нелинейным зависимостям осевой $\hat{u}_{(1)}$ и радиальной $\hat{u}_{(3)}$ компонент по радиальной координате r и к нулевому значению окружной компоненты $\hat{u}_{(2)}$ вектора перемещений:

$$\hat{u}_{(1)} = \hat{u}_{(1)}(r), \quad \hat{u}_{(2)} = 0, \quad \hat{u}_{(3)} = \hat{u}_{(3)}(r).$$

На рис. 2 представлена схема компонент $\hat{u}_{(1)}$ и $\hat{u}_{(3)}$ перемещений r -координатной линии относительно отсчетной системы координат. В результате данных перемещений материальные отрезки цилиндра с радиальной ориентацией трансформируются в кривые линии, расположенные в меридиональных плоскостях.

Уравнения математической модели осевого сдвига цилиндра построили исходя из общих соотношений нелинейной механики упруго деформируемого тела [3]. В итоге получили разрешающую систему обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка относительно основных искомых величин.

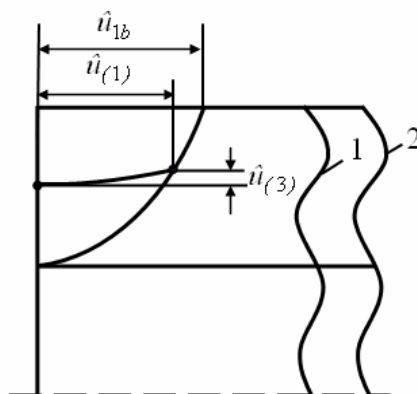


Рисунок 2 - Схема компонент $\hat{u}_{(1)}$ и $\hat{u}_{(3)}$ перемещений r -координатной линии относительно отсчетной системы координат: (1) и (2) – осевые сечения цилиндра в исходном и деформированном состояниях

В качестве основных искомых величин принимали осевую $\hat{u}_{(1)}$ и радиальную $\hat{u}_{(3)}$ компоненты вектора перемещений, касательное $\hat{p}_{31}$ и нормальное $\hat{p}_{33}$ напряжения в цилиндрических поверхностях тела.

2. Методы исследования. В основу численного решения задачи об осевом сдвиге цилиндра положили метод конечных разностей.

Производные первого порядка от основных величин, содержащиеся в уравнениях решаемой краевой задачи аппроксимировали с помощью конечно-разностных соотношений второго порядка точности. С привлечением соответствующих граничных условий в итоге формируется система нелинейных уравнений относительно значений основных искомых величин в узловых точках интервала краевой задачи $a \leq r \leq b$. Полученная система уравнений решается на основе процедуры дискретного метода Ньютона [4]. Решение краевой задачи производится поэтапно на основе продолжения по осевому перемещению $\hat{u}_{1b}$ наружной лицевой поверхности относительно внутренней.

3. Результаты исследования. Проведены исследования деформации осевого сдвига цилиндра, жестко связанного с недеформируемыми обоймами. Исходная конфигурация цилиндра характеризуется радиусами внутренней $a=100$ мм и наружной $b=200$ мм поверхностей, находящихся в жестком контакте с соответствующими поверхностями обойм – втулок. Резиновый материал цилиндра описывали с помощью трехконстантного потенциала Левинсона–Буржеса [5] с упругими параметрами $E_m = 4$ МПа, $\nu_m = 0,49$, $\beta_m = 1$. Нагружение цилиндра задавали, изменяя величину осевого перемещения наружной поверхности цилиндра относительно внутренней в диапазоне $0 \leq \hat{u}_{1b} \leq 100$ мм.

$$W_m = \frac{E_m}{4(1+\nu_m)} \left[\beta_m (I_1 - 3) + (1 - \beta_m) (I_2 I_3^{-1} - 3) + 2(1 - 2\beta_m) (\sqrt{I_3} - 1) \right] + \\ + \left(2\beta_m + \frac{4\nu_m - 1}{1 - 2\nu_m} \right) (\sqrt{I_3} - 1)^2$$

На рис. 3 показана деформация меридиональных сечений цилиндра при перемещениях наружной поверхности $\hat{u}_{1b} = 20$ мм, 40 мм, ..., 100 мм. Деформация меридиональных сечений имеет место как результат их перемещений $\hat{u}_{(1)}$ и $\hat{u}_{(3)}$ и представляется кривыми линиями в этих же сечениях, в которые трансформируются материальные отрезки с радиальной ориентацией в исходном состоянии. Кривые линии, берущие свое начало на радиальном отрезке, представляют собой траектории перемещения материальных

точек $r=120$ мм, 140 мм, ..., 200 мм при деформировании цилиндра в диапазоне сдвигового перемещения $0 \leq u_{1b} \leq 100$ мм.

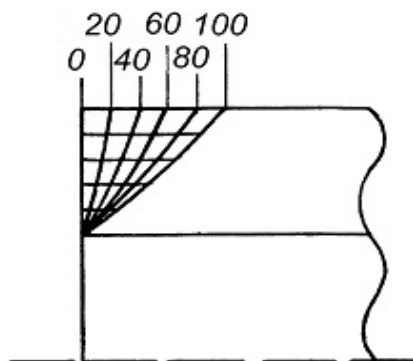


Рисунок 3 - Деформация меридиональных сечений цилиндра при перемещениях наружной поверхности $\hat{u}_{1b}=20$ мм, 40мм, ..., 100мм

На рис. 4 изображены зависимости для кратностей удлинений цилиндра $\hat{\lambda}_2$ (кривые 1) и $\hat{\lambda}_3$ (кривые 2) в окружном и радиальном направлениях. Кратность удлинений $\hat{\phi}$ – координатных линий (окружностей) на внутренней $r=a$ и наружной $r=b$ поверхностях цилиндров $\hat{\lambda}_2=1$. Для внутренних точек цилиндра $a < r < b$ окружная деформация однородного цилиндра также $\hat{\lambda}_2=1$. Это означает, что радиальные перемещения $\hat{u}_{(3)} = \hat{r} - r$ для однородного цилиндра отсутствуют. Радиальная деформация $\hat{\lambda}_3$ цилиндра монотонно уменьшается в направлении от внутренней поверхности $r=a$ к наружной $r=b$. При этом данная деформация изменяется в диапазоне $1,76 \leq \hat{\lambda}_3 \leq 1,23$.

На рис. 5 показаны изменения по толщине стенки цилиндра нормальных напряжений $\hat{p}_{11}^-$ (кривая 1) и $\hat{p}_{22}^-$ (кривая 2) в плоскостях поперечного и меридионального сечений, а также нормального $\hat{p}_{33}^-$ (кривая 3) и касательного $\hat{p}_{31}^-$ (кривая 4) напряжений в поверхности цилиндрического сечения деформированного цилиндра. Окружное $\hat{p}_{22}^-$ и радиальное $\hat{p}_{33}^-$ напряжения равняются нулю. Осевое напряжение $\hat{p}_{11}^-$ является также всюду растягивающим и убывает в направлении от внутренней поверхности к наружной. Убывает и

касательное напряжение по направлению к наружной поверхности.

Значение касательного напряжения $\hat{p}_{31}$ на внутренней поверхности в 2 раза превосходит значение этого же напряжения в наружной поверхности в соответствии с соотношением радиусов граничных поверхностей $b/a = 2$.

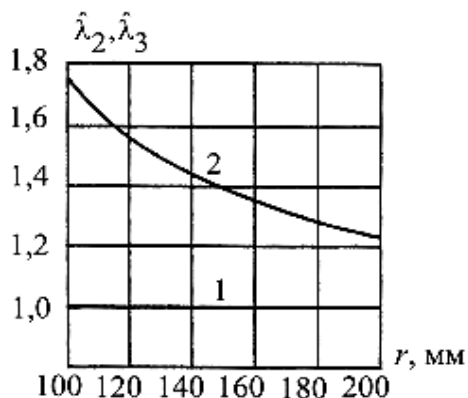


Рисунок 4 - Изменения по толщине стенки цилиндра кратностей удлинений $\hat{\lambda}_2$ (1) и $\hat{\lambda}_3$ (2) в окружном и радиальном направлениях

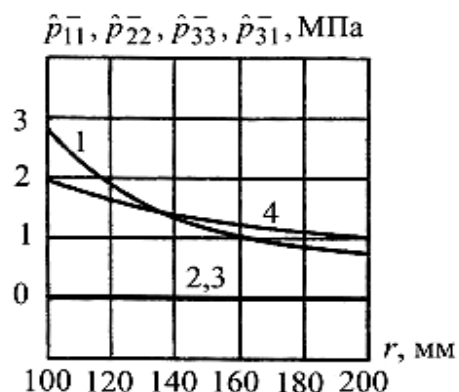


Рисунок 5 - Изменения по толщине стенки цилиндра нормальных $\hat{p}_{11}$ (1), $\hat{p}_{22}$ (2), $\hat{p}_{33}$ (3) и касательного $\hat{p}_{31}$ (4) напряжений

На рис. 6 (а) показано изменение удельной силы сдвига $\hat{F}_c = 2\pi r \hat{p}_{31}$ в зависимости от величины осевого смещения. Сила сдвига прямо пропорциональна осевому смещению $\hat{u}_{1b}$ на всем интервале значений $0 \leq \hat{u}_{1b} \leq 100 \text{ мм}$.

На рис. 6 (б) показано изменение осевой силы в поперечных сечениях цилиндра $\hat{F} = \int_a^b 2\pi r \hat{p}_{11} dr$ в зависимости от величины смещения $\hat{u}_{1b}$ наружной поверхности цилиндра относительно внутренней. Осевая сила $\hat{F}$ и удельная сила сдвига $\hat{F}_c$ связаны соотношением $\hat{F} = \hat{F}_c \cdot \hat{u}_{1b}$, которое вытекает из условия равновесия части цилиндрического тела, заключенной между поперечными эйлеровой и лагранжевой поверхностями. Сила сдвига $\hat{F}_c$ прямо пропорциональна осевому смещению $\hat{u}_{1b}$ на всем интервале значений $0 \leq \hat{u}_{1b} \leq 100 \text{ мм}$. Осевая сила $\hat{F}$ является силой растяжения. На всем

интервале $0 \leq \hat{u}_{1b} \leq 100 \text{ мм}$ сила $\hat{F}$ прямо пропорциональна квадрату осевого смещения $\hat{u}_{1b}$. Это является следствием прямо пропорциональной зависимости силы сдвига $\hat{F}_c$ от $\hat{u}_{1b}$.

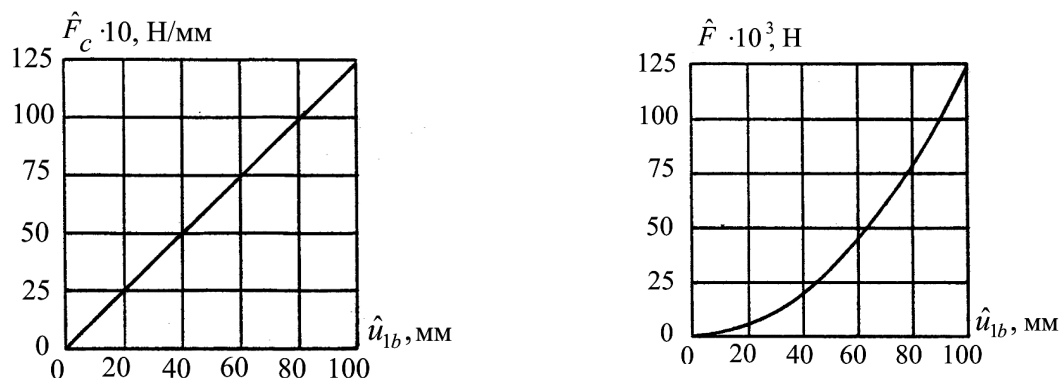


Рисунок 6 - Изменения удельной силы сдвига $\hat{F}_c$ (а) и осевой силы $\hat{F}$ (б) в поперечном сечении цилиндра в зависимости от величины смещения $\hat{u}_{1b}$ его наружной поверхности относительно внутренней

4. Выводы. Получены уравнения эластичного цилиндра при больших деформациях осевого сдвига. На базе этих уравнений проведены исследования резинового цилиндра, жестко связанного с недеформируемыми обоями. Выявляется деформационная характеристика цилиндра, определяющая силу осевого сдвига в зависимости от взаимного смещения в осевом направлении наружной и внутренней поверхностей цилиндра. Эта характеристика линейная на рассмотренном интервале значений смещения. Результирующая осевая сила в поперечных сечениях находится в квадратичной зависимости от сдвигового смещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бидерман В.Л. Расчеты резиновых и резино-кордных деталей / Под ред. С.Д. Пономарева. – В кн.: Расчеты на прочность в машиностроении. Т.2. – М.: Машиностроение, 1958. – 975 с.
2. Дымников С.И. Расчет сдвиговой жесткости резино-металлического шарнира при сдвиге и скручивании // Каучук и резина. – 1975. – № 4. – С. 36–38.
3. Черных К.Ф. Нелинейная теория упругости в машиностроительных расчетах. – Л.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
4. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. – М.: Мир, 1975. – 558 с.
5. Levinson M., Burgess I.W. A comparison of some simple constitutive relations for slightly compressible rubber-like materials // Int. J. Mech. Sci. – 1971. – Vol. 13. – P. 563–572.

С.В. Белодеденко, Д.А. Кононов, И.В. Пелых
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ
ДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНОГО СИТА**

В данной статье рассмотрена новая конструкция динамически-активной просеивающей поверхности вибрационного грохота. Предложена методика определения геометрических размеров элементов сита, исходя из условия совпадения частот свободных колебаний элементов сита и вынуждающей силы. В работе определены зависимости частот свободных колебаний от геометрических размеров элементов новой просеивающей поверхности и модуля упругости резины.

Ключевые слова: просеивающая поверхность вибрационного грохота, частота свободных колебаний

Повышение качества исходного минерального сырья в металлургии в настоящее время является актуальной проблемой. Одна из сторон этой проблемы – обеспечения необходимого гранулометрического состава сырья [1]. Основной операцией для сортировки сырья на металлургических предприятиях остается процесс грохочения на грохотах различных конструкций, с различными видами просеивающих поверхностей [2].

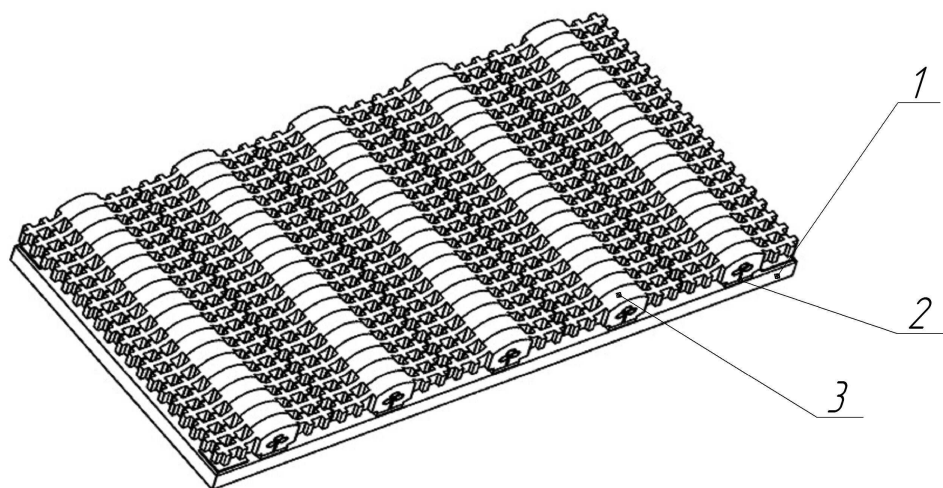
Множество разнообразных конструкций металлических, резиновых и резинометаллических просеивающих поверхностей шихтовых вибрационных грохотов, используемых в условиях среднего и мелкого грохочения различных видов металлургического минерального сырья, созданы, внедрены в производство и длительное время находятся в процессе эксплуатации. Но данные конструкции сит, работающие при больших ударных нагрузках, не обеспечивают необходимую эффективность грохочения, особенно в условиях работы с влажным и склонным к слипанию крупно- и среднекусковым металлургическим минеральным сырьём [3].

Для решения существующей проблемы грохочения влажного и липкого минерального сырья предлагается перейти к использованию на виброгрохотах сит новой конструкции [4,5]. Новая конструкция

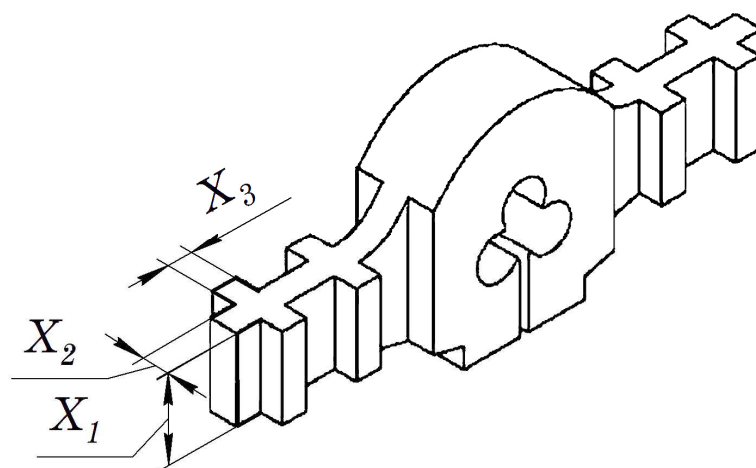
сита представлена на рис. 1,а. Основными ее элементами являются сварная рама 3, к которой приварены металлические колосники 1, на которые в свою очередь насажены резиновые карты 2. Общий вид одного элемента карты представлен на рис. 1,б.

Резиновые карты формируют динамически активную просеивающую поверхность, в которой имеется возможность осуществление местных перемещений, которые активизируют «виброкипение» перемещаемого слоя сырья и способствуют самоочищению сита.

Одной из главных задач, стоящих при проектировании данной конструкции сит, является определение геометрических размеров элементов сита, при которых собственная частота колебаний элементов карты сита должна совпадать с вынужденной частотой колебаний короба грохота.



а)



б)

Рисунок 1 - Общие виды новой конструкции просеивающей поверхности (а) и одного её элемента (б)

В случае возникновения явления резонанса, «крылья» элементов резиновых карт совершают колебательные движения с достаточной амплитудой и не позволяют мелким и влажным частицам задерживаться в отверстиях поверхности, а возможные относительные движения «крыльев» смежных карточек способны самостоятельно удалять кусочки известняка, застрявших в отверстиях. К тому же резонирующие «крылья» разрыхляют слой материала, который находится над ними, тем самым интенсифицируя процессы сегрегации и просеивания.

Поскольку элемент просеивающей поверхности, имеет сложную форму, для решения поставленной задачи воспользуемся методом конечных элементов (МКЭ) [20].

Для определения собственных форм и частот колебаний с помощью программных продуктов, реализуя МКЭ, необходимо повести следующие этапы:

- а) создание твердотельной модели одного элемента просеивающей поверхности;
- б) создание конечно-элементной модели, описание свойств материала и граничных условий (закрепление и внешнее воздействие);
- в) определение собственных форм и частот колебаний элементов сита;
- г) определение геометрических размеров элементов поверхностей просеивают, с целью достижения резонансных колебаний при заданной частоте возмущающей силы (частоты вращения вала-дебаланса).

Рассмотрим определение размеров элементов просеивающей карты при грохочении известняка фракции +20 мм, в условиях кислородно-конвертерного цеха ПАО «Евраз-ДМЗ им. Г.И. Петровского».

В качестве переменных факторов были выбраны следующие геометрические размеры элементов резиновой карты (см. рис.1,б):

- 1) высота крылышек «крыльев» X_1 , мм;
- 2) толщина несущей части «крыльев» карты X_2 , мм;
- 3) толщина выступов, формирующих отверстие X_3 , мм.

При изготовлении эластичных элементов просеивающей поверхности используется резина марки 2959 [ТУ У 25.1-20202906-077-2005], которая широко применяется для резиновых и резинометалли-

ческих изделий в горной и металлургической промышленности, в частности, для ленточно-резонирующих сит конструкций ИГТМ [6]. Резина этой марки имеет плотность $\rho = 1,37 \text{ т/м}^3$ и коэффициент Пуассона $\mu = 0,49$.

Так как модуль упругости резины марки 2959 промышленного производства может иметь некоторые отклонения от табличного значения, равного 6,3 МПа, а небольшие отклонения этого параметра существенно влияют на значения частот свободных колебаний элементов, дополнительно к геометрическим размерам элементов резиновой карты добавим в качестве переменного фактора X_4 , учитывающий модуль упругость резины.

Для определения влияния этих факторов на частоту свободных колебаний был проведен многофакторный математический эксперимент. Математический эксперимент проведен методом полнофакторного планирования.

В качестве исследуемых зависимостей были рассмотрены следующие функции отклика:

- 1) собственная частота колебаний в горизонтальной плоскости;
- 2) собственная частота колебаний в вертикальной плоскости;
- 3) собственная частота крутильных колебаний.

Значения параметров, принятых в качестве базовых, интервалы их изменения и значения параметров на верхнем и нижнем уровнях варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения факторов эксперимента при исследовании собственных частот колебаний упругих элементов

Параметры планирования	X_1 , мм	X_2 , мм	X_3 , мм	X_4 , МПа
Базовый уровень (0)	40	13	12	6,3
Пределы изменения	5	5	5	2
Верхний уровень (+1)	45	18	17	8,3
Нижний уровень (-1)	35	8	7	4,3

Для уменьшения времени машинного расчета, учтем симметричность задачи, введя соответствующие граничные условия. В результате получаем конечно-элементную модель, представленную на рис. 2.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i \cdot x_i,$$

где b_i - коэффициенты регрессии; x_i - нормированные факторы, переменные на трех уровнях: +1, 0, -1.

Коэффициенты регрессии определялись по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N} \quad b_i = \frac{\sum_{n=1}^N y_n \cdot x_{in}}{N},$$

где i - номер фактора; n - номер опыта; N - число опытов; x_{in} - значение x_i в n -м опыте; y_n - значение исследуемого параметра в n -м опыте.

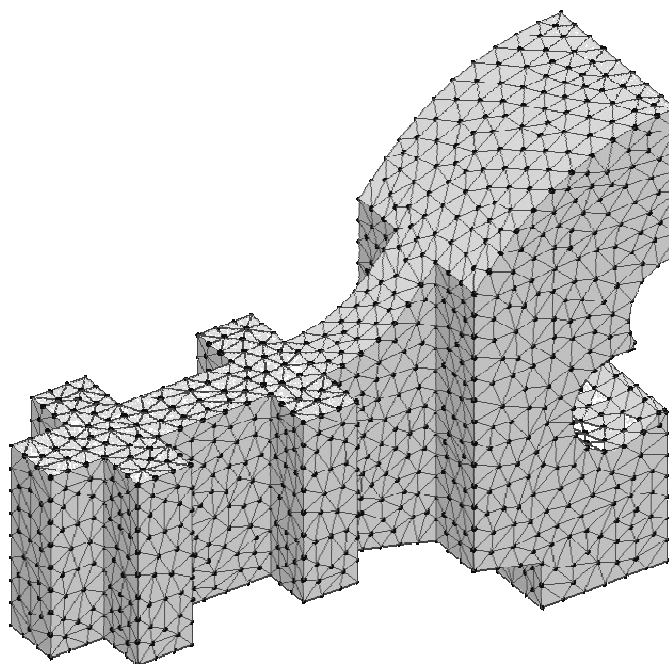


Рисунок 2 - Конечно-элементная модель элемента просеивающей поверхности

Значимость переменных факторов и их сочетаний оценивалась с помощью коэффициентов корреляции.

После обработки результатов, получены зависимости для определения собственных частот колебаний элементов просеивающей поверхности:

в горизонтальной плоскости

$$Y = 28,76 + 3,071 \cdot x_2 - 6,72 \cdot x_3 + 4,54 \cdot x_4 + 0,15 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,16 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,35 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,65 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,95 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,34 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,12 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,12 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4$$

в вертикальной плоскости

$$Y = 50,98 - 11,66 \cdot x_3 + 8,31 \cdot x_4 - 0,28 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,44 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,089438 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,343188 \cdot x_2 \cdot x_4 - 1,90 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,04 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4$$

крутильных

$$Y=98,89-15,71 \cdot x_3+16,11 \cdot x_4+1,05 \cdot x_1 \cdot x_3-0,56 \cdot x_1 \cdot x_4+0,25 \cdot x_2 \cdot x_3+0,91 \cdot x_2 \cdot x_4+0,06 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3-0,11 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4$$

Кроме определения собственных частот колебаний элементов карт просеивающих поверхностей, полученные зависимости могут быть использованы для определения рациональных геометрических размеров элементов карт и модуля упругости резины в случае, если необходимо установить сита новой конструкции на грохот без изменения частоты колебаний короба. В случае если это необходимо, некоторые геометрические размеры карты могут быть связаны необходимыми соотношениями или определены заранее, исходя из других технических или технологических требований.

Выводы

В данной работе предложена методика определения геометрических размеров элементов динамически-активного сита вибрационного грохота, исходя из условия резонанса.

Определены зависимости частот свободных вертикальных, горизонтальных и крутильных колебаний элементов просеивающей поверхности, предназначенной для отсева мелочи известняка фракции + 20 мм, от геометрических размеров элементов сита и модуля упругости резины, из которого они изготавливаются.

Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании просеивающих поверхностей новой конструкции, отличающихся более высокой эффективностью грохочения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Том 1, Москва, МГТИ, 2004.- 470с.
2. Учитель А.Д., Севернюк В.В., Лялюк В.П., Большаков В.И. Сортировка минерального сырья и шихт на вибрационных грохотах. – Днепропетровск. Пороги, 1998, –194с.
3. И.В. Пелых, Д.А. Кононов. К вопросу разработки концепции рационального способа классификации крупнокускового металлургического минерального сырья /Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 2 (67). - Днепропетровск, 2010. - с. 119 -125.
4. Положительное решение по заявке а 2008 11090 Украина МИК В07В1/46.
5. И В. Пелых. Грохот с просеивающей поверхностью колосниково-карточного типа в линии шихтоподачи конвертерного цеха/ Вісник КТУ, вип.. 23, 2009. – с. 110-115.
6. Червоненко А.Г., Морус В.Л. Износостойкие динамически активные просеивающие поверхности из эластомеров для разделения сыпучих материалов и пульп. / Труды II – го международного симпозиума по механике эластомеров, Том 1.- Институт геотехнической механики НАН Украины, г. Днепропетровск, Полиграфист, 1997.- с. 296-310.

А.И. Михалёв, А.И. Гуда

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ КРИТЕРИЕВ
АДАПТИВНО-ПОИСКОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ВАН-ДЕР-ПОЛЯ**

Аннотация. В статье проведено сравнение двух систем адаптивно-поисковой идентификации системы Ван-Дер-Поля, основанных на двух критериях. Исследованы вопросы скорости и точности поиска в различных режимах.

Ключевые слова: Идентификация, хаотическая динамика, критерий идентификации, нелинейная колебательная система Ван-Дер-Поля

Введение

Современные технологические объекты и системы управления характеризуются высокой сложностью и существенной нелинейностью. При этом динамика системы зачастую не отличается (с точки зрения идентификации) от динамики хаотических систем [3]. Как было показано в [1,4], для идентификации систем подобного класса необходимо применение специальных критериев идентификации, основанных на интегральных свойствах идентифицируемой системы. Однако, для одной и той же динамической системы возможно существование нескольких критериев, отличающихся как свойствами, так и сложностью реализации. При синтезе системы идентификации возникает задача выбора лучшего критерия.

Постановка задачи

Рассмотрим нелинейную динамическую систему Ван-Дер-Поля [7]:

$$\ddot{x} + \varepsilon(1 - x^2)\dot{x} + \Omega_0^2 x = u(t), \quad (1)$$

где $x(t)$ – координата колебаний, ε – параметр, определяющий получение энергии системой, Ω – собственная частота при $\varepsilon = 0$, $u(t)$ – внешнее возмущающее воздействие. Данная система проявляет, в за-

висимости от значений её параметров, как регулярное, так и хаотическое поведение, что не даёт возможности применить критерий идентификации, основанный на мере близости мгновенных значений выходных сигналов модели и объекта. Характерный фазовый портрет динамики системы в хаотическом режиме представлен на рис. 1.

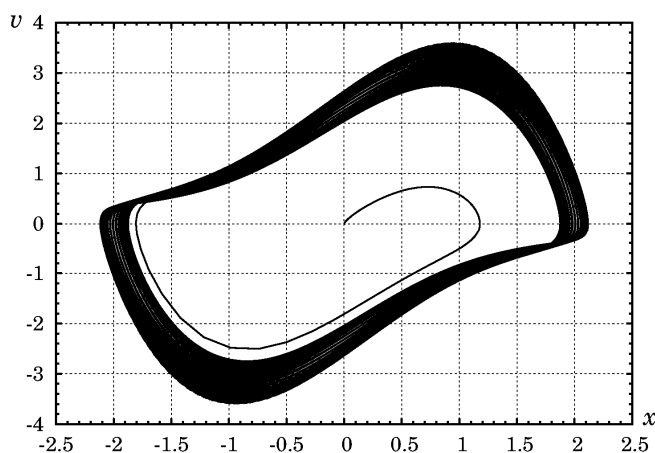


Рисунок 1 – Фазовый портрет системы (1) в хаотическом режиме

В работе [1] был предложен критерий, основанный на оценивании среднего значения “квазипериода” $\bar{T}$ выходного сигнала. Значение критерия идентификации предлагалось определить следующим образом:

$$F_T = \exp\left(-\gamma(\bar{T}_0 - \bar{T}_m)^2\right). \quad (2)$$

На основе данного критерия была построена система идентификации, и результаты моделирования показали её работоспособность. При этом была отмечена малая скорость идентификации.

В работе [2] для той же динамической системы был предложен другой критерий, основанный на том факте, что при росте величины ε система приобретает все более нелинейный “переключающий” характер. Следовательно, можно применить более простой квадратичный критерий со сглаживанием:

$$F_s = \exp\left(-\gamma(a_m - a_o)_2\right), \quad (3)$$

где

$$\frac{da(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_f} (x^2(t) - a(t)). \quad (4)$$

Для системы идентификации, основанной на данном критерии, были проведены процессы моделирования, в условиях, аналогичных предыдущим. В результате было высказано предположение, что данный критерий лучше как в смысле быстродействия, так и в смысле

простоты реализации. Целью данной работы является сравнительный анализ систем идентификации, построенных на предложенных критериях, в различных режимах работы.

Моделирование процесса идентификации и анализ результатов

Рассмотрим графики зависимостей $\bar{T}(\epsilon)$ и $\bar{x}^2 = a(\epsilon)$, лежащих в основе исследуемых критериев (рис. 2) при различных значениях частоты входного сигнала ω_{in} .

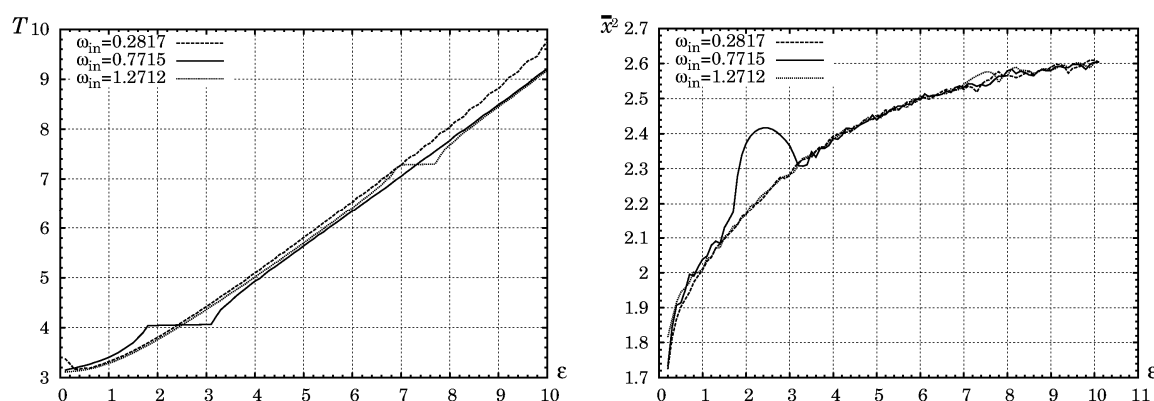


Рисунок 2 – Зависимости $\bar{T}(\epsilon)$ и $a(\epsilon)$ для системы (1)

Прежде всего, можно сделать вывод, что в большей части рабочего диапазона наблюдается монотонная зависимость исследуемой величины (следовательно, и критерия) от величины параметра. Причем эта монотонность нарушается для обоих критериев в одних и тех же диапазонах, когда наблюдается явление “захвата частоты”. При этом частота и фаза выходного сигнала определяется частотой и фазой входного. Проявляется это явление на графиках по-разному. Зависимость $\bar{T}(\epsilon)$ образует горизонтальный участок, на котором следует ожидать или полное нарушение процесса идентификации, или, в лучшем случае, значительное снижение скорости поиска. На зависимости $a(\epsilon)$ при этих же условиях наблюдается всплеск, что вызывает опасения в работоспособности поиска при недостаточно разнесенных пробных значениях параметра.

Следующий факт, который следует отметить, заключается в том, что для получения данных для графиков, представленных на рис. 2, потребовались существенно различающиеся времена усреднений. Для получения зависимости $\bar{T}(\epsilon)$ понадобилось усреднение на модельном времени порядка 1024 с. При прочих равных, для получе-

ния зависимости $a(\epsilon)$ оказалось достаточным усреднение за 128 с. Из этого можно сделать предварительный вывод, что второй критерий потенциально позволяет построить систему идентификации с большим быстродействием, или при том же быстродействии – с меньшей ошибкой идентификации.

Рассмотрим результаты моделирования процессов адаптивно-поисковой идентификации системы (1) при использовании критериев (3) и (4) и при одинаковых начальных данных. Параметры самой системы идентификации выбивались в каждом случае таким образом, что бы получить максимальную скорость идентификации при условии сохранения устойчивости поиска. В первую очередь рассмотрим процесс идентификации вдали от области захвата частоты. Искомое значение параметра выбрано $\epsilon_0 = 1.5$, а точки начала поиска ϵ_0 – соответственно 1.2 и 1.9 (рис. 3 и 4). Графики, помеченные буквой “а”, соответствуют критерию (2), а буквой “б” – критерию (3).

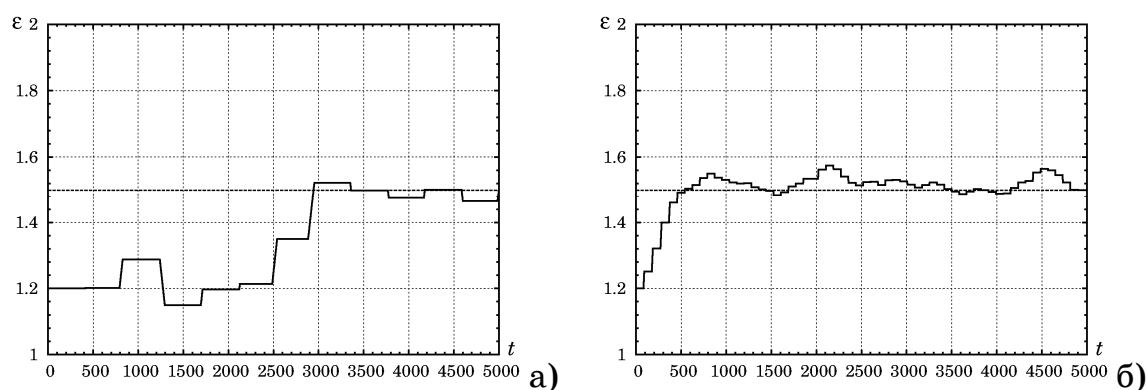


Рисунок 3 – Моделирование процесса идентификации при $\epsilon_0 = 1.5$ и $\epsilon_0 = 1.2$

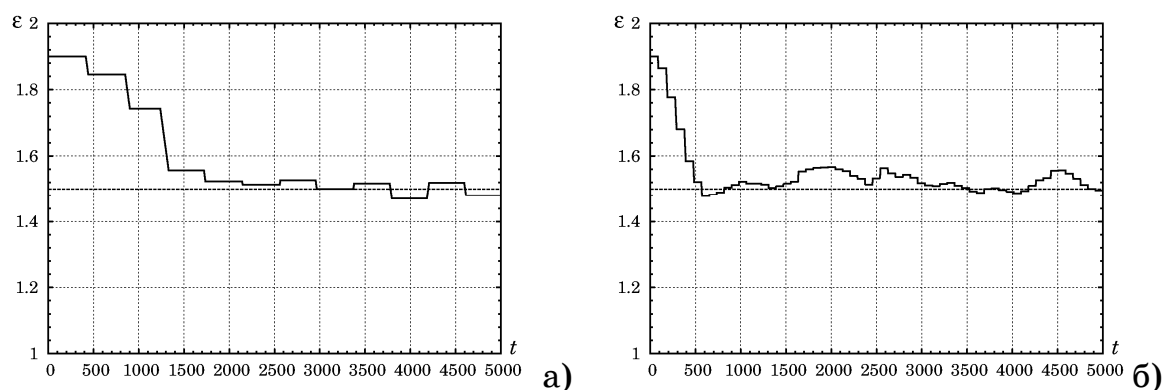


Рисунок 4 – Моделирование процесса идентификации при $\epsilon_0 = 1.5$ и $\epsilon_0 = 1.9$

Как и следовало ожидать, при использовании обоих критериев системы адаптивно-поисковой идентификации проявляют работоспособность. При этом, как и предполагалось в предварительном анализе, использование критерия (3) приводит к существенно большей скорости процесса идентификации в равных условиях.

Рассмотрим поведение системы идентификации в условиях “захвата частоты”. Пусть $\varepsilon_0 = 2.5$ (приблизительно центр “плато”), а стартовые значения ε_0 – соответственно 2.0 и 2.9 (рис. 5 и 6).

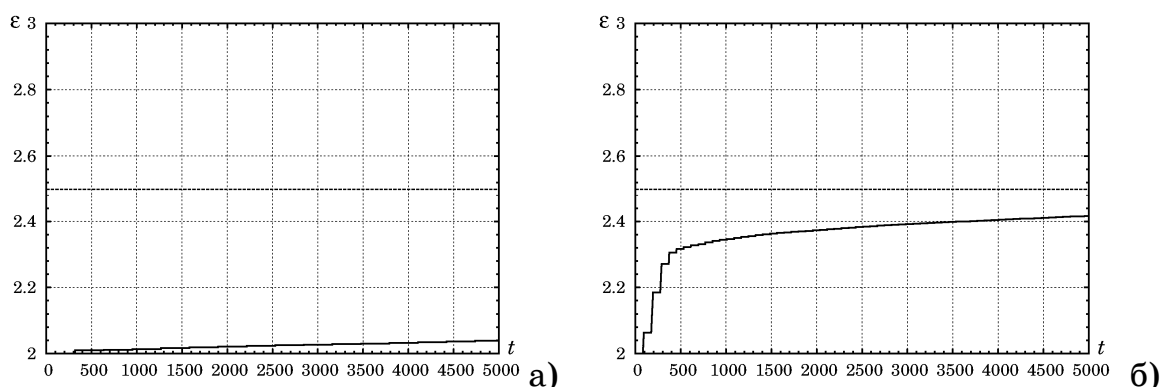


Рисунок 5 – Моделирование процесса идентификации при $\varepsilon_0 = 2.5$ и $\varepsilon_0 = 2.0$

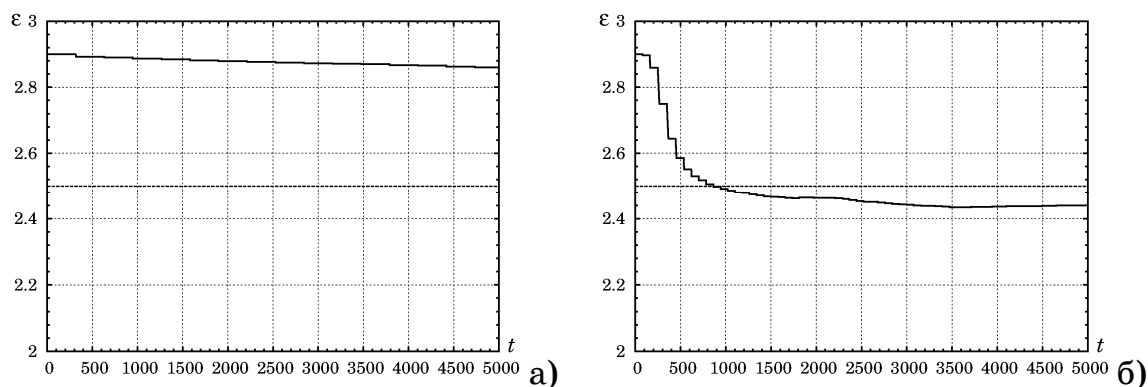


Рисунок 6 – Моделирование процесса идентификации при $\varepsilon_0 = 2.5$ и $\varepsilon_0 = 2.9$

Из результатов моделирования видно, что в режиме “захвата частоты” использование критерия вида (2) приводит к пусть и не нулевой (как предполагалось), но все же пренебрежимо малой скорости поиска. Использование же критерия вида (3) позволяет сохранить работоспособность системы идентификации, правда ценой увеличения систематической ошибки идентификации.

Выводы

Результаты моделирования показали, что в исследованных диапазонах использование критерия вида (3) предпочтительно. Система адаптивно-поисковой идентификации при использовании данного критерия обеспечивает большую скорость и/или скорость идентификации, и при этом имеет более простую схемную реализацию. Более того, в отличие от критерия вида (2), сохраняется работоспособность системы и при смене режима системы (1), а именно – при реализации явления “захвата частоты”. Вышеперечисленные свойства критерия вида (3) позволяют сделать однозначный выбор. Тем не менее, нет достаточных оснований утверждать, что не существует таких условий, при которых использование критерия (2) было бы оправданным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалёв А.И., Гуда А.И. Выбор критерия при адаптивно-поисковой идентификации динамической системы Ван-Дер-Поля // Адаптивные системы автоматического управления. – 2010. – № 16(36). – С. 154–160.
2. Михалёв А.И., Гуда А.И. Исследование альтернативного критерия при адаптивно-поисковой идентификации динамической системы Ван-Дер-Поля // Адаптивные системы автоматического управления. – 2010. – № 17(37). – С. 149–154.
3. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б., Стрелкова Г.И. Шиманский-Гайер Л. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 544 стр.
4. Михалёв А.И., Гуда А.И., Новикова Е.Ю. Синтез критерия идентификации нелинейных динамических систем на физических принципах // Адаптивные системы автоматического управления. – 2007. – № 11(31). – С. 136–142.
5. Михалёв А.И., Гуда А.И. Адаптивно-поисковая идентификация хаотической динамической системы Дуффинга // Адаптивные системы автоматического управления. – 2008. – № 12(32). – С. 166–171.
6. Магницкий Н.А., Сидоров С.В. Новые методы хаотической динамики. – М.: Едиториал УРСС, 2004 – 320 с.
7. Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 1990. – 312 с.

УДК 669.162:621

В.А.Усенко, В.Н. Ковшов, В.А. Петренко, Р.А. Куприков,
Е.Е. Вылупко, С.Е. Сулименко

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ЗА СЧЕТ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
ВЗАИМНОГО ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ
И НИЖНЕЙ ЗОНАХ**

Аннотация. Проведены теоретические исследования и математическое описание распределения газовых потоков в верхней и нижней зоне доменной печи, с целью увеличения производительности. Предложены оптимальные соотношения параметров загрузки и длины зоны горения

Ключевые слова: Доменная печь, технология, оптимизация, взаимовлияние, верхняя и нижняя зона

Постановка проблемы

Разработка методики ведения плавки с более рациональным использованием газового потока предопределяет резервы увеличения производительности доменной печи, экономии энергоресурсов и снижение себестоимости продукции.

Анализ исследований и публикаций

Известно на качественном уровне, что газораспределение в верхней зоне доменной печи должно соответствовать газораспределению в нижней зоне. Однако в какой количественной мере связаны распределение шихты на колошнике и газового потока в горне в технической литературе сведений нет.

Цель исследований

Целью данной работы является теоретическое исследование и математическое описание распределения газовых потоков в верхней и нижней зоне доменной печи.

Выяснение количественной связи газораспределения в нижней и верхней зонах, которое в свою очередь позволит разработать рекомендации по комплексной оптимизации использования газового по-

© Усенко В.А., Ковшов В.Н., Петренко В.А., Куприков Р.А.,
Вылупко Е.Е., Сулименко С.Е., 2011

тока с учётом регулирующих мер в верхней и нижней зонах доменной печи, что приведёт к оптимальному сочетанию режимов загрузки и дутья, стабилизации хода печи и, в конечном счете, к улучшению технико-экономических показателей доменной плавки: снижению расхода кокса без существенной потери производства чугуна.

Основная часть

Рациональное распределение газового потока в верхней зоне доменной печи определяется в основном параметрами загрузки шихты: системой загрузки, качеством шихты и компонентным её составом. Распределение же газового потока, который в свою очередь, формируется в нижней зоне доменной печи зависит от многих факторов: параметров фурм и дутья, качества кокса, которые входят составной частью в размеры зон горения и циркуляции. Последние и определяют газораспределение, которое доменщики пытаются привести в соответствие, путём подгрузки железорудной шихтой тот или иной участок радиуса колошника, чтобы оптимизировать газодинамический режим, ход печи и, в конечном счете, расход кокса и производительность доменной плавки.

В настоящей статье намечены пути теоретического исследования и математического описания распределения газовых потоков в верхней и нижней зоне доменной печи с учётом основных факторов, влияющих на процесс исследованный на физических моделях, а так же при помощи статистической обработки производственных данных.

Выяснение количественной связи газораспределения в нижней и верхней зонах позволит разработать рекомендации по комплексной оптимизации использования газового потока с учётом регулирующих мер в верхней и нижней зонах доменной печи, что приведёт к оптимальному сочетанию режимов загрузки и дутья, стабилизации хода печи и, в конечном счете, к улучшению технико-экономических показателей доменной плавки: снижению расхода кокса без существенной потери производства чугуна.

С целью оптимизации взаимовлияния распределения газового потока верхней и нижней зон, и дальнейшего выбора более рационального использования внутреннего резерва доменной печи, было выполнено на основе проведенных статистических исследований на доменной печи №3 металлургического комбината «Запорожсталь». Было исследовано влияние расположения зон циркуляции и факто-

ров загрузки на использование газового потока и верхний перепад давлений, на колошнике доменной печи.

Исследование проводилось на основе математического моделирования путем построения квадратичных моделей данного процесса (результаты представлены в таб.1-2), проверка адекватности полученных моделей проводилась по критерию Фишера. Исходя из полученных результатов, после отсева ошибок составили дифференциальные уравнения:

$$\Delta P_B = -15,352 - 0,656 * M + 4,431 * h + 24,351 * L_{зц} + 0,022 * M^2 - 0,239 * h^2 - 7,722 * L_{зц}^2 - 0,003 * \delta * M + 0,041 * \delta * L_{зц} - 2,197 * h * L_{зц} \quad (1)$$

$$\eta_{co} = 236,233 - 0,709 * \delta - 17,595 * M - 193,949 * h + 143,403 * L_{зц} - 0,002 * \delta^2 + 0,357 * M^2 - 82,3 * L_{зц}^2 + +0,049 * \delta * M + 114,36 * h * L_{зц} \quad (2)$$

Квадратичная модель верхнего перепада давления (ΔP_B)

Таблица 1.

$\Delta P_B, \text{кПа}$	$h * L_{зц}$	$\delta * L_{зц}$	$\delta * M$	$L_{зц} * L_{зц}$	$h * h$	$M * M$	Дл.зона, ($L_{зц}$), м	Ур.зас., (h), м	М.под., (M), т	
	a_{34}	a_{14}	a_{12}	a_{44}	a_{33}	a_{22}	a_4	a_3	a_2	a_0
Ошибки=	2,19709341	0,040718474	-0,0032734	7,72157033	-0,23908873	0,022358717	24,3509055	4,431078993	-0,6562103	15,35208019
$R^2=$	1,75999199	0,014023577	0,00111048	1,97657742	0,338042762	0,011473509	5,110864713	2,89841394	0,45587629	6,045990977
$F_{рас}=$	0,68631973	0,062163665	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Ост.сум.=	12,1553308	50	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
	0,42274894	0,193216065	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Квадратичная модель использования газового потока (η_{co})

Таблица 2.

$\eta_{co}, \%$	$h * L_{зц}$	$\delta * M$	$L_{зц} * L_{зц}$	$M * M$	$\delta * \delta$	Дл.зона, ($L_{зц}$), м	Ур.зас., (h), м	М.под., (M), т	ААКК, (δ), %	
	a_{34}	a_{12}	a_{44}	a_{22}	a_{11}	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
	114,3603	0,049178	-82,3	0,356842	0,00242559	143,403429	-193,949	-17,5953	-0,70852	236,2234
Ошибки=	30,92733	0,021036	33,78748	0,200145	0,00162072	88,3547554	53,21079	8,021003	0,373977	110,5044
$R^2=$	0,570155	1,113906	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
$F_{рас}=$	7,369009	50	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Ост.сум.=	82,29025	62,03928	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Метод оптимизации выбирали исходя из того что металлургическое производство как правило многокритериально, так как при выборе наилучшего варианта технологии приходится учитывать большое количество различных требований, среди которых встречаются противоречащие друг другу. В этом случае необходимо применять методы оптимизации с технологическими ограничениями или компромиссные. Один из таких методов, который использовался для написания данной работы это метод множителей Лагранжа.

Составим функцию Лагранжа:

$$\begin{aligned}
\Phi = & 220,881 - 0,709 * \delta - 18,251 * M - 189,518 * h + \\
& + 167,754 * L_{\text{зц}} - 0,002 * \delta^2 + 0,379 * M^2 - 0,239 * h^2 - \\
& - 90,022 * L_{\text{зц}}^2 + 0,046 * \delta * M + 0,0434 * \delta * L_{\text{зц}} + \\
& + 112,163 * h * L_{\text{зц}} + \lambda * (-15,352 - 0,656 * M + 4,431 * h + \\
& + 24,351 * L_{\text{зц}} + 0,022 * M^2 - 0,239 * h^2 - 7,722 * L_{\text{зц}}^2 - \\
& - 0,003 * \delta * M + 0,0434 * \delta * L_{\text{зц}} - 2,197 * h * L_{\text{зц}})
\end{aligned} \tag{3}$$

Возьмем частные производные от функции Лагранжа и приравняем их к нулю:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Phi}{\partial \delta} &= -0.70852 - 0.00243 * 2 * \delta + 0.045695 * M + \\
& + 0.043385 * L - 0.00348 * M * \lambda + 0.043385 * L * \lambda = 0 \\
\frac{\partial \Phi}{\partial M} &= 18.2845 + 0.380304 * 2 * M + 0.045695 * \delta - 0.68918 * \lambda + \\
& + 0.023462 * 2 * M * \lambda - 0.00348 * \lambda * \delta = 0 \\
\frac{\partial \Phi}{\partial h} &= -189.53 + 111.8034 * L + 4.418581 * \lambda - 2.55691 * \lambda * L = 0 \\
\frac{\partial \Phi}{\partial L} &= 167.8685 - 98.9685 * 2 * L + 0.043385 * \delta + \\
& + 111.8034 * h + 24.46503 * \lambda - 7.66852 * 2 * L * \lambda + \\
& + 0.043385 * \lambda * \delta - 2.55691 * \lambda * h = 0
\end{aligned}$$

Ограничим необходимой величиной перепада давления:

$$\begin{aligned}
& -15.102 - 0.68918 * M + 4.418581 * h + 24.46503 * L + \\
& + 0.023462 * M * M - 7.66852 * L * L - 0.00348 * \delta * M + \\
& + 0.043385 * \delta * L - 2.5569147 * h * L = 0.375
\end{aligned}$$

Методом матриц при помощи Mathcad вычисляем оптимальные значения факторов:

$$M := \begin{pmatrix} \delta & M & L & h \\ -0.00486 & 0.01530 & 0.42229 & 0 \\ 0.0153 & 1.17042 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 89.47258 & 0 \\ 0.42229 & 0 & -331.88332 & 89.47258 \\ 0 & -0.68918 & 24.46503 & 4.41858 \end{pmatrix} \quad v := \begin{pmatrix} 0.70852 \\ 24.30347 \\ 150.94024 \\ -381.53428 \\ 34.66265 \end{pmatrix} \quad x = \begin{pmatrix} 86.814 \\ 19.656 \\ 1.687 \\ 1.583 \end{pmatrix} \begin{matrix} \delta \\ M \\ L \\ h \end{matrix}$$

Полученные результаты интерпретированы на рис 1-4.

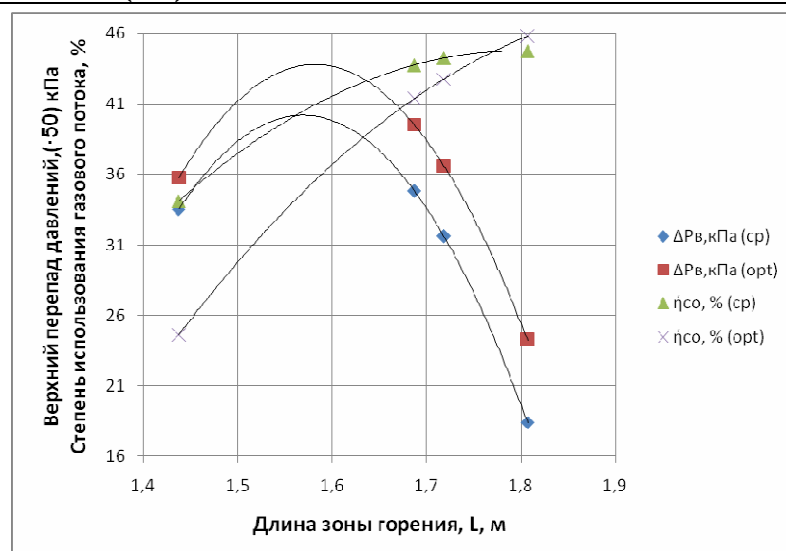


Рисунок 1 - Зависимость верхнего перепада давления и использования газового потока от длины зоны горения $\Delta P_v (\text{ср}) = -386,1x^2 + 1211,8x - 910,62$; $\Delta P_v (\text{opt}) = -386,1x^2 + 1221,6x - 922,52$; $\eta_{co} (\text{ср}) = -82,3x^2 + 295,88x - 221,17$; $\eta_{co} (\text{opt}) = -82,3x^2 + 324,43x - 271,72$

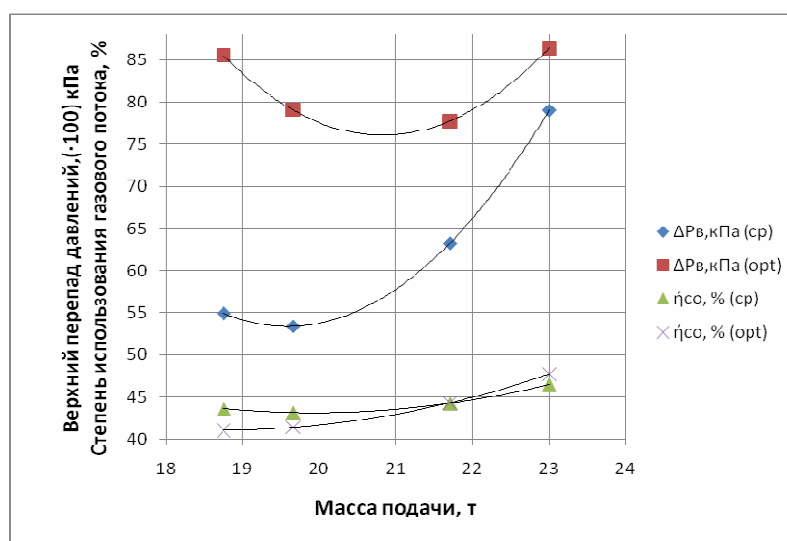


Рисунок 2 - Зависимость верхнего перепада давления и использования газового потока от массы подачи $\Delta P_v (\text{ср}) = 2,2x^2 - 86,191x + 897,6$; $\Delta P_v (\text{opt}) = 2,2x^2 - 91,644x + 1030,4$; $\eta_{co} (\text{ср}) = 0,357x^2 - 14,232x + 184,97$; $\eta_{co} (\text{opt}) = 0,357x^2 - 13,341x + 165,69$

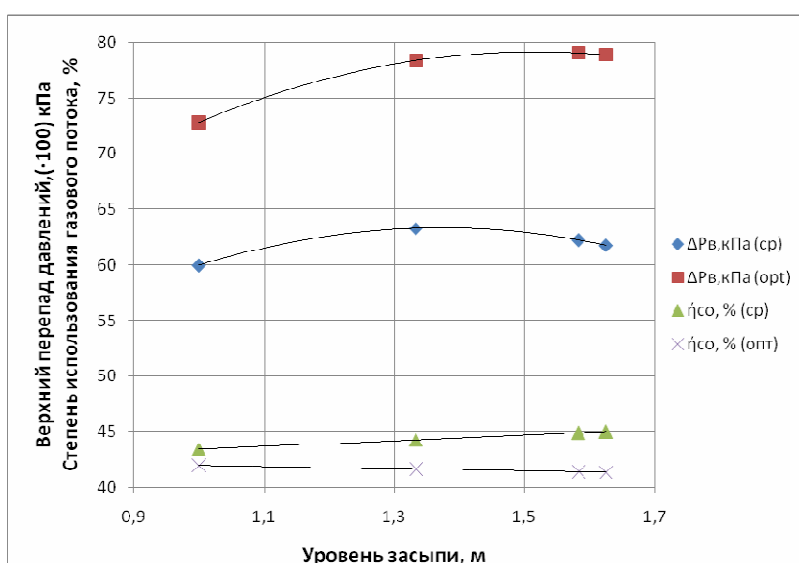


Рисунок 3 - Зависимость верхнего перепада давления и использования газового потока от уровня засыпи $\Delta P_{в} (ср) = -23,9x^2 + 65,601x + 18,282$; $\Delta P_{в} (opt) = -23,9x^2 + 72,466x + 24,253$; $\eta_{co} (ср) = -9E-13x^2 + 2,5496x + 40,854$; $\eta_{co} (opt) = -1,0237x + 43,003$

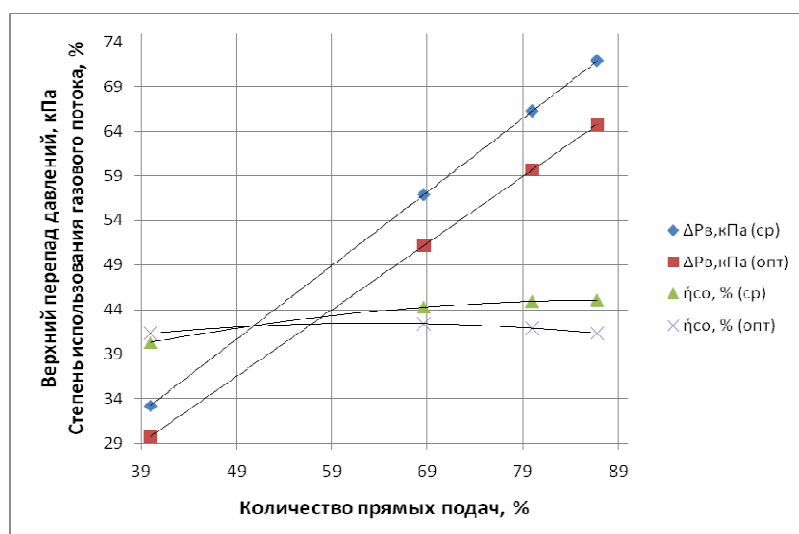


Рисунок 4 - Зависимость верхнего перепада давления и использования газового потока от количества прямых подач $\Delta P_{в} (ср) = -2E-16x^2 + 0,8248x + 0,2667$; $\Delta P_{в} (opt) = 0,7469x - 0,0947$; $\eta_{co} (ср) = -0,002x^2 + 0,3546x + 29,338$; $\eta_{co} (opt) = -0,002x^2 + 0,2541x + 34,393$

Выводы

В процессе работы с помощью математического и теоретического моделирования, были разработаны рекомендации по комплексной оптимизации использования газового потока с учетом регулирующих мер в верхней и нижней зонах доменной печи, что приведёт к оптимальному сочетанию режимов загрузки и дутья, стабилизации хода печи и, в конечном счете, к улучшению технико-экономических показателей доменной плавки: снижению расхода кокса без существенной потери производства чугуна.

Исходя из результатов проведенных исследований, оптимальными параметрами для ведения печи является: количество прямых подач ~ 86,8%, масса подачи 19,7 т., при уровне засыпи 1,58 м., и длине зоны горения 1,69 м., соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Гиммельфарб Г.Г. Ефименко «Автоматическое управление доменным процессом» Изд. «Металлургия» Москва 1969г.

КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Изложены теоретические и некоторые основные практические результаты, включающие в себя разработанную концепцию оптимизации основных параметров ответственных конструкций авиакосмической техники из полимерных композиционных материалов, которая включает в себя пять взаимосвязанных составляющих: проектирование, технологию производства, эксплуатацию, экологию и безопасность производственной жизнедеятельности.

Ключевые слова: безопасность производственной деятельности, концепция оптимизации, композиционные материалы, трехслойная конструкция, несущая способность, формообразование изделий

Проблема создания современных конкурентоспособных конструкций авиационно-космической техники (АКТ) из полимерных композиционных материалов (ПКМ), как известно, включает в себя не только вопросы оптимального проектирования и конструирования, но рациональной технологии производства, связанной с основной особенностью композитов, заключающейся в том, что этот конструкционный материал создается в процессе изготовления изделия [1]. В свою очередь технология производства изделий АКТ из ПКМ в значительной степени связана с другими важнейшими составляющими этой комплексной проблемы, к которым относятся экономическая, экологическая, включающая в себя и безопасность производственной жизнедеятельности (БЖД), эксплуатации изделия в определенных условиях. Поэтому проектный комплекс оптимизации конструктивных параметров объектов АКТ из ПКМ вырастает в многокритериальную проблему (рис. 1), в которой должны синтезироваться знания и результаты исследований многих узких специалистов.



Рисунок 1 – Многоаспектная проблема создания современных конкурентоспособных конструкций АКТ из ПКМ

Прогнозируемая масштабность решения данной многокритериальной проблемы является основной причиной того, что до настоящего времени не проведено завершенных крупномасштабных комплексных исследований, объединяющих в научном плане (теоретическом, экспериментальном и организационно-методологическом) единым концептуальным подходом все составляющие обсуждаемой здесь проблемы, хотя в этом направлении ведутся работы в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского, в которых автор принимает непосредственное участие.

Проведенный целенаправленный анализ современного состояния данной проблемы позволил обрисовать контуры современной концепции оптимизации основных параметров конструкций АКТ из ПКМ (рис. 2), которая включает в себя пять составляющих. Отличительной чертой предлагаемой концепции оптимизации проектных параметров изделий из ПКМ является не столько обеспечение снижения дорогостоящей полетной массы конструкции, сколько получение от нее максимальной целевой отдачи, которая на базе интегрированной компьютеризации всего жизненного цикла проектируемого объекта одновременно включала бы в себя решение задач проектирования, технологии производства, эксплуатации, экологии и безопасности производственной жизнедеятельности.

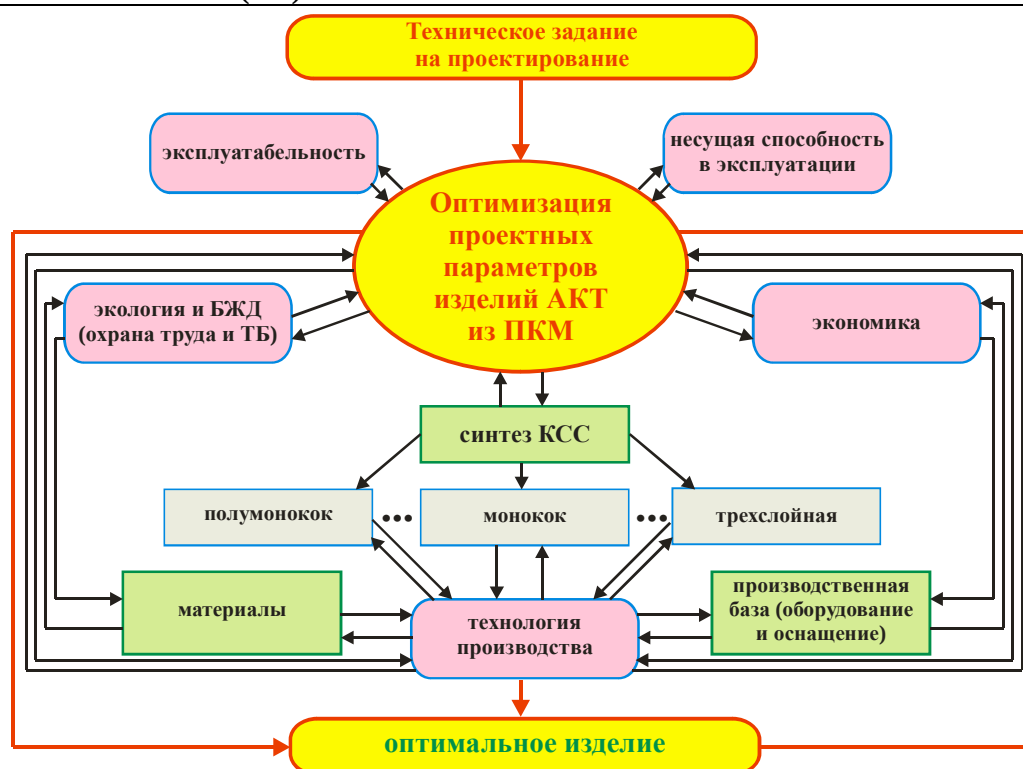


Рисунок 2 – Укрупненная блок-схема концепции оптимизации параметров конструкций АКТ из ПКМ

Каждая из составляющих многоаспектной проблемы содержит ряд взаимосвязанных групп факторов разного уровня, для каждого из которых имеет место один или несколько критериев, определяющих оптимальное значение факторов данной группы. Так, к примеру, с технологией (рис. 3) связано 2 группы факторов разного уровня. В каждой из них имеет место критерий, по которому эту группу нужно оптимизировать. 1-я группа факторов «Подготовительные технологические процессы» включает в себя 2 уровня. Факторы 1-го уровня определяют качество процессов как этапа реализации технологии изготовления изделия из ПКМ на подготовительной стадии. II же уровень – это факторы, определяющие качество конкретного процесса из группы процессов, составляющей факторы I уровня подготовительной стадии.

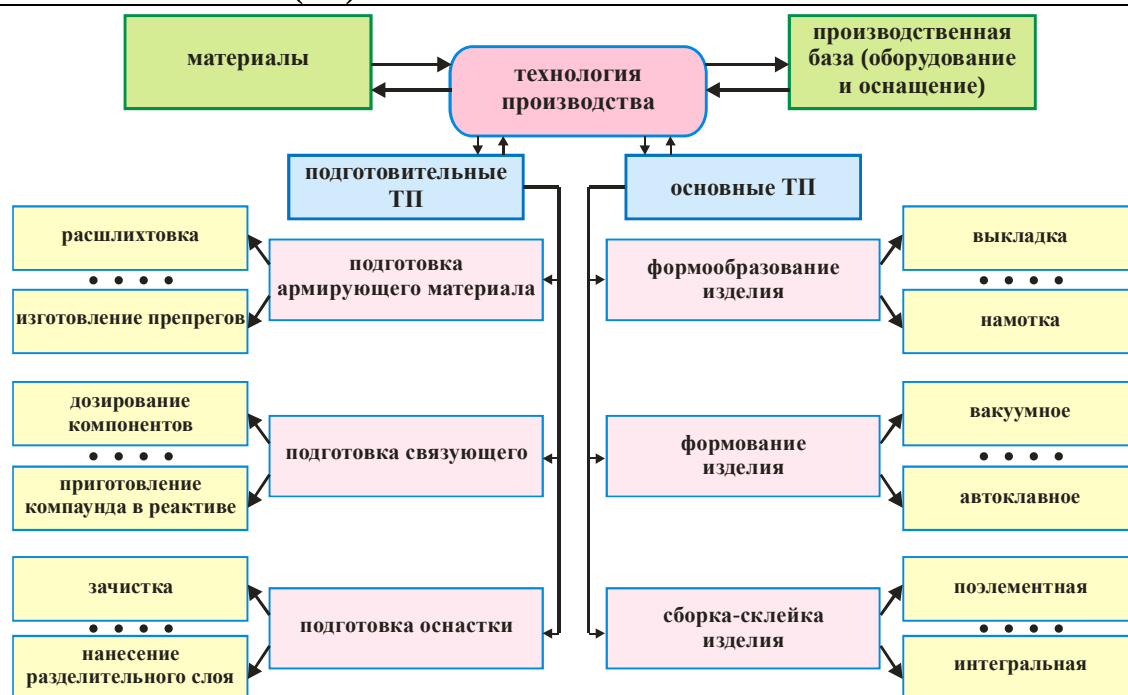


Рисунок 3 – Пример групп факторов разного уровня для технологической составляющей предложенной концепции оптимизации

Критерии оптимальности разных групп факторов и их уровней могут быть различными и частично или полностью совпадающими. В частности к таким критериям можно отнести, к примеру: трудоемкость процесса или операции; себестоимость процесса (операции); длительность; энергоемкость; экологичность (включая БЖД процесса или операции); технологичность операции или процесса.

Ниже представлены некоторые результаты, полученные к настоящему моменту времени в рамках реализации предложенной концепции оптимизации основных параметров сотовых конструкций АКТ для ряда групп факторов, характеризующих несущую способность изделий (рис. 4).

Так в рамках сотрудничества с ГП «КБ «Южное»» и ОАО «УкрНИИТМ» был реализован комплексный подход к оптимизации по массе проектных параметров головного обтекателя (ГО) ракеты-носителя (РН) «Циклон - 4» из ПКМ с сотовым наполнителем (СЗ) при статическом силовом нагружении [2 – 4] (рис. 5,а).



Рисунок 4 – Ряд групп факторов предложенной концепции, характеризующих несущую способность

В силу того, что в процессе эксплуатации ГО подвержен не только статическому, но и интенсивному тепловому и динамическому воздействиям, в настоящее время предложенный подход получает дальнейшее развитие. В результате чего он позволит для практически всего спектра внешних воздействий проводить глубокий уровень одновременной оптимизации толщины теплозащитного покрытия, схемы армирования несущих слоев, высоты СЗ и геометрических параметров его ячейки и шпангоутов с учетом ухудшений характеристик применяемых материалов от теплового воздействия.

Вторым направлением сотрудничества с ГП «КБ «Южное»» и ОАО «УкрНИИТМ» стал анализ схем армирования и распределения материала несущих слоев для каркасов солнечных батарей (рис. 5, б). Полученные результаты сравнительного анализа различных вариантов схем армирования и распределения материала несущих слоев в рамках принятых допущений и принятых исходных характеристик выявили возможность снижения массы за счет использования полученных рациональных конструктивно-технологических решений.

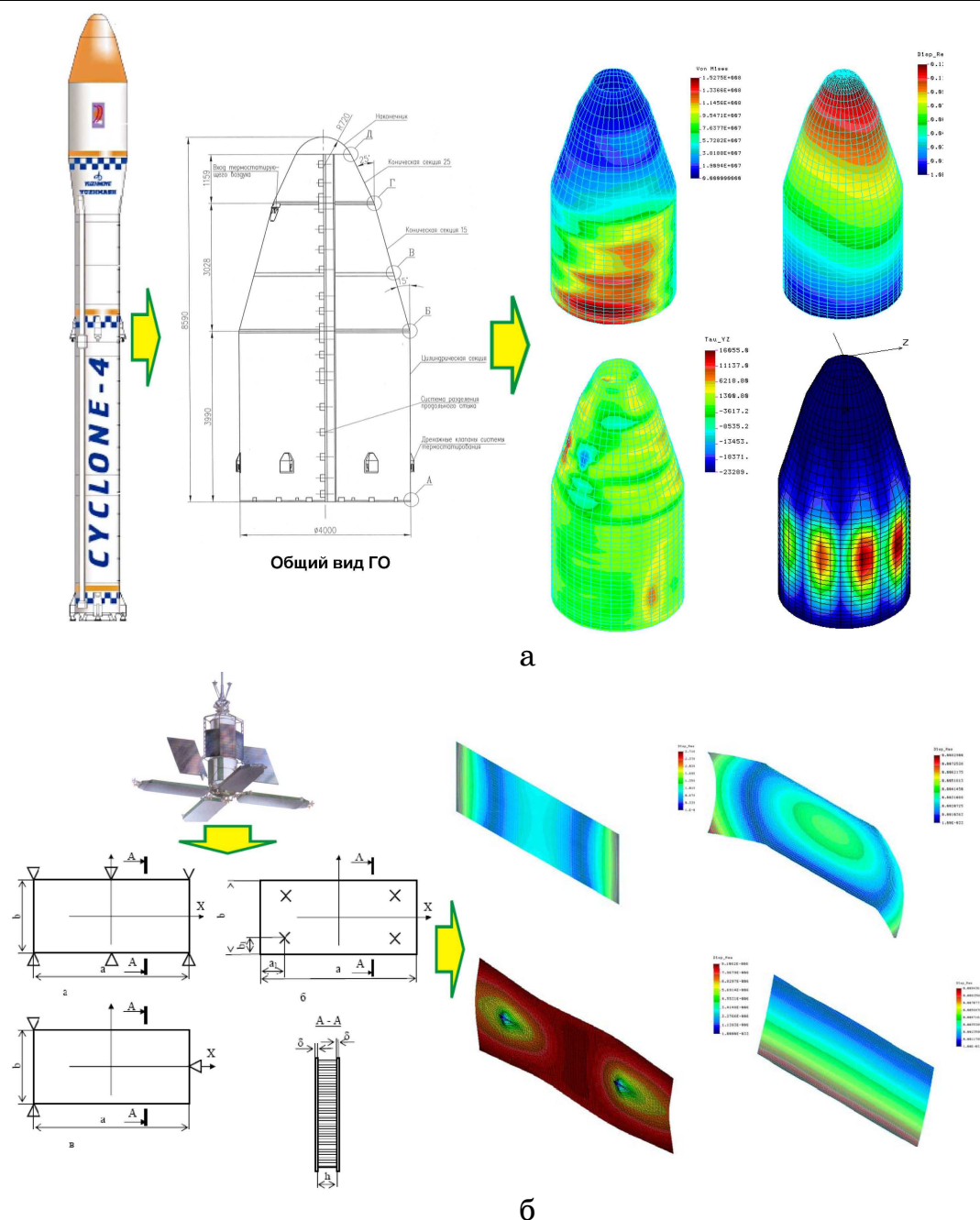


Рисунок 5 – Примеры реализации предложенной концепции для ряда групп факторов, характеризующих несущую способность изделий из ПКМ с СЗ, полученные в рамках сотрудничества с ГП «КБ «Южное»» и ОАО «УкрНИИТМ»:

- а – оптимизации по массе проектных параметров ГО РН «Циклон-4»;
- б – анализ схем армирования и распределения материала несущих слоев и СЗ для каркасов солнечных батарей

Таким образом, решение обсуждаемой многокритериальной проблемы создания ответственных конструкций АКТ из ПКМ, конкурентоспособных на рынке продаж по сравнению с аналогами, перманентно продвигается вперед, охватывая все новые ее аспекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композиционные материалы: справочник / под ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Кондратьев А.В. Новая концепция оптимизации по массе многоотсековых сотовых конструкций и её реализация при проектировании головного обтекателя ракеты-носителя «Циклон – 4» // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники : сб. материалов II междунар. науч.-практ. конф. / Укр. НИИ технологий машиностроения. – Днепропетровск, 2007. – С. 107 – 122.
3. Кондратьев А.В. Оптимальное по массе проектирование композитных корпусов летательных аппаратов с сотовым заполнителем / А.В. Кондратьев // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники : сб. материалов III междунар. науч.-практ. конф. / Укр. НИИ технологий машиностроения. – Днепропетровск, 2009. – С. 113 – 121.
4. Оптимизация проектных параметров головного обтекателя ракеты-носителя «Циклон-4» / В.Е Гайдачук, В.И. Сливинский, А.В. Кондратьев, А.П. Кушнарёв // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники : сб. материалов III междунар. науч.-практ. конф. / Укр. НИИ технологий машиностроения. – Днепропетровск, 2009. – С. 88 – 95.

С.В. Пилипенко, В.У. Григоренко

**РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ НА СТАНАХ ХПТ И ХПТР С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНИЙ БЕЗЬЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РАБОЧЕГО КОНУСА
ДЕФОРМАЦИИ**

Аннотация. Рассматривается метод калибровки инструмента станов холодной прокатки труб, основанный на использовании линий Безье. Данный метод обеспечивает: падающую величину относительной деформации вдоль рабочего конуса; описание формы кривой развёртки ручья одной зависимостью; обеспечение плавного сопряжения участков калибровки. При помощи управляющих коэффициентов, входящих в предложенную зависимость калибровки инструмента, имеется возможность подобрать любой необходимый режим деформации вдоль конуса. При этом силовые параметры процесса контролируются с помощью математической модели. Предложенный метод требует дополнительных практических исследований.

Ключевые слова: холодная пильгерная валковая прокатка труб, калибровка инструмента, плавное сопряжение участков деформации

Вступление. Холодной прокаткой на станах ХПТ и ХПТР производят трубы с повышенными требованиями по точности геометрических размеров их поперечного сечения [1, 2]. Во многом точность геометрических размеров труб зависит от правильно рассчитанного продольного профиля рабочего конуса деформации и точности изготовления деформирующего инструмента для обеспечения заданного профиля. На станах ХПТ форма продольного сечения рабочего конуса деформации обеспечивается формой ручья калибра или бочки вала, а на станах ХПТР формой продольного сечения планки.

Проблема. Одной из задач при выполнении ручья с переменным сечением или планки является обеспечение их геометрических размеров согласно параметрам рассчитанной калибровки. Например, для станов ХПТ на трубопрокатное предприятие поступает калибр с

ручьём, изготовленным с припуском плюс 1,5..2 миллиметра. Окончательная шлифовка под точный размер проводится на предприятии, на специальном шлифовальном оборудовании. При этом, при расчете калибровки, порой приходится вносить изменения в режим деформации, исходя из возможностей оборудования, на котором будет производиться шлифовка инструмента. Допуски на размеры поперечного сечения по длине развертки ручья калибров довольно высокие (таблица 1).

Таблица 1

Допуски на изготовление ручья калибра стана ХПТ

Участки ручья	Калибрующий	Три участка в конце обжим- ной зоны	Остальные участки об- жимной зоны	Разность глубин в паре	
Допуск по глубине	$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,20$	В ка- либро- вочном	$\pm 0,05$
Допуск по ширине	$+0,30$	$+0,6$	$+0,6$	Осталь- ные	$\pm 0,15$

Анализ публикаций. Большинство украинских предприятий оснащены станками для шлифовки калибра типов Лр-41 и Лр-40, а также более современными ЛЗ-250 и ЛЗ-250Ф. В последние годы несколько предприятий модернизировали станки ЛЗ-250, установив на них системы с числовым программным управлением. Такая модернизация позволила увеличить точность шлифовки ручья и исключила необходимость расчета и изготовления специальных кулаков-копиров.

Как известно, рабочий конус деформации в процессе ХПТ разделяется на несколько зон: зону редуцирования, зону обжатия стенки, предотделочный участок, зону калибровки и обратный конус. Все эти зоны имеют определенные размеры. Все эти участки сопрягаются между собой. Геометрия каждого из этих участков описывается определённым законом, и это затрудняет плавное их сопряжение [3].

Плавность сопряжений можно проверить, используя первые и вторые производные закона изменения всего профиля по продольной координате [3]. Модернизированные станки ЛЗ-250 имеют встроенную программу сглаживания сопряжений, однако эта программа способна сгладить кривую в определенном диапазоне перепадов. Для обеспечения сглаживания в современных калибровках инструмента при изготовлении их как на модернизированных станках ЛЗ-250,

так и на станках GG-55 (производства Германии) вводятся участки сглаживания. Это приводит к сокращению возможной длины зоны деформации. При сглаживании кривой станком режим деформации изменяется неконтролируемо. Усложняется работа расчетчика калибровки инструмента. Порой, необходимо изменять наиболее выгодные для данного случая прокатки конусности оправки, их типы, степени крутизны калибра.

Выделение нерешенного. Актуальным является развитие метода расчета параметров процессов ХПТ и ХПТР, а также соответствующих калибровок инструмента так, чтобы рабочий конус выполнялся по одному закону.

При этом необходимо обеспечивать:

- падающую величину относительной деформации вдоль рабочего конуса, которая удовлетворяет заданным условиям прокатки;
- описание формы кривой развёртки ручья одной зависимостью;
- обеспечение плавного сопряжения участков.

Изложение основного материала. Наиболее подходящей линией для построения образующей является кривая Безье (рис. 1). Математически кривая Безье степени n задаётся зависимостью:

$$\bar{P}_n(t) = \sum_{i=1}^n B_n^i(t) \bar{P}_i \quad t \in [0, 1], \quad (1)$$

где: $\bar{P}_n(t) = \{X_i, Y_i, Z_i\}$ – координаты i -той вершины разомкнутого треугольника $P_0 \dots P_n$; $B_n^i(t) = C_n^i (1-t)^{n-i} t^i$ – базис Бренштейна;

$C_n^i = \frac{n!}{(n-i)!i!}$ – биномиальный коэффициент.

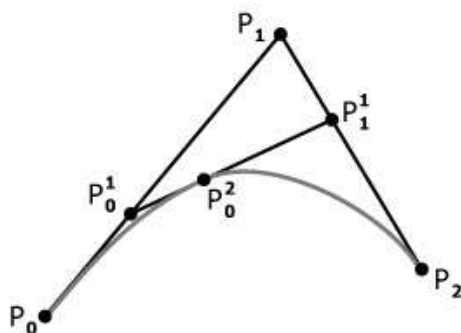


Рисунок 1

Кривая Безье с тремя опорными точками (P_0 , P_1 и P_2) [6]: P_0^1 – изменяется, от P_0 до P_1 и описывает линейную кривую Безье;

P_1^1 изменяется от P_1 до P_2 и описывает линейную кривую Безье; P_0^2 изменяется от P_0^1 до P_1^1 и описывает квадратичную кривую Безье

Кривая Безье второго порядка может задаваться формулой:

$$y_n = \frac{p_0(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2p_1a(1-Kx_n)Kx_n + p_2(1-a)(Kx_n)^2}{(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2a(1-Kx_n)Kx_n + (1-a)(Kx_n)^2} \quad (2)$$

или:

$$y_n = \frac{p_0a_0(1-Kx_n)^2 + 2p_1a_1(1-Kx_n)Kx_n + p_2a_2(Kx_n)^2}{a_0(1-Kx_n)^2 + 2a_1(1-Kx_n)Kx_n + a_2(Kx_n)^2}, \quad (3)$$

где: p_0, p_1, p_2 - координаты вершин треугольника; a, a_0, a_1, a_2 - управляющие коэффициенты; Kx_n - относительная координата сечения.

При этом формулы расчета значений диаметра калибров в сечениях конуса деформации принимают вид:

$$D_n = D_3 - \frac{(D_3 - D_T)(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2(D_3 - D_T)a(1-Kx_n)Kx_n}{(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2a(1-Kx_n)Kx_n + (1-a)(Kx_n)^2} \quad (4)$$

или:

$$D_n = D_3 - \frac{(D_3 - D_T)a_0(1-Kx_n)^2 + 2(D_3 - D_T)a_1(1-Kx_n)Kx_n}{a_0(1-Kx_n)^2 + 2a_1(1-Kx_n)Kx_n + a_2(Kx_n)^2}. \quad (5)$$

Формулы расчета значений диаметров оправки в контрольных сечениях:

$$D_n = D_{\text{ц}} - \frac{(\Delta_d - \Delta)(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2(\Delta_d - \Delta)a(1-Kx_n)Kx_n}{(1-a)(1-Kx_n)^2 + 2a(1-Kx_n)Kx_n + (1-a)(Kx_n)^2} \quad (6)$$

или:

$$D_n = D_{\text{ц}} - \frac{(\Delta_d - \text{заз})a_0(1-Kx_n)^2 + 2(\Delta_d - \text{заз})a_1(1-Kx_n)Kx_n}{a_0(1-Kx_n)^2 + 2a_1(1-Kx_n)Kx_n + a_2(Kx_n)^2}, \quad (7)$$

где: D_3 - диаметр заготовки; D_m - диаметр трубы; ∂_u - диаметр цилиндрической части оправки; $\Delta\partial$ - перепад по внутреннему диаметру трубы; Δ - диаметральный зазор между внутренней поверхностью трубы и цилиндрической частью оправки.

Наличие трех управляющих коэффициентов в формулах (5) и (7) позволяет более точно подобрать кривую близкую к кривой, необходимой в данных условиях деформации. Формулы с одним коэффициентом более просты для этих целей, но не обеспечивают возможность необходимого сглаживания.

При помощи управляющих коэффициентов подбирается необходимый режим деформации вдоль конуса, параметры деформации.

При этом силовые параметры процесса контролируются с помощью математической модели.

На рис. 2 показан график вторых производных закона изменения всего профиля по координате, в случае калибровки инструмента для стана ХПТ «по кривой Безье» и «по Шевакину».

Как видно, в случае калибровки по линиям Шевакина Ю.Ф. на графике имеются два всплеска: в конце зоны калибровки и в конце зоны предотделки (зона калибровки и зона обратного конуса на графике не показаны). В то же время, в случае калибровки по кривой Безье график остается ровным, что значительно облегчает работу шлифовального станка.

Указанная методика расчета параметров процесса ХПТ и соответствующей калибровки инструмента применима и для расчета калибровки планок станов ХПТР. При этом один из плюсов данной методики состоит в том, что имеется возможность рассчитывать все области деформации на планке одной зависимостью.

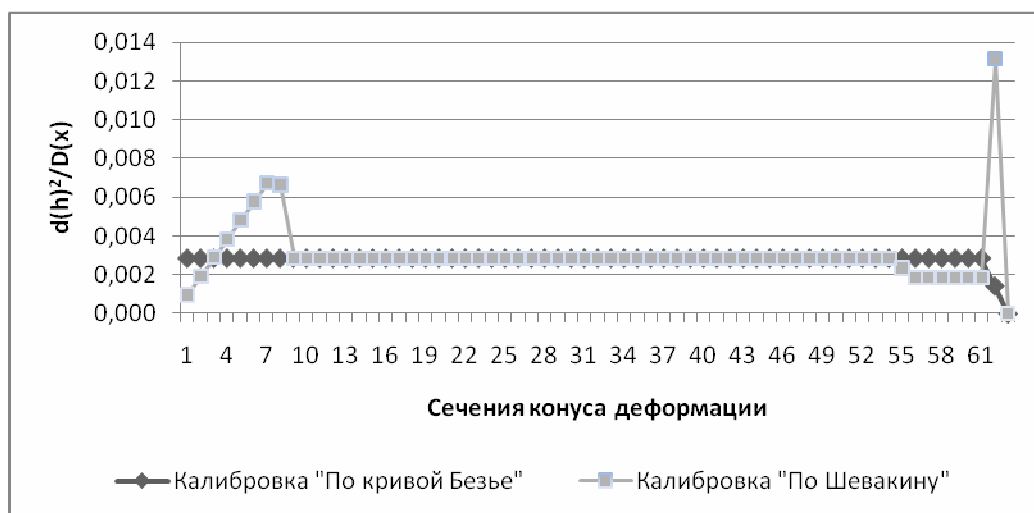


Рисунок 2

Графики вторых производных закона изменения профиля развертки ручья калибра в случае калибровки инструмента по линиям, рассчитанным по Шевакину Ю.Ф., и по линиям Безье. (маршрут 38х7-26х5).

Данная методика была проверена при расчете параметров процесса холодной периодической прокатки и соответствующей калибровки планок для стана ХПТР 8-15 при прокатке трубы из титанового сплава по маршруту 14,5х1,24-12,7х0,889.

Выводы. Предложено развитие метода расчета параметров процессов ХПТ и ХПТР, а также соответствующих калибровок инструмента при построении линии, описывающей продольный профиль рабочего конуса калибра одной кривой. При этом отсутствуют сопряжения между зонами редуцирования, обжатия стенки, калибровки стенки и диаметра на рабочем конусе деформации. Для описания таких линий использовали зависимости Безье.

Такой метод расчета обеспечивает падающий закон распределения величин относительной деформации вдоль конуса деформации или развалки, а также обеспечивает плавные сопряжения участков рабочего конуса деформации при холодной пильгерной и периодической прокатке труб на станах ХПТ и ХПТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов В.Ф., Данченко В.Н., Фролов Я.В. Холодная пильгерная прокатка труб - Днепропетровск: Пороги, 2005. - 255 с.
2. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. - М.: Металлургия, 1963. - 212 с.
3. Григоренко В.У., Пилипенко С.В. Метод розрахунку параметрів процесу холодної пильгерної прокатки труб на оправці з криволінійною твірною з первинним урахуванням поширення металу в миттєвому осередку деформації // Системні технології. – 2008. - Т.12. - с. 150 -153.
4. Петраков Ю.В., Паньків К.М., Живцов С.П. Формирование геометрических моделей ручья калибров станов холодной прокатки труб / Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування: Збірник наукових праць. - Вип. 57. – К.: КПІ, 2009.-С.63-70.
5. Кальченко В.В. Шлифование методом последовательного копирования кольцевого желоба переменного профиля трубопрокатных валков ориентированным инструментом / В.В. Кальченко, А.М. Ерощенко / Вісник СевДТУ. Вип. 95: Автоматизація процесів та управління: зб. наук. пр. — Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2009.-С.89-94.
6. Алгоритмические основы растровой графики: (Офіційний сайт) [Електронний ресурс] / Д.В. Иванов, А.А. Хропов, Е.П. Кузьмин и др.//– Режим доступа: <http://www.intuit.ru/departament/graphics/>

О.В. Бісікало, І.А. Кравчук

ВИКОРИСТАННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

Анотація. В статті запропоновано підхід до використання у системах дистанційної освіти методу морфологічного аналізу, що базується на статистичному визначенні морфем зі словника мовних образів.

Ключові слова: аналіз тексту, морфологічний аналіз, отримання знань

Постановка проблеми

Дистанційна форма освіти набуває все більшої актуальності через необхідність забезпечення якісної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації максимальної кількості фахівців для всіх регіонів України з мінімальними витратами часових та фінансових ресурсів. Можливості дистанційної освіти, що базується на сучасних інформаційних і комунікаційних технологіях навчання й підвищення кваліфікації, відкривають нові перспективи для підвищення ефективності освітнього процесу.

В дистанційному навчанні знаходять застосування системи для автоматизованої обробки текстової інформації. Такі інформаційні системи використовують технології штучного інтелекту, що забезпечують оброблення множини текстів з метою формування бази знань предметної області [1]. Ефективність навчання в такому випадку зростає завдяки тому, що система в автоматизованому режимі попередньо відбирає для пізнавального процесу з великого обсягу інформації найбільш значущу, ключову.

Автоматична обробка текстів на природній мові розв'язує питання аналізу та синтезу на основних мовних рівнях – морфологічному, синтаксичному та семантичному. Морфологічний аналіз вхідних словоформ є початковим етапом аналізу природно-мовної конструкції (ПМК). Результати морфологічного аналізу є базовою основою для всіх наступних етапів автоматичного аналізу та синтезу тексту, проте в умовах навчальної системи всі етапи оброблення природно-мовного матеріалу повинні підкорятися дидактичним завданням, що

формулюються зазвичай на семантичному рівні. Отже, існує проблема інтеграції різнорівневих методів аналізу та синтезу ПМК з пріоритетом семантики предметної області з метою розв'язання задач пізнавальної діяльності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В даний час виділяють кілька напрямків морфологічного аналізу:

- на основі поділу словоформи на основу та афікси з наступною перевіркою;
- на основі використанні інформації, що міститься в кінцевих сполученнях літер;
- на основі створення універсальних математичних моделей.

Перший напрямок морфологічного аналізу моделює класичну схему аналізу шляхом поділу словоформи на основу і афікси з наступною перевіркою на спільність закінчення з основою, що залишається.

До цього напрямку можна віднести модель морфологічного аналізу Г.Г. Белоногова, в основі якої лежить флексивний аналіз слів, що базується на розбитті слів російської мови на флексивні класи [2]. Хоча розробки Г.Г. Белоногова проводилися для російської мови, отримана модель може бути застосована і до української мови.

Морфологічний аналіз починається з пошуку лексеми у словнику готових словоформ. При успішному завершенні отримується код флексивного класу, що відповідає даній лексемі і вказує на частину мови та синтаксичну функцію словоформи. У протилежному випадку словоформа піддається флексивному аналізу, який включає в себе наступні етапи:

- ідентифікація морфем словоформи (послідовна перевірка можливостей входження в аналізовану словоформу кореня, суфікса, закінчення і префікса);
- визначення флексивного класу словоформи (отримання коду флексивного класу з таблиць сумісності кореня зі словотворчими афіксами);
- привласнення словоформі морфологічної інформації.

Всі етапи тісно взаємопов'язані між собою, оскільки невдале завершення другого і третього етапів свідчить про некоректне розбиття аналізованої словоформи на морфеми [3].

Другий напрямок морфологічного аналізу використовує інформацію, що міститься в кінцевих сполученнях літер (така інформація отримується в результаті попередньої статистичної обробки словника). Цей шлях також дає досить хороші для практичних цілей результати [4].

Третій напрямок морфологічного аналізу намагається побудувати більш адекватні морфологічні моделі. Цей напрямок викликаний прагненням подолати обмеженість існуючих алгоритмів морфологічного аналізу. Відомо, що вони орієнтувалися на тексти певної тематики і тому не повністю враховували всі особливості морфології. В межах даного напрямку створюються універсальні математичні моделі в формі відкритої системи рівнянь, що дозволяють шляхом обчислення здійснювати нормалізацію словоформ, отримання граматичної інформації і синтез словоформ [5].

Однією з таких моделей є модель Ю. П. Шабанова-Кушнаренко, що формалізує процеси російської мови за допомогою мови алгебри кінцевих предикатів. На основі такого універсального формалізму існує можливість математично описати будь-який аспект морфології російської мови [6].

Формулювання цілей дослідження

Виходячи з проведеного аналізу, метою дослідження є обґрунтування методів морфологічного аналізу, що були б найбільш близькими до природного способу отримання знань людиною, зокрема розуміння принципів побудови ПМК. Такі методи забезпечують перший етап аналізу текстової інформації, що складає основу бази знань для розв'язання задач дистанційного навчання.

Викладення основного матеріалу дослідження

До основних методів морфологічного аналізу відносять:

- методи з декларативною орієнтацією (на основі словника),
- методи з процедурною орієнтацією (на основі правил).

Для методів з декларативною орієнтацією характерна наявність повного словника всіх можливих словоформ для кожного слова з приписаною морфологічною інформацією. При цьому кожна словоформа забезпечується повною і однозначною морфологічною інформацією, куди входять як постійні, так і змінні морфологічні параметри [7]. Можна вважати, що в даному методі відсутній морфологічний аналіз як такий, оскільки завдання морфологічного аналізу в такому

випадку зводиться до пошуку потрібної словоформи в словнику та переписування з словника морфологічної інформації [5].

Перевагою декларативного методу є висока швидкість проведення морфологічного аналізу, а також точність результатів аналізу відносно всіх словоформ української мови, що внесені до словника.

Недоліком декларативного методу є великі затрати пам'яті, пов'язані з тим, що у кожного слова досить велика кількість словоформ. Інформація, що зберігається в словниках, є надлишковою. Ще однією проблемою є морфологічний аналіз слів, що не містяться в словнику словоформ.

При використанні методу з процедурною орієнтацією модуль морфологічного аналізу містить набір правил морфологічних перетворень. Кожне слово розділяється на основу і афікс (закінчення і, можливо, суфікс), словник містить тільки основи слів разом з посиланнями на відповідні рядки в таблиці можливих афіксів. Основний критерій при розбитті слова на основу і афікс – основа повинна залишатися незмінною у всіх можливих словоформах даного слова [8].

Перевагою процедурних методів є зменшення об'єму інформації, яку необхідно зберігати для виконання морфологічного розбору слова. Велика кількість слів української мови має одні й ті ж афікси, які не потрібно дублювати при зберіганні словника афіксів. Саме тому об'єм словника, що використовується при процедурних методах є значно меншим, ніж обсяг повного словника словоформ, що використовується в декларативних методах.

Але процедура морфологічного аналізу при цьому ускладнюється, оскільки зі словника основ необхідно по черзі вибирати всі основи, що збігаються з початковими літерами слова, що аналізується, і для кожної такої основи перебирати всі можливі для неї афікси. Аналіз вважається успішним у випадку точного збігу деякого варіанту «основа + афікс» з словом, що аналізується. При цьому, як правило, постійні морфологічні параметри визначаються основою слова, а змінні – афіксом [7].

Процедурний метод передбачає попередню систематизацію морфологічних знань про природну мову і розробку алгоритмів присвоєння морфологічної інформації окремій словоформі.

Складність природної мови призводить до того, що жоден з описаних методів не може охопити її повністю. Для української мови

відомо більше тисячі правил словотвору з безліччю виключень, що робить створення повного набору правил досить складним. Постійний розвиток мов і великий розмір словників робить неможливим «чисте» використання декларативного підходу. Тому в більшості сучасних систем використовують словник і набір правил для оброблення слів, що не містяться в словнику.

Іноді комбінований метод виділяють окремими методом морфологічного аналізу. За цим методом на першому етапі проводиться пошук по словнику словоформ, як при декларативному методі, і у випадку успішного пошуку аналіз на цьому завершується. В протилежному випадку використовується словник основ і процедурний метод аналізу [5].

Запропонований авторами метод морфологічного аналізу, який побудовано на використанні асоціативно-статистичного підходу до отримання знань [9], належить до процедурних методів. Особливістю методу є використання тезауруса мовних образів як онтології предметної області [10], що дає змогу для розв'язання задачі морфологічного аналізу закласти множину простих правил щодо побудови слів в українській мові. Реалізовано тезаурус за допомогою відношень

$$RE = \left\{ \begin{array}{l} \text{Image, Assoc - Twice, Construct, Event,} \\ \text{Interrogative - Pronoun, Link, Text, Words, Role} \end{array} \right\} \quad (1)$$

де *Image* – мовні образи, *Assoc-Twice* – асоціативні пари образів, *Construct* – складові простих оповідних речень (синтагм), *Event* – події, *Interrogative-Pronoun* – питальні займенники, *Link* – типи асоціативних зв'язків, *Text* – тексти навчального контенту, *Words* – вербальні ознаки мовних образів, *Role* – роль мовного образу у події.

Надамо оцінку інформаційної збитковості отриманих в результаті застосування запропонованого методу відношень *Re*. З цією метою проведемо порівняння задіяних інформаційних ресурсів з відомими підходами.

Оскільки переважна більшість вхідної інформації для формування навчального контенту представляє собою множину текстових файлів, то потрібний для їх зберігання обсяг інформації є пропорційним загальній кількості слів n_v в усіх цих файлах. Запропонований підхід передбачає визначення n мовних образів, довжина яких пропорційна середній довжині слова, причому, в загальному випадку $n_v \geq n$, а при $n_v \rightarrow \infty$ за рахунок ефекту дублювання слів $n_v \gg n$. За-

гальний обсяг інформації у Бт для відношень бази даних *Re* оцінимо з таких міркувань:

- загальна кількість записів у відношеннях *Interrogative-Pronoun*, *Link*, *Text*, *Role* дорівнює $n_{const} \ll n$, отже всі вони додають до БД обмежену деякою константою E [Бт] кількість інформації;
- кількість записів у відношенні *Image* дорівнює n , але в зв'язку з необхідністю зберігання поля з ідентифікаційним кодом та додаткових полів всього інформації потрібно $n \cdot (C' + \log_{256} n)$, де C' – деяка константа [Бт];
- аналогічним чином оцінимо кількість інформації у відношеннях *Words*, *Event*, *Construct* як $n \cdot (C'' + \log_{256} n)$, де C'' – константа [Бт], $C'' > C'$;
- найбільшу кількість інформації додає до БД відношення *Assoc – Twice* з кількістю записів n^2 , а саме $n^2 \cdot (A + 4 \cdot \log_{256} n)$, де A – константа [Бт], $A < C'$.

Отже, сумарний обсяг інформації для відношень БД складає $V_{\Sigma} = A \cdot n^2 + B \cdot n^2 \cdot \log_{256} n + C \cdot n + D \cdot n \cdot \log_{256} n + E$, де A, B, C, D, E – константи [Бт]. Зрозуміло, що з моменту досягнення співвідношення $n_v > n^2$ кількість інформації V_{Σ} БД наблизиться до, а потім стане меншим від обсягу інформації, потрібної для зберігання множини вхідних текстових файлів.

Програмний модуль, що реалізує розроблений метод морфологічного аналізу, може бути ефективно використаний в навчальних системах. На рис.1 представлено отриману експериментальним шляхом залежність правильності визначення морфем від кількості слів *Words*, що формують тезаурус мовних образів.

Результати проведеного експерименту демонструють високу ступінь адекватності морфологічного аналізу навіть для невеликих обсягів текстового матеріалу та здатність розробленого алгоритму самоудосконалювати базу знань з морфології.

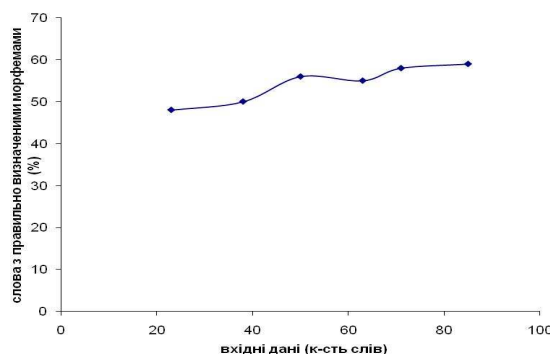


Рисунок 1 – Залежність правильності визначення морфем від кількості вхідних даних для проведення аналізу

Висновки та перспективи подальших досліджень

Використання запропонованого методу морфологічного аналізу в задачах дистанційної освіти може бути ефективним навіть при досить невеликих об'ємах вхідної інформації. З іншого боку, при досягненні певної межі обсягу інформації, потрібної для зберігання множини вхідних текстових файлів навчального контенту, кількість інформації бази даних *Re* наблизиться до, а потім стане меншим від цього первинного об'єму вхідної інформації.

До перспективних задач розвитку окресленого напрямку досліджень можна віднести автоматизацію визначення базових правил сполучення слів природної мови на основі асоціативно-статистичного підходу, що дасть змогу автоматизувати синтаксичний розбір речення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марчук Ю.Н. Термины в автоматической обработке текстов [Електронний ресурс] / Ю.Н. Марчук. – Режим доступу: http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/68213831904.pdf. – Назва з екрану.
2. Белоногов Г.Г. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии / Г.Г. Белоногов. – М.: Русский мир, 2004. – 248 с.
3. Файн В.С. Распознавание образов и машинное понимание естественного языка / В.С. Файн. – М.: Наука, 1987. – 173 с.
4. Золотов Е.В. Расширенные системы активного диалога / Е.В. Золотов, И.П. Кузнецов. – М.: Наука, 1982. – 115 с.
5. Найханова Л.В. Методы и алгоритмы трансляции естественно-языковых запросов к базе данных в SQL-запросы / Л.В. Найханова, И.С. Евдокимова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 148 с.
6. Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства / Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1984. – 144 с.
7. Губин М.В. Влияние морфологического анализа на качество информационного поиска / М.В. Губин, А.Б. Морозов // Труды RCDL-2006. – 2006. – С. 224–228.
8. Дорохина Г.В. Модуль морфологического анализа слов русского языка / Г.В. Дорохина, А.П. Павлюкова // Искусственный интеллект. – 2004. – № 3. – С. 636–642.
9. Кветний Р.Н. Морфологічний аналіз слова на основі асоціативно-статистичного підходу / Р.Н. Кветний, О.В. Бісікало, І.А. Кравчук // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2010. – № 3. – С. 132–135.
10. Бісікало О.В. Методика побудови тезауруса навчальної системи на основі моделі образного мислення / О.В. Бісікало // Искусственный интеллект. – 2008. – № 4. – С. 730–735.

Е.В. Бодянский, О.В. Шубкина

СЕМАНТИЧЕСКОЕ АННОТИРОВАНИЕ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В работе предложена модифицированная вероятностная нейронная сеть, которая используется для интеллектуального анализа текстовой информации и построения семантических аннотаций на основе полученных знаний и онтологии предметной области.

Ключевые слова: семантическое аннотирование, вероятностная нейронная сеть, многослойная архитектура

1. Введение

Ввиду того, что большая часть информации в корпоративных системах хранится в текстовом виде (в виде электронных документов, рассылок новостей), каждому экземпляру концептов онтологии, отражающей структурные знания, можно поставить в соответствие какой-либо текстовый документ или какую-то его часть в зависимости от заданных условий. Такой процесс формирования метаданных называется семантическим аннотированием [1] и состоит из трех основных компонент: онтологии, корпуса текстов и способа построения классификатора для извлечения знаний.

Существует набор стандартных решений, которые разработаны для описания метаданных и формирования семантических аннотаций, как например, стандарт Dublin Core [2]. Однако набор заданных тегов для описания текстовых документов не отражает информацию, которая может являться актуальной для текущей онтологии предметной области, а зачастую несет лишь общие сведения. Стоит отметить также, что создание семантических аннотаций вручную занимает достаточно много времени и требует больших денежных затрат. Это привело к разработке методов полуавтоматического построения семантических аннотаций, которые в свою очередь имеют ряд недостатков, например, использование шаблонов заполнения или априори задан-

ных правил. Поэтому актуальной задачей является разработка моделей и методов семантического аннотирования текстовых документов.

2. Постановка задачи

Процесс семантического аннотирования можно рассматривать как проблему классификации, при этом автоматизация может быть достигнута путем применения методов интеллектуального анализа данных [3]. Главной задачей в таком случае является построение классификатора на основе онтологии *Ont* и исходной выборки данных *ObjectSet* для получения проекции текстового объекта на онтологию предметной области. Под проекцией в данном случае следует понимать отнесение некоторого текстового объекта к классу онтологии как экземпляра концепта данного класса.

Нейросетевой подход для получения семантических аннотаций текстовых документов дает возможность построить классификатор, независимый от уровней семантического аннотирования (уровень слов, предложений, документов). В таком случае можно использовать различные способы представления исходной текстовой информации в векторном пространстве признаков, что не отражается на качестве обработки данных.

С точки зрения задачи классификации формальное представление семантического аннотирования текстового документа можно получить следующим образом. Для данной онтологии предметной области *Ont* набор концептов (классов) определяется как $\text{ConceptSet} = (c(1), c(2), \dots, c(i), \dots, c(N_1))$, где $c(i)$ – i -й концепт из *Ont*. Для рассматриваемого текстового корпуса набор текстовых объектов, полученных на этапе предобработки, можно представить как $\text{ObjectSet} = (x(1), x(2), \dots, x(j), \dots, x(N_2))$, где $x(j)$ – j -й текстовый объект, представленный в виде некоторого набора релевантных признаков в векторной форме, N_1 и N_2 – количество концептов (классов) онтологии и мощность исходной выборки текстовых объектов соответственно.

Тогда семантическая аннотация – разметка или набор метаданных рассматриваемого текстового документа – на основе данной онтологии будет определена как $\text{LabelSet} = \{l_i | \exists c_j \in \text{ConceptSet} \wedge l_i = c_j\}$, в котором *LabelSet* – уникальное множество для каждого текстового документа, состоящее из концептов (классов) онтологии предметной

области, полученных путем проекции множества текстовых объектов, принадлежащих этому документу, на заданную онтологию с использованием методов на основе ИНС. Следует уточнить, что в рамках рассматриваемого подхода, задав пороговое значение *ThresholdValue*, которое определяется на основе разницы принадлежности объекта к каждому классу, появляется возможность отнести объект к нескольким из потенциально возможных концептов онтологии для устранения неоднозначности.

В связи с этим, введем модифицированную вероятностную нейронную сеть с многослойной архитектурой как основу для получения семантических аннотаций текстовых документов. При этом априорно заданная обучающая выборка $x(1), x(2), \dots, x(N_2)$ состоит из текстовых объектов *ObjectSet*, полученных после предобработки данных, а значения на выходах нейронной сети формируют множество *LabelSet*.

3. Модифицированная вероятностная нейронная сеть

Рассматриваемая задача может быть решена на основе методов байесовской классификации с помощью вероятностных нейронных сетей (PNN), введенных Д.Ф. Шпехтом [4].

Идея байесовской классификации состоит в том, что для каждого входного образа-вектора можно принять решение на основе выбора наиболее вероятного класса из тех, которым мог бы принадлежать данный образ. Это решение требует оценки функции плотности вероятностей для каждого класса, восстанавливаемой на основе анализа данных из обучающей выборки. Для восстановления этих функций широкое распространение получили оценки Парзена (Надарая – Ватсона), использующие весовые функции (потенциальные функции, ядерные функции), имеющие центр в точках, соответствующих образам с известной классификацией из обучающей выборки.

И хотя байесовские методы классификации известны давно, их параллельная нейросетевая реализация позволила обеспечить более высокое быстродействие процессом обработки информации, связанным с распознаванием образов, классификацией, диагностикой и т.п.

Важно отметить, что решение, получаемое с помощью стандартной вероятностной сети, позволяет отнести предъявляемый образ $x(k)$ к одному единственному классу с наиболее плотным распределением в области этого образа. Вместе с тем существует достаточно ши-

рокий класс задач, где такое однозначное решение не достаточно, т.е. в процессе обработки информации необходимо определить не один наиболее вероятный класс, а вероятности принадлежности $x(k)$ к каждому из потенциально возможных классов.

Такое решение может быть получено с помощью предлагаемой модифицированной нейронной сети (MPNN), архитектура которой приведена на рис.1. Сразу же можно заметить, что MPNN представляет собой гибрид стандартной PNN и обобщенной регрессионной нейронной сети (GRNN), также введенной Шпехтом [5], и содержит четыре слоя обработки информации: первый скрытый, именуемый слоем образов, второй скрытый слой локальных сумматоров, третий скрытый слой, содержащий единственный общий сумматор, и, наконец, выходной слой делителей.

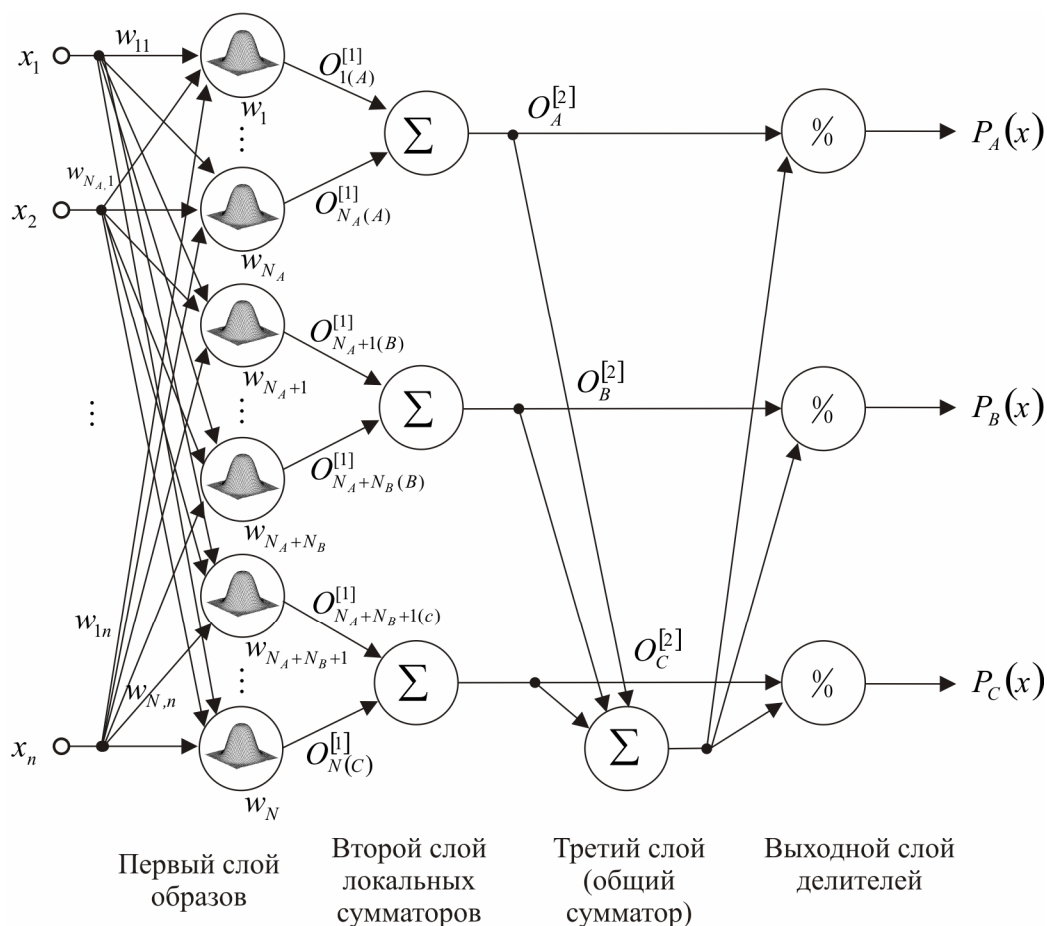


Рисунок 1 – Модифицированная вероятностная нейронная сеть

Исходной информацией для синтеза сети является обучающая выборка, образованная «пакетом» n -мерных векторов $x(1), x(2), \dots, x(N)$ с известной классификацией, причем место кон-

кретного образа в пакете значения не имеет. Предполагается также, что все входные векторы пронормированы так, что $\|x(j)\| = 1, j = 1, 2, \dots, N$, а сами образы (без потери общности) могут принадлежать, к примеру, одному из трех классов А, В или С. Предполагается также, что N_A образов относятся к классу А, N_B – к классу В и N_C – к классу С, т.е. $N_A + N_B + N_C = N$.

Количество нейронов в слое образов принимается равным N (по одному нейрону на каждый обучающий образ), а их параметры (центры активационных функций) определяются значениями компонент входных векторов так, что

$$w_{ji} = x_i(j), j = 1, 2, \dots, N; i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

или в векторной форме

$$w_j = x(j), j = (x_1(j), x_2(j), \dots, x_n(j))^T. \quad (2)$$

Таким образом, в этой сети реализуется обучение, основанное на памяти [6], по принципу «нейроны в точках данных» [7], что делает его крайне простым и практически мгновенным.

Каждый из нейронов слоя образов вычисляет взвешенную сумму компонент входных сигналов и преобразует ее с помощью нелинейной активационной функции так, что на выходе нейронов первого скрытого слоя появляется сигнал в форме

$$O_j^{[1]}(k) = \exp\left(-\frac{\|x(k) - w_j\|^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

где $j=1_{(A)}, 2_{(A)}, \dots, N_{A(A)}, \dots, N_A+1_{(B)}, \dots, N_A+N_{B(B)}, N_A+N_B+1_{(C)}, \dots, N_{(C)}$, $k=N+1, N+2, \dots$ – индекс (номер) наблюдения, не принадлежащего обучающей выборке, $_{(R)}$ – индекс класса, R принимает значение А или, В или С, σ – параметр ширины ядерной активационной функции.

Заметим, что с учетом нормировки, выражение (3) можно переписать в более удобной форме

$$O_j^{[1]}(k) = \exp\left(\frac{w_j^T x(k) - 1}{\sigma^2}\right) = \exp\left(\frac{\cos(w_j, x(k)) - 1}{\sigma^2}\right), \quad (4)$$

при этом, поскольку $-1 \leq \cos(w_j, x(k)) \leq 1$, аргумент (3) может изменяться в интервале

$$-\frac{2}{\sigma^2} \leq \frac{\cos(w_j, x(k)) - 1}{\sigma^2} \leq 0, \quad (5)$$

а выходной сигнал каждого нейрона –

$$\exp(-2\sigma^{-2}) \leq O_j^{[1]}(k) \leq 1. \quad (6)$$

Второй скрытый слой локальных сумматоров (по одному на каждый класс) вычисляет сумму выходов первого слоя в виде

$$\begin{aligned} 0 < O_A^{[2]}(k) &= \sum_{j=1_{(A)}}^{N_{A(A)}} O_j^{[1]}(k) < N_A, \\ 0 < O_B^{[2]}(k) &= \sum_{j=N_A+1_{(B)}}^{N_A+N_{B(B)}} O_j^{[1]}(k) < N_B, \\ 0 < O_C^{[2]}(k) &= \sum_{j=N_A+N_B+1_{(C)}}^{N_{(C)}} O_j^{[1]}(k) < N, \end{aligned} \quad (7)$$

которые затем подаются на входы общего сумматора третьего слоя, вычисляющего сумму $O_A^{[2]}(k) + O_B^{[2]}(k) + O_C^{[2]}(k)$, и входы делимого делителей выходного слоя. Поскольку выходной сигнал третьего слоя подается на входы делителей выходного слоя, на выходах сети появляются значения вероятностей

$$\begin{aligned} 0 < P_A(x(k)) &= \frac{O_A^{[2]}(k)}{O_A^{[2]}(k) + O_B^{[2]}(k) + O_C^{[2]}(k)} < 1, \\ 0 < P_B(x(k)) &= \frac{O_B^{[2]}(k)}{O_A^{[2]}(k) + O_B^{[2]}(k) + O_C^{[2]}(k)} < 1, \\ 0 < P_C(x(k)) &= \frac{O_C^{[2]}(k)}{O_A^{[2]}(k) + O_B^{[2]}(k) + O_C^{[2]}(k)} < 1. \end{aligned} \quad (8)$$

После того, как сеть построена, необходимо задать значение параметра ширины σ , который для нормированных входов выбирается достаточно произвольно в интервале от нуля до единицы [8]. Вместе с тем, следует отметить, что простого формального решения, позволяющего получить значение этого параметра, на сегодня не существует. И, наконец, можно приступать к решению задачи собственно классификации, предъявляя MPNN образы $x(k), k > N$ с неизвестной принадлежностью.

4. Результаты экспериментальных исследований

Предложенный метод семантического аннотирования текстовых документов, основой которого является MPNN, тестировался на

выборке текстов, принадлежащих к разным онтологическим классам (50 признаков, 100 объектов). В качестве исходных данных рассматривался как корпус текстов “20 Newsgroups DataSet” (comp.graphics, comp.os.ms-windows.misc, comp.sys.ibm.pc.hardware), так и обработанная текстовая информация узкоспециализированной предметной области. Преобразование корпуса текстов в векторное пространство осуществлялось на основе статистической оценки TFIDF.

В ходе эксперимента рассматривалось, прежде всего, качество работы MPNN. В табл. 1 представлены результаты работы со значением $\sigma = 0.3$. Показано, что в результате работы формируется набор значений вероятностей принадлежности входного текстового объекта к нескольким классам, которые рассматриваются как концепты онтологии предметной области. Также проведено сравнение работы предложенного метода на основе MPNN для различных значений ширины параметра σ . Для тестирования при проведении экспериментов использовалось 60% исходных данных из обучающей выборки.

Таблица 1

Пример работы программы

№ тек- стового объекта	Вероятность принадлежно- сти к 1-му классу	Вероятность принадлежно- сти ко 2-му классу	Вероятность принадлежно- сти к 3-му классу
1	0,99964	0,00010032	0,00025828
2	0,67091	0,094663	0,23443
3	0,02427	0,95577	0,019964
4	0,092507	0,88085	0,02664
5	0,32385	0,62807	0,048079

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что предложенный метод обладает высокими показателями точности и быстротой работы, это дает возможность повысить качество извлечения знаний из текстовых источников при ограниченной выборке.

5. Выводы

В данной работе предложен метод семантического аннотирования, в основе которого лежит модифицированная вероятностная нейронная сеть, которая представляет собой гибрид стандартной PNN и GRNN. Благодаря этому, возможно определить вероятности принадлежности входящего текстового объекта к каждому из потенциально возможных классов онтологии предметной области для формирования семантических аннотаций. Данный метод предусматривает возмож-

ность обработки информации по мере ее поступления в последовательном режиме, характеризуется простотой реализации и высокой скоростью обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Uren V. Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of the art [Текст] / V. Uren, Ph. Cimiano, J. Iria, S. Handschuh, M. Vargas-Vera, E. Motta, F. Ciravegna // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web. – 2006. – Vol. 4, No. 1. – P. 14–28.
- Dublin Core: Metadata Initiative [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dublincore.org – 01.03.2011 г. – Загл. с экрана.
2. Бодянский Е.В. Семантическое аннотирование текстовых документов на основе иерархической радиально-базисной нейронной сети [Текст] / Е.В. Бодянский, О.В. Шубкина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Вып. 6/3 (48). – С. 72–77.
3. Specht D.F. Probabilistic neural networks [Текст] / D.F. Specht // Neural Networks. – 1990. – 3. – P. 109–118.
4. Specht D.F. A general regression neural network [Текст] / D.F. Specht // IEEE Trans. on Neural Networks. – 1991. – 2. – P. 568–576.
5. Nelles O. Nonlinear System Identification [Текст] / O. Nelles. – Berlin: Springer, 2001. – 785 p.
6. Zahirniak D.R. Pattern recognition using radial basis function network [Текст] / D.R. Zahirniak, R. Chapman, S.K. Rogers, B.W. Suter, M. Kabriski, V. Pyatti // Proc: 6-th Ann. Aerospace Application of AI Conf. – Dayton, OH, 1990. – P. 249–260.
7. Tsoukalas L.H. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering [Текст] / L.H. Tsoukalas, R.E. Uhrig. – N.Y.: John Willey and Sons Inc., 1997. – 587 p.

О.О. Дробахин, В.В. Алексеев, А.В. Звегинцев

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Представлены радиопортреты объекта в виде двутавра, полученные экспериментальным путем с использованием измерительно-вычислительного комплекса при совмещении поперечного сканирования и проведения в каждой точке многочастотных измерений с последующим синтезированием продольного распределения характеристики отражения. Произведен выбор частоты для одночастотного сканирования с целью определения направления залегания объекта с исключением влияния расстояния между антенной и объектом.

Ключевые слова: измерительно-вычислительный комплекс, синтезирование временных сигналов, сканирование, изображение

Введение. Микроволновая техника нашла эффективное применение для решения задач, возникающих в различных отраслях промышленности [1]. Наиболее информативными являются широкополосные многочастотные сигналы, но их использование требует применения достаточно сложной аппаратуры в виде соответствующего измерительно-вычислительного комплекса [2]. Одной из практически важных задач является обнаружение и локализация скрытых металлических конструкций, например, конструкции в виде двутавра, определение направления ее залегания. Представляет практический интерес исследовать возможность применения одночастотных микроволновых сигналов для решения указанной задачи, поскольку одночастотная аппаратура много проще и дешевле многочастотной, что является решающим фактором при практическом внедрении микроволновых методов. При этом особенностью применения одночастотных методов является то, что в зависимости от расстояния между антенной и отражающей поверхностью объекта может наблюдаться как максимум отражения, так и его минимум.

Цель статьи. Получение при помощи измерительно-вычислительного комплекса экспериментальным путем по данным многочастотных измерений, совмещенных с поперечным сканированием, радиопортретов объекта в виде двутавра и на этой основе выбор частоты для одночастотного сканирования с целью определения направления залегания объекта с исключением влияния расстояния между антенной и объектом.

Особенности измерительно-вычислительного комплекса. Для обеспечения однопозиционного расположения аппаратуры многочастотный интроскоп имеет одну антенну-зонд для облучения исследуемой структуры и приема отраженного сигнала (рис. 1). Измерению подлежит отношение сигналов падающей и отраженной волн на ряде частот. Выделение и детектирование сигналов обеспечивается волноводной рефлектометрической схемой из состава панорамного измерителя Р2 с направленными детекторами при использовании в качестве зонда одного из видов рупорных антенн. При этом для получения значений сигналов в каналах падающей и отраженной волн последовательно опрашиваются каналы АЦП, а отношение указанных сигналов вычисляется программно. Конструкция АЦП также предусматривает функцию подачи напряжения смещения на детекторы для их вывода на линейный участок ВАХ. Электронная перестройка частоты генератора качающейся частоты и использование индикатора КСВН обеспечивает работу системы в реальном времени и дает следующие преимущества: электронная перестройка частоты, быстрое измерение отношения падающего и отраженного сигналов, что достигается высокой эффективностью цифро-аналогового блока.

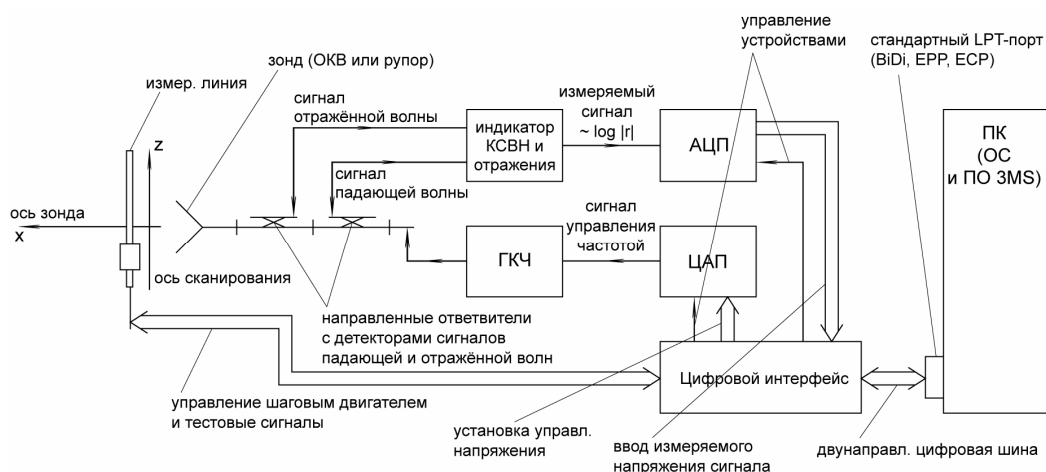


Рисунок 1 - Структура действующего измерительно-вычислительного комплекса

Применение методов параметрического спектрального анализа позволяет получить зависимость распределения характеристики отражения в зависимости от времени, а после соответствующих пересчетов масштаба оси абсцисс и в зависимости от пространственной продольной координаты. Измеряются скалярные величины, сохранение информации о фазе достигается использованием принципа Фурье-голографии с использованием отражения от доминирующей неоднородности антенны в качестве опорного сигнала [2].

Система исключает аномальные значения (выбросы) за счет проведения медианного усреднения, осуществляет обратное Фурье-преобразование частотной характеристики, обеспечивает получение временной характеристики, которая совпадает с откликом исследуемой структуры на импульсный падающий сигнал. Измерительная система использует медианное усреднение серии последовательно измеренных характеристик. Усреднение выполняется только по получению всех характеристик, значения которых подлежат усреднению.

Сканирование осуществляется посредством цифрового управления системы с шаговым двигателем в диапазоне 0-450 мм. Скорость сканирования при измерении 3 характеристик (кадров) за одну остановку и шагом позиционирования 1,5 мм составляет около 22,5 мм в минуту. Сканирование перпендикулярно оси зондирования (рис. 1). Оно дает набор характеристик отражения (кадров), которые могут быть удобно представлены в виде цифрового растрового графического изображения (2D-изображение), где должным образом нормированная амплитуда коэффициента отражения представлена яркостью пикселей, а горизонтальная и вертикальная оси изображения соответствуют осям продольной (зондирования) и поперечной (сканирования) соответственно. Наложение на изображение цветовой карты градиента позволяет отчетливо наблюдать области с одинаковыми значениями коэффициентов отражения (в частности, изолинии).

Экспериментальные результаты. Все измерения проводились на базе панорамного измерителя Р2 в диапазоне частот 8-12 ГГц с пирамидальной рупорной антенной, сечение горловины которой составляло 23×10 мм, апертуры – 94×94 мм, длина рупора – 210 мм. В качестве объекта исследования был выбран стандартный элемент металлоконструкций – несимметричный двутавр высотой 170 мм, ши-

риной оснований 150 мм и 75 мм. На рис. 2, 3, 4 представлены 2D-изображения, построенные на результатах многочастотных измерений сканирования двутавра в поперечном сечении, продольном сечении с горизонтальным и наклонным расположением двутавра соответственно. Характеристика отражения (ХО), полученная с помощью рупорной антенны, есть суперпозиция трех функций. Первая из них соответствует корреляции ХО структуры с характеристикой первой опорной неоднородности, например, горловины рупора (рис. 2а, позиции 4, 5), вторая – аналогично со второй, апертурой рупора (рис. 2а, позиция 3). К третьей относится все остальное, в частности, автокорреляционные функции (АКФ) неоднородностей (рис. 2а, позиция 1), взаимокорреляционные функции (ВКФ) опорных неоднородностей (рис. 2а, позиция 2) и другие (возможно, непредвиденные) составляющие. Поскольку ХО, соответствующие ВКФ структура—апертура и структура—горловина рупора одинаковы и отличаются по величине сигналов и смещением друг относительно друга вдоль оси зондирования (рис. 1) на длину равную электрической длине рупора, тогда за искомую берется ВКФ структура—горловина рупора (рис. 2, б).

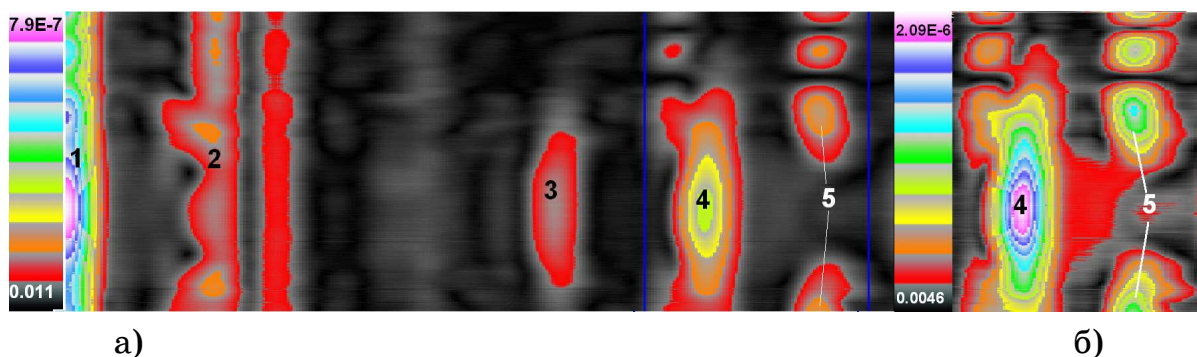


Рисунок 2 - 2D-изображение поперечного сканирования двутавра, по горизонтали – ось зондирования, по вертикали – ось сканирования: а) полная картина эксперимента, б) область, соответствующая ВКФ структура-горловина рупора, масштаб 1:10
1 – АКФ, 2 – отражение от апертуры, 3 – ВКФ структура-апертура, 4 – ВКФ вершина двутавра-горловина рупора, 5 – ВКФ основание двутавра-горловина рупора

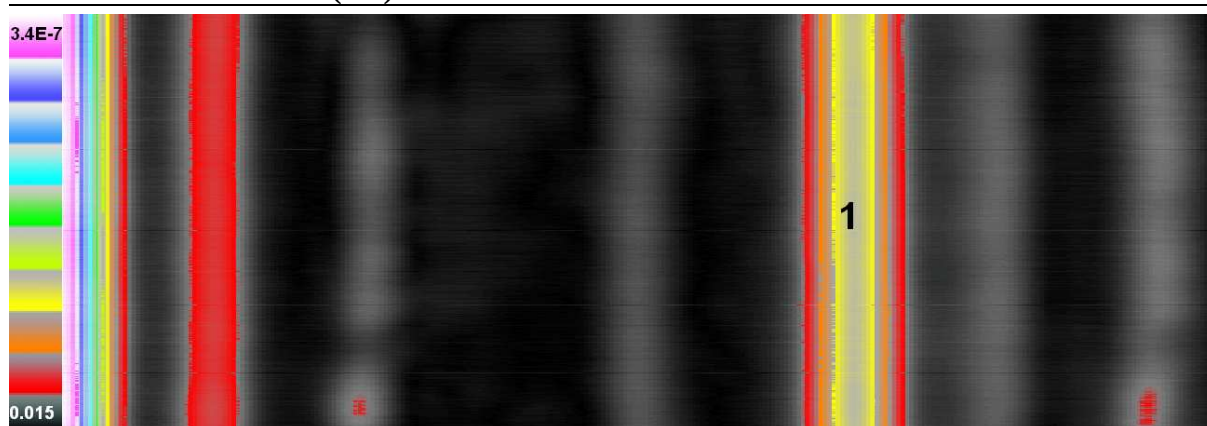


Рисунок 3 - 2D-изображение продольного сканирования двутавра.

Масштаб 1:7,5

1 – ВКФ вершина двутавра-горловина рупора

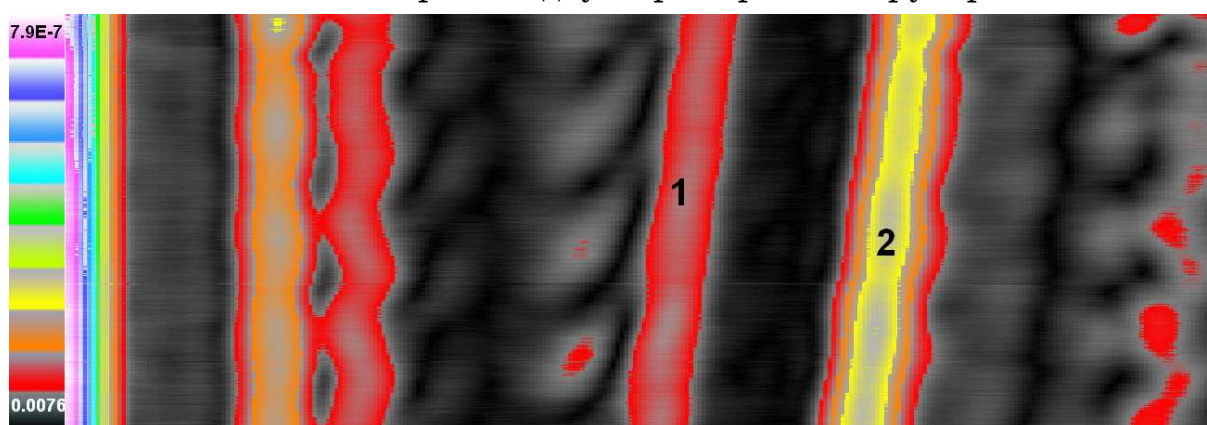


Рисунок 4 - 2D-изображение сканирования двутавра под углом в 7 градусов. Масштаб 1:7,5

1 – ВКФ вершина двутавра-апертура рупора, 2 – ВКФ вершина двутавра-апертура рупора

Был исследован одночастотный метод для обнаружения скрытых элементов металлоконструкций. Суть данного метода заключалась в поиске одной (нескольких) частоты из диапазона 8-12 ГГц, для которой изменение расстояния от антенны до исследуемого объекта во всем диапазоне сканирования давало максимум отражения от верхней отражающей поверхности, а не минимум.

Для этого был разработан следующий алгоритм. В ходе измерений были получены таблицы значений коэффициентов отражений при разных расстояниях от антенны до исследуемого объекта в зависимости от исследуемой частоты и горизонтального положения антенны. Для одного и того же значения частоты, попарно сравнивая значения коэффициентов отражений для разных расстояний, опреде-

лялось количество совпадений (как случай совпадения принимается ситуация, когда значение коэффициента отражения при одном значении расстояния попадает в интервал от 70% до 130% от значения коэффициента отражения при другом значении расстояния). Частоты, на которых наблюдается наибольшее количество совпадений, принимались в качестве удовлетворяющих требованиям.

Таким образом, по данным многочастотных измерений и сканирования была определена оптимальная частота, измерения на которой позволяют определить направление конструкции независимо от расстояния между апертурой антенны и объектом.

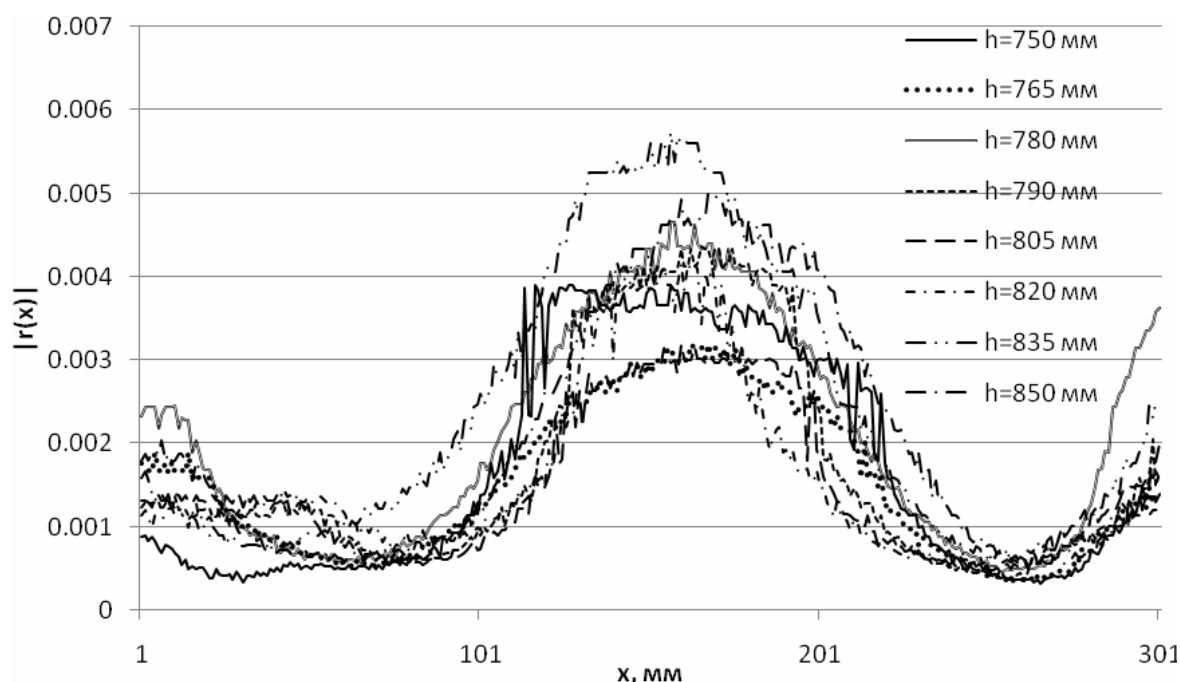


Рисунок 5 - График зависимости значений коэффициента отражения для случая одночастотного измерения при изменении расстояния между антенной и двутавром

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационный контроль металлургических процессов./ В.И.Головко, О.Н.Кукушкин, Н.В.Михайловский и др. – Днепропетровск, Журфонд, 2010. – 428 с.
2. V. V. Alekseev, O. O. Drobakhin, Ye. V. Kondrat'yev, and D. Yu. Saltykov, "Microwave introscopy using multifrequency measurements and transversal scan", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 21, no. 2, pp. 24-26, 2006.

В.П. Малайчук, А.И. Федорович

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ПРИ ПОМОЩИ СИНГУЛЯРНО-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. Исследованы возможности устранения аддитивной и модулирующей помех, различной мощности и в различных сочетаниях, по средствам сингулярно-спектрального анализа, а так же качество восстановления исходной зашумленной выборки, содержащей информацию о техническом состоянии объектов контроля.

Ключевые слова: ганкелева матрица, собственные числа, выборка измерений, мощность

Постановка задачи

В задачах неразрушающего контроля линейно-протяженных объектов со случайными параметрами информация об их состоянии содержится в выборках измерений, искаженных помехами разного вида. Одним из способов уменьшения влияния помех на результаты контроля является формирование матриц Ганкеля и их сингулярно-спектральный анализ [1]. В реальных условиях контроля выборки измерений представляют собой последовательности случайных величин с неизвестными статистическими закономерностями. Модель измерений ультразвукового контроля линейно протяженного объекта можно представить в виде

$$x(k) = m(k)(S_0(k) + \Delta S(k)) + n(k) \quad (1)$$

$m(k)$ - модулирующая помеха, которая характеризует контакт датчика и поверхности объекта контроля; $S_0(k)$ - детерминированная составляющая; $\Delta S(k)$ - флуктуации, которые характеризуют структуру металла; $n(k)$ - измерительный шум.

Рассмотрим задачу выделения детерминированной составляющей. В этом случае выражение (1) запишется в виде

$$x(k) = m(k)(S_0(k)) + n(k). \quad (2)$$

Цель исследования – изучить возможности восстановления детерминированных выборок $S_0(k)$, уменьшая влияние аддитивной и модулирующей помех.

Сингулярно-спектральный анализ ганкелевых матриц используется для уменьшения влияния помех путем отбора собственных чисел и формирования сглаженных выборок измерений. Эта задача может быть решена путем проведения вычислительных экспериментов на основе моделей выборок с различными законами распределения.

Компьютерная модель и методика вычислительных экспериментов

Для проведения вычислительных экспериментов разработана компьютерная модель состоящая из пяти блоков: 1) блок генераторов для формирования выборок коррелированных случайных величин $S_0(k)$ с законами распределения вероятностей – Гаусса, Лапласа, Релея, экспоненциального; 2) блок зашумления исходного сигнала модулирующей и аддитивной помехами; 3) блок формирования матриц Ганкеля; 4) блок сингулярно-спектрального преобразования; 5) блок статистического анализа восстановленных последовательностей.

Коррелированные нормальные случайные величины описываются моделью Маркова

$$S(k) = rS(k-1) + \sigma^2 \sqrt{1-r^2} \xi(k) \quad (3)$$

где r - коэффициент корреляции; $\xi(k)$ - нормальные случайные величины с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Последовательность Маркова с релеевским законом распределения формируется на основе (3) путем извлечения квадратного корня из суммы квадратов коррелированных нормальных случайных величин. Экспоненциальная последовательность формируется как сумма квадратов нормальных коррелированных случайных величин, а закон Лапласа – как разность экспоненциальных последовательностей.

Исходную коррелированную последовательность (3) с различными законами распределения вероятности, зашумляем аддитивной и модулирующей помехой в различных сочетаниях и различной мощности. Аддитивная помеха представляет собой приборный шум, и описывается независимыми нормальными случайными величинами с нулевым математическим ожиданием и изменяющейся дисперсией ($\sigma_n^2 = 0.09 \div 0.81$). Модулирующая помеха характеризует контакт дат-

чика и поверхности объекта контроля описывается бета-распределением

$$m(k) = 2 \left[\frac{1}{2} - \cos \left(\frac{1}{3} (\pi - \arccos(1 - p(k))) \right) \right], \quad (4)$$

где $p(k)$ - последовательность коррелированных случайных величин.

Из последовательности $x(1), x(2), \dots, x(N)$ формируется матрица

Ганкеля (с длиной окна L) $|X| = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_{K-1} \\ x_2 & x_3 & \dots & x_K \\ x_3 & x_4 & \dots & x_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_L & x_{L+1} & \dots & x_{N-1} \end{pmatrix}$. Величины L, N и K ,

связаны между собой следующим соотношением $K = N - L + 1$. Запишем уравнение для оценки собственных чисел

$$\det(|X||X|^T - \lambda|I|) = 0. \quad (5)$$

Решая уравнения (5), получим корни λ_i - собственные числа матрицы $|S| = |X||X|^T$. Установлено, что собственные числа ганкелевых матриц образуют неубывающий ряд $\lambda_1 \geq \dots \lambda_L \geq 0$, где L - длина окна. Для проведения вычислительных экспериментов выбрано $L=5$. Определим ортонормированную систему собственных векторов ганкелевой матрицы, $U_1 \dots U_L$ в соответствии с собственными числами. Пусть $|V_i| = |X^T| |U_i| / \sqrt{\lambda_i}$, тогда набор $\sqrt{\lambda_i}$, $|U_i|$, $|V_i|$ - будем называть собственной тройкой сингулярного разложения исходной матрицы. Исходная матрица восстанавливается путем перемножения собственной тройки $|X_i^*| = \sqrt{\lambda_i} |U_i| |V_i^T|$. Для восстановления исходного сигнала $S_0(k)$, проводим диагональное усреднение матриц $|X_i^*|$.

Анализ результатов вычислительных экспериментов

При проведении вычислительных экспериментов полезный сигнал $S_0(k)$ искажался помехами различного вида, после чего проводились сингулярно-спектральный анализ и восстановление искаженного сигнала по различному числу ненулевых собственных чисел матрицы Ганкеля.

Для сравнения возможностей восстановления последовательностей с различными законами распределения вероятностей случайных

величин, использовано среднеквадратичное отклонения между исходной выборкой $S_0(k)$ и восстановленной.

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum [S_0(k) - S_0^*(k)]^2, \quad (6)$$

где $S_0(k)$ - исходная Марковская последовательность, $S_0^*(k)$ - восстановленная последовательность, $N = 25$ - длина выборки, количество реализаций равно 100 для каждого случая.

Рассматривается зашумление исходного сигнала четырьмя возможными способами: 1) к исходному сигналу добавляется только аддитивная помеха. В этом случае модель сигнала будет иметь вид $x(k) = S(k) + n(k)$; 2) к исходному сигналу добавляется только модулирующая помеха. В этом случае модель сигнала будет иметь вид $x(k) = (S(k))m(k)$; 3) к исходному сигналу добавляется модулирующая и аддитивная помеха, двумя различными способами $x(k) = (S(k))m(k) + n(k)$ или $x(k) = (S(k) + n(k))m(k)$.

Восстановление исходной последовательности по первому собственному числу позволяет значительно снизить влияние аддитивной помехи [1].

В таблице 1 приведен пример восстановления сигнала, с различными законами распределения вероятностей, искаженного только модулирующей помехой.

Таблица 1

Вид ЗРВ	$x(k) = (S(k))m(k)$					
	λ_1	$\lambda_1 + \lambda_2$	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$	$\sum_{i=1}^5 \lambda_i$	Исход. ошибка
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
Гаусса	0,374	0,328	0,313	0,304	0,229	0,337
Лапласа	0,455	0,866	0,769	0,717	0,692	0,087
Релея	0,434	0,429	0,427	0,423	0,427	0,012
Экспоненциальный	0,827	0,375	0,199	0,101	0,051	0,022

Из таблицы 1 видно, что при помощи сингулярно-спектрального анализа не возникает уменьшение влияния модулирующей помехи.

Для устранения модулирующей помехи предложен следующий алгоритм. Искаженный сигнал перед сингулярным разложением необходимо прологарифмировать, то есть $\ln[x(k)] = \ln[(S(k))m(k)]$. Используя свойства логарифма от произведения получим $\ln[x(k)] = \ln[S_0(k)] + \ln[m(k)]$. Таким образом, мы получаем модули-

рующую помеху, которая прибавляется к полезному сигналу, а такого рода зашумления легко удаляются при помощи сингулярно-спектрального анализа. Единственное ограничение, которое накладывает данная методика, состоит в том, что логарифмировать возможно только сигналы не содержащие отрицательных значений. В таблице 2 приведены результаты сингулярного разложения и последующего восстановления логарифмированных последовательностей с экспоненциальным и релеевским распределениями вероятности.

Таблица 2

Вид ЗРВ	$\ln[x(k)] = \ln[S_0(k)] + \ln[m(k)]$					
	λ_1	$\lambda_1 + \lambda_2$	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$	$\sum_{i=1}^5 \lambda_i$	Исход. ошибка
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
Релея	0,091	0,043	0,024	0,013	0,007	0,007
Экспоненциальный	0.463	0.257	0.1	0.09	0.031	0.023

Сравнивая соответствующие значения в таблицах 1 и 2 легко заметить, что ошибка восстановления, при логарифмировании искаженного модулирующей помехой сигнала, уменьшается в 50 раз, при использовании для восстановления всех ненулевых собственных чисел матрицы Ганкеля.

Выводы

1. Использование сингулярно-спектрального анализа позволяет избавиться от зашумления аддитивной помехой. Модулирующую помеху можно устранить путем применения предварительного логарифмирования к искаженному сигналу.

2. При малых дисперсиях гауссова шума ($\sigma_n = 0.3 \div 0.5$) наиболее эффективно восстанавливается исходная выборка по всем ненулевым собственным числам матрицы Ганкеля. При увеличении дисперсии аддитивной помехи ($\sigma_n = 0.7 \div 0.9$) наиболее точное восстановление получается при использовании только первого и второго собственного числа.

3. Ошибка восстановления исходного сигнала зависит от вида закона распределения вероятностей Марковской последовательности. Для симметричных и слабо асимметричных законов она составляет 0,2-0,3, при исходной ошибки 0,8. А для сильно асимметричных законов – 0,6, при исходной ошибки 0,9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голядина Н.Э. Метод «Гусеница» - SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. - СПб., 2004. – 76с.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2006. – 816 с.

М.П. Мусиенко, В.А. Дидук

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ЕДИНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПОЖАРНО-ОХРАННОЙ СЕТЬЮ СБОРА ДАННЫХ

Аннотация. В статье приведен анализ существующих информационных моделей машиностроительных комплексов. Разработана и описана новая модель, объединяющая технологическую и пожарно-охранную части сети машиностроительного комплекса. Результаты исследования приведены в виде модифицированной модели СИМ.

Ключевые слова: модель СИМ, автоматизация, пожарно-охранная и технологическая сети

1. Введение

Развитие микроэлектроники, различных типов технологий проводной и беспроводной связи привели к появлению большого количества различных типов электронных устройств, стандартов, протоколов и требований к ним. Открытость экономики Украины и малое собственное производство привело к преобладанию на ее рынке продукции зарубежных производителей. При этом возникла проблема отличия нормативных документов на продукцию и изделия, которые эксплуатируются на нашем рынке, к тем требованиям, которые предъявляются в странах-производителях – странах Европы, Азии и т. д.

Для решения этой проблемы необходимо провести систематизацию и анализ основных понятий, технологий, оборудования, норм и требований, предъявляемых к объекту автоматизации, как со стороны потребителя, так и со стороны охранных учреждений. При этом необходимо рассмотреть возможности объединения внутренней сети машиностроительного комплекса с сетью охранной и пожарной сигнализации, поиск их места в общей структуре предприятия, разработки новой концептуальной модели машиностроительного комплекса в соответствии с введенными изменениями.

История развития информационных систем для управления машиностроительным комплексом насчитывает множество различных моделей (MES-системы, ERP и т.д.). Но все они имеют один недостаток – в их рамках рассматривается не всё предприятие целиком, а лишь отдельная его часть. В конце 1980-х гг. была разработана объединенная модель информационной среды предприятия – модель CIM (Computer Integrated Manufacture), которая до сегодняшнего дня является актуальной и востребованной [1].

CIM (Computer-Integrated Manufacturing) – модель архитектуры информационных систем, в соответствии с которой все производственные процессы контролируются посредством CAD- и CAM-систем [2].



Рисунок 1 - Структура информационной сети машиностроительного комплекса по модели CIM

На этом разработка моделей не остановилась, но практически все последующие модели были усовершенствованием предыдущей. Сравнительная характеристика существующих моделей с указанием достоинств и недостатков приведена в таблице 1.

Таким образом, во всех разработанных моделях на сегодняшний день есть практически всё, что касается производства, управления и поставок, но ни в одной из них не определено место пожарной и охранной сигнализации. Они всегда рассматривались как отдельная информационная система, никак не связанная с информационным

пространством машиностроительного комплекса. Такой подход имеет свои недостатки:

- дополнительные экономические затраты на построение дополнительных охранных и пожарных сетей (они как правило используют отдельные сети, что увеличивает затраты вдвое);
- обслуживающий персонал предприятия не имеет доступа к данным сетям и в случае сбоя или другой внештатной ситуации необходимо обращение к охранный фирме, штрафы и т.д.

Таблица 1

Характеристики моделей

Модель	Специализация	Недостатки
CIM	Описание работы всей внутренней структуры предприятия Разделение всех информационных систем предприятия на уровни	Отсутствие описания связи системы с внешним миром Отсутствие описания процессов в контурах производственного контроля
PERA	Доработка CIM Управление ресурсами Контроль качества Управление техобслуживанием Внутрицеховая логистика	Отсутствие описания связи системы с внешним миром
MESA	Расширение PERA (расширена сфера ответственности внутрицеховых систем, куда вовлечено больше функций)	Отсутствие описания связи системы с внешним миром
ISA-95	Доработка CIM и PERA. Улучшено описание способов обмена информацией между уровнями Детальное описание предметной области цеховых информационных систем в виде диаграмм UML	Отсутствие описания связи системы с внешним миром Не законченное (на данный момент) описание операционной модели
SCOR	Управление внешними связями, цепочками поставок	Отсутствие описания внутренней структуры информационной среды предприятия

Таким образом, проблема объединения пожарно-охранных и промышленных информационных систем является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка новой концептуальной модели машиностроительного комплекса, которая будет удовлетворять запросам потребителя и соответствовать нормам и требованиям Украины.

2. Основное содержание и результаты работы

В основе новой архитектуры лежит идея о полном разделении этапов общего проектирования (моделирования) и последующей реализации. Универсальная модель позволяет до известной степени автоматизировать процесс разработки нового или модернизации старого предприятия.

Наличие подробной модели обеспечивает автоматическую разработку типовых частей машиностроительного комплекса, которые поддаются автоматизации. Например, создание основной управленческой структуры, создание типового программного обеспечения, создание базы данных и организация доступа к данным, готовые типовые механизмы обмена информацией и доступа к ней.

Решение поставленной задачи лучше всего осуществить методами системного анализа в виде логической схемы проектирования, которая базируется на формализованных элементах (M, S, A, C, R, T), а также используя графы для наглядности при топологическом анализе. Здесь M – модель объекта проектирования; S – непустое множество, элементы которого – задачи проектирования; A – конечное множество, элементы которого – начальные данные; C – конечное множество, элементы которого – ограничения, требования, или другие зависимости; T – конечное множество, элементы которого – проектные решения; R – отображение, что ставит каждой паре вида (a_{si}, c_{si}) , $a_{si} \in A$, $c_{si} \in C$ в соответствие некоторое непустое подмножество множества T , которое обозначается $R(a_{si}, c_{si})$. Все множество задач проектирования S считается таким, что полностью решается, если $|R(a_{si}, c_{si})| = |S|$; при этом должно выполняться уравнение [3]:

$$|R(a_{si}, c_{si})| = 1. \quad (1)$$

Таким образом, для визуального представления задачи можно построить блок-схему отображения всех выше перечисленных элементов на объект исследования (рис. 2).

Далее, на основе полученных условий для изучения структуры взаимосвязей элементов системы можно уже использовать топологический анализ, или анализ связности. Этот анализ определяет связность подсистем в системе.

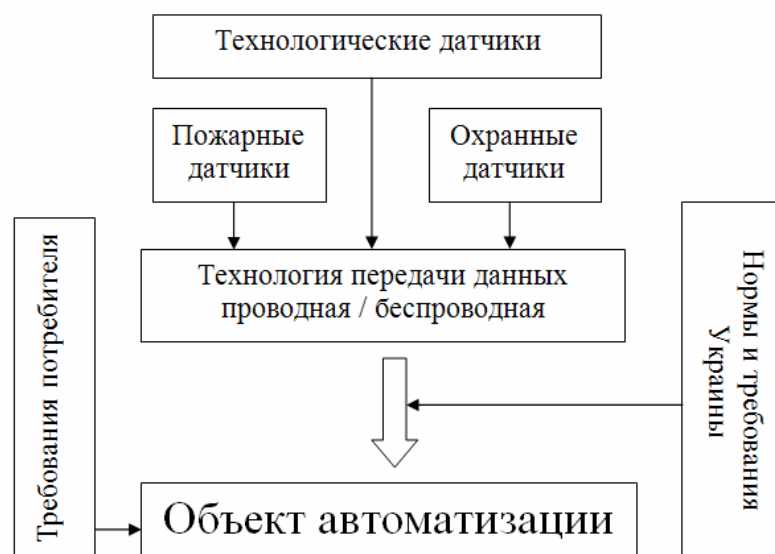


Рисунок 2 - Блок-схема взаимодействия объекта автоматизации, технологической и охранно-пожарной сети

Определим систему в виде $S = \{XR\}$, где X – множество элементов (приборов или функциональных единиц); R – некоторое отношение между элементами. Определим для отношения R матрицу инцидентий r , которая устроена за принципом «кто перед кем имеет преимущество, или кто кому передает информацию».

Если один элемент матрицы имеет преимущество перед другим, или второй передает информацию первому, т.е. если отношение R выполняется, то в клетку (i, j) записывается 1; если же отношение R не выполняется, то в клетку (i, j) записывается 0. Матрица инцидентий состоит, следовательно, из нулей и единиц (табл.2). Матрица в табл.2 построена на основе обобщенной информации о структуре предприятий [4].

Эту задачу на данном этапе можно представить в виде неструктурированного графа (рис. 3). Далее осуществим решение поставленной задачи пошагово, на каждом шагу определяя принадлежность каждого из элементов определенному уровню производства, начиная с наивысшего.

Матрица инцидентов r для структуры предприятия

	Дирекция	SCADA	Бухгалтерия	Упр. Пож. Б.	Упр. Охр. Б.	Менеджер	Техн. датч.	Охран. дат.	Пожарн. Датч.	Ход выполн. произв.	Сост. Оборуд.	Кол-во тов.	PLC .	СУБД
Дирекция	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1
SCADA	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Бухгалтерия	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Упр. Пож. Без.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Упр. Охр. Без.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Менеджер	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Технолог. Датч.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Охран. датчики	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Пожарн. Датч.	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Ход выполн. произв.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сост. Оборуд.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кол. товаров	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
СУБД	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Шаг 1. Составляем вектор-строку $A0$, равную сумме строк исходной матрицы r : $A0 = (0\ 4\ 3\ 0\ 0\ 3\ 5\ 1\ 1\ 3\ 2\ 4\ 1\ 3)$. Нули в строке $A0$ дают элементы, которые имеют наибольшее преимущество по данному отношению. Эти элементы образуют порядковый уровень $N0$. В рассматриваемом случае это дирекция, управление пожарной и охранной сигнализацией.

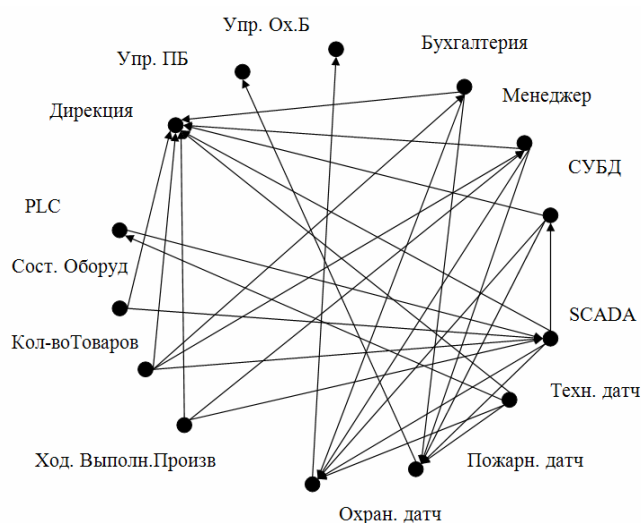


Рисунок 3 - Неструктурированный граф взаимосвязей элементов машиностроительного комплекса с единой технологической и охранно-пожарной сетью

Делается формальная запись: { *Дир, УПБ, УОхБ* } – *N0*.

Шаг 2. Преобразуем строку *A0*, а именно:

а) нули заменим знаком "X";

б) исключим из строки *A0* значения, соответствующие "нулевым" элементам, т.е. дирекцию, управление пожарной и охранной сигнализацией.

В итоге получается строка *A1* = (X 3 2 X X 2 4 0 0 2 1 3 1 2). Новые нули в строке *A1* дают элементы, которые имеют большее преимущество перед другими (кроме уже выделенных элементов). В рассматриваемом случае это пожарные и охранные датчики. Они образуют порядковый уровень *N1*, т.е. { *ПД, ОхД* } – *N1*

Шаг 3. Преобразуем строку *A1* аналогично шагу 2, в итоге получим строку *A2* = (X 1 0 X X 0 2 X X 2 1 3 1 0). Появившиеся новые нули соответствуют элементам «бухгалтерия, менеджер, СУБД», образующим порядковый уровень *N2*: { *Бухг, Менедж, СУБД* } – *N2*.

Шаг 4. Преобразуем строку *A2*, исключая значения, соответствующие "нулевым" элементам и заменяя предыдущие нули иксом.

В итоге получим строку *A3* = (X 0 X X X X 2 X X 1 1 1 1 X). Новый нуль соответствует элементу SCADA. Делаем запись: { *SCADA* } – *N3*.

Шаг 5. После преобразования *A3* получаем:

A4 = (X X X X X X 1 X X 0 0 0 0 X), что дает нам уровень: { *Ход.Выполн.Процеса, Сост.Оборуд, Кол-во Товаров, PLC* } – *N4*

Шаг 6. После преобразования *A4* получаем:

A5 = (X X X X X X 0 X X X X X X X), что дает нам уровень *N5*: { *Технологические датчики* } – *N5*

Результаты расположения элементов множества по уровням порядка можно представить в виде порядкового графа, в котором на уровни порядка накладываются внутренние связи элементов (рис.4).

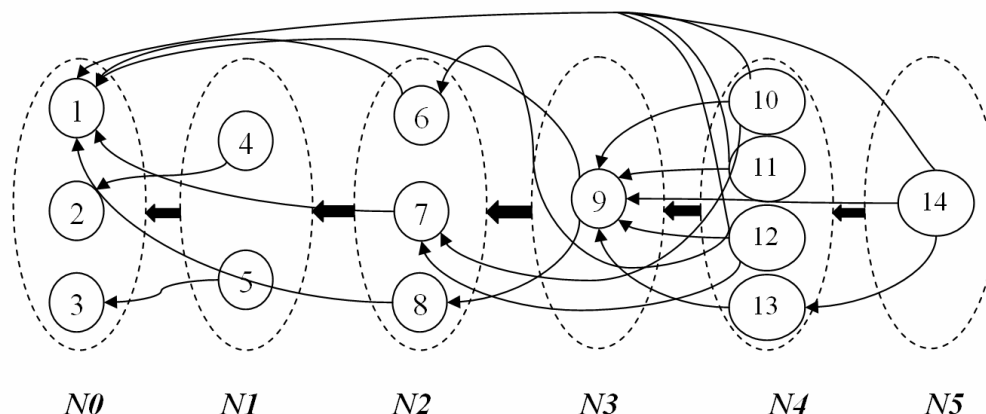


Рисунок 4 - Структурированный граф взаимосвязей элементов машиностроительного комплекса с единой технологической и охранно-пожарной сетью

На рис. 4 введены следующие обозначения: 1 – дирекция, 2 – управление пожарной безопасностью, 3 – управление охранной безопасностью, 4 – пожарные датчики, 5 – охранные датчики, 6 – бухгалтерия, 7 – менеджер, 8 – СУБД, 9 – SCADA, 10 – ход выполнения процессов, 11 – информация о состоянии оборудования, 12 – информация о количестве товаров, 13 – системы управления PLC, 14 – информация с технологических датчиков.

Как видно с графа на рис. 4, все предприятие разбилось на 6 уровней, каждый со своим кругом задач. В данном решении отчетливо просматриваются 5 уровней модели CIM. Так, уровень *N0* соответствует уровню ERP модели CIM (бизнес планирование и распределение производственных ресурсов), уровень *N2* – MES (планирование и контроль над ходом производственных операций, архивы информации СУБД), уровень *N3* – SCADA (уровень управления единицей производственного предназначения), уровень *N4* – PLC (базовые системы контроля, контроллеры PLC и числовое программное управление), уровень *N5* – DSC (промышленные датчики и исполнительные механизмы).



Рисунок 5 - Структура промышленной сети предприятия по модифицированной модели CIM

Отличительная особенность данной модели от эталонной модели CIM – это появление нового уровня *N1*, на котором размещены датчики пожарно-охранной сигнализации (FSS – Fire & Safety Sensor) и модификация верхнего, ERP уровня, к которому добавился центр пожарно-охранной (ЦПО) безопасности. В данном случае верхний уровень следует назвать ERP/FSC, где ERP сохранило старое значение, а FSC – Fire & Safety Control.

Важным моментом в модели CIM стало разделение всех информационных систем предприятия на уровни. Критериями выделения уровней были выбраны два показателя: дискретность оси времени, в единицах которой функционируют информационные системы, а также объемы данных, обрабатываемых на каждом уровне модели. В общем виде можно сказать, что системы верхнего уровня оперируют агрегированными данными на относительно больших временных промежутках, а нижнего – имеют дело с большим потоком данных реального времени. В связи с этим в рамках концепции CIM стали говорить о пирамиде информационных систем. Каждое сечение пирамиды имеет площадь, пропорциональную объему обрабатываемых данных. На вершине этот объем минимален, в основании – максимален [1].

В новой модели (рис. 5) дополнительный уровень (4) соответствует теории модели СИМ о площади сечения пирамиды, пропорциональному объему обрабатываемых данных. Так, количество информации от пожарно-охранных датчиков, в сравнении с количеством информации от промышленных датчиков, будет значительно меньше и пропорционально количеству самих датчиков, установленных на предприятии.

3. Выводы

Выполненные исследования показали возможность построения объединенных технологических, пожарно-охранных сетей сбора данных и управления для машиностроительных комплексов. Приведена модифицированная модель СИМ для машиностроительных комплексов с объединенной технологической и пожарно-охранной сетью сбора данных. Разработанная модель позволяет существенно упростить разработку нового или произвести модернизацию старого машиностроительного комплекса.

Полученные результаты дают возможность внедрить пожарно-охранные датчики и извещатели в уже существующую сеть предприятия, что существенно сэкономит время и деньги на разработке и расходных материалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модели архитектуры ИС предприятия: расцвет многоклеточных [Электронный ресурс]: часть 1. – Режим доступа: http://www.andproject.ru/articles/modeli_infosys_1/. – Название с экрана.
2. СИМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itpedia.ru/index.php/SIM>. – Название с экрана.
3. Тимченко А.А. Основы системного проектирования та системного аналізу складних об'єктів [Текст] / А.А. Тимченко навчальне видання, книга 1. – К.Либідь–2000. – 270 с.
4. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров [Текст] / В.Н. Романов; М-во образования РФ, северо-западный государственный заочный технический университет. – изд. 2-е, дополненное. – СПб: СЗГЗТУ – 2006. – 186 с.

ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БАГАТОЕТАПНИМ МЕТАЛУРГІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ НА ПРИКЛАДІ ПРОКАТКИ ТРУБ

Анотація: В статті наголошено на необхідність застосування до багатоетапних металургійних виробництв принципу інтеграції виробничих та економічних систем. Показано актуальність застосування даного принципу на підприємстві. Оцінено можливі економічний та соціальний ефекти від впровадження.

Ключові слова: інтеграція, керування, прийняття рішень, планування, оптимізація, металургія, прокат

Вступ. Більшість металургійних виробництв мають кілька операцій, розділених у часі, за місцем виконання, а також технологічно. Досвід роботи вітчизняних та закордонних підприємств показує, що навіть оптимальне налаштування систем керування кожною технологічною операцією або ланкою не забезпечує оптимальність загального виробничого процесу. Пояснюється це, насамперед, несумісністю оптимальних рішень для окремих систем та відсутністю глобального регулятора, який би керував роботою всього підприємства з точки зору кінцевої мети його існування.

Якщо відійти від рівня виробництва й піднятися на рівень його організації, стають очевидними основні фактори, котрі потребують покращення: показники використання робочого часу, завантаження обладнання та швидкості обігу вкладених у виробництво коштів. Всі перелічені фактори є економічними, у той час як при оптимізації роботи виробничих систем інженери та технологи зазвичай орієнтуються на технічні показники роботи, а саме час виконання операцій, витрати матеріалу, кількість витраченої енергії тощо.

Досить важливим чинником, який не формалізується у дослідженні автоматичних систем керування окремими ділянками технологічного процесу, є “людський фактор”, котрий набуває особливої ваги у металургії, де часто-густо досвід працівника має набагато бі-

льше значення, ніж точність та складність будь-якої керуючої апаратури.

З огляду на все перелічене, актуальною бачиться проблема інтеграції технічних систем управління, що використовуються на металургійному виробництві із загальною економічною системою роботи підприємства. Очевидно, така інтеграція має носити інформаційний характер і враховувати “людський фактор” як один із визначальних у досягненні кінцевої мети діяльності підприємства.

Постановка проблеми. Технологічний процес виробництва готової продукції на сучасних українських підприємствах за своєю природою є багатоетапним. Незалежно від вигляду кінцевої продукції – лист, труба, сортовий прокат, колесо чи дріт, метал проходить декілька розділених у часі операцій, виконуваних на окремих ділянках. Зокрема, аби стати безшовною трубою, сталь проходить послідовно кілька стадій: зливки – заготовка – незавершене виробництво – готова труба [1].

Відповідно на кожній стадії метал обробляється на певному технологічному відрізку (переділі). Більшість закінчених технологічних операцій є замкненими системами автоматичного регулювання, у яких завданням є добовий або змінний план, а матеріал (зливки, заготовки, штанги чи незавершені труби) надходять у вигляді зовнішньої змінної. Послідовна робота цих систем представлена рисунком 1.

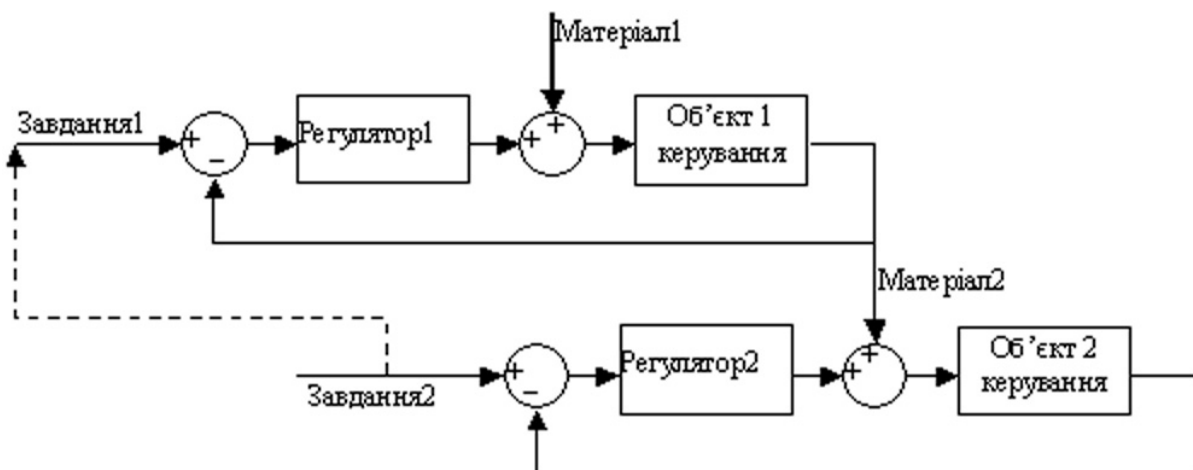


Рисунок 1 – Робота виробничих систем без інтеграції

Як видно з рисунку, кожна система зайнята виконанням власного завдання, яке у значній мірі залежить від результатів діяльності попередніх систем. Лише непрямим чином системи кінцевих операцій впливають на роботу систем попередніх операцій (пунктирна стрілка на рис. 1), визначаючи замовлення на певний вид чи якість

матеріалу. Водночас, замовлення готової продукції – завдання для всього підприємства, виконанням якого, частіше за все, займається лише останній цех чи ділянка.

Спроби інтегрувати кілька технологічних операцій і навіть процесів у металургійному виробництві здійснювались неодноразово [2-6] на теренах як України, так і Росії. Основним недоліком підходу більшості виконавців є обмеження кола розв’язуваних задач рівнем керування технологічним процесом. Проблеми планування і керування виробництвом, а також автоматизація взаємодії різних рівнів системи з включенням до них “людського фактора” практично не досліджені і не одержали відповідної промислової реалізації.

Деякі автори, зокрема [2], підкреслюють необхідність паралельного виконання завдання всіма ланками багатоетапного виробничого процесу і актуальність створення таких систем, які не лише оптимальним чином виконували б наявні поточні замовлення, а й прогнозували замовлення майбутніх періодів. Останнє дозволяє увести в алгоритми планування діяльності та контролю якості виробничого процесу процедури прогностичного управління, чим значно покращити показники якості виробничого процесу, а саме термін виконання замовлення та кількість незавершеного виробництва.

На деяких виробництвах інтегровані системи автоматизованого керування діють уже понад 10 років, наприклад, на Вексунському трубопрокатному заводі (Росія) [3]. У функції тамтешньої інтегрованої системи входить автоматизація технологічного процесу, інформаційне простежування штрипсу і труби, моніторинг, диспетчеризація та аналіз виробництва, а також оперативне планування виробництва.

У [4] виконано достатньо докладний аналіз існуючих інформаційних систем, що застосовуються на металургійних підприємствах України, наголошено на необхідності реалізації в складі загальної інформаційної системи керування металургійним підприємством елементів реєстрації, систематизації та аналізу даних. Водночас, автори визнають, що всю діяльність щодо прийняття управлінських рішень має виконувати відповідальний фахівець: менеджер, технолог, майстер, тощо. При цьому наголошено на важливості саме інформаційного зв’язку між окремими системами та комплексами.

В Росії на більшості великих підприємств інтеграція інформаційних систем, створених 10-20 років тому, виконується на рівні під-

приємства з використанням стандартних корпоративних інформаційних систем [5], що накладає певні обмеження. Адже будь-який універсальний механізм не дозволяє використовувати знання та аспекти виробничого процесу саме того підприємства, де подібна система застосовується.

Встановлено, що можливості технічного сполучення окремих функціональних підсистем до єдиної моделі керуючого комплексу забезпечуються наступними взаємно-інтегрованими системами: планування виробничих ресурсів підприємства або цеху, керування виробництвом, відкритою системою керування технологічними процесами та регулювання технологічними параметрами [6].

Автором раніше була запропонована інтелектуальна система підтримки прийняття рішень [7], яка охоплює кілька технологічних операцій на відрізку від зливка до штанги певної мірної довжини, готової для виготовлення сортового прокату.

Мета дослідження: запропонувати структуру та функції інтегрованої системи управління металургійним виробництвом з кількома послідовними технологічними операціями.

В ході аналізу виробничої діяльності низки підприємств Дніпропетровська, що працюють за системою повного циклу, було встановлено, що відпрацювання замовлення при існуючих послідовних алгоритмах займає досить суттєвий період часу, пов'язане з великою кількістю переналаштувань обладнання та створенням іноді досить значних запасів незавершеного виробництва.

При цьому більшість систем, що регулюють роботу окремих цехів чи ділянок, працюють за схемою, наведеною на рисунку 1, тобто не узгоджують роботу регуляторів та завдання між собою.

Як наслідок – при виконанні кожною окремою ділянкою чи навіть цехом плану (змінного, добового, місячного), тим не менше, загальноекономічні показники діяльності підприємства залишаються на достатньо низькому рівні. Особливо це стосується наступних показників:

- об'єм незавершеного виробництва;
- час виконання замовлення;
- витратний коефіцієнт металу.

Очевидно, що маючи фізичну, а точніше, технологічну природу, всі ці показники носять економічний характер. Адже незавершене

виробництво – це втілені у металі кошти підприємства, які мали б працювати на прибуток, високий час виконання замовлення часто призводить до відмови від термінових замовлень, навіть, якщо вони економічно вигідні, а збільшений показник витратного коефіцієнту підвищує собівартість продукції.

Не в останню чергу погіршенню техніко-економічних показників виробництва сприяє і робота “по замовленню”, коли підприємства реалізують виробничу програму чи план у відповідності до тих замовлень, що вже надійшли. Як показало моделювання роботи маркетингових відділів двох потужних металургійних підприємств Дніпропетровська, замовлення хоча і мають випадковий характер, втім, можуть бути описані статистично. Більш того, по найбільш затребуваних видах продукції можуть бути побудовані прогностичні моделі з лінійним трендом та періодичною складовою, які упродовж кількох років працюють з високим ступенем довіри.

Отже, актуальною задачею, розв’язувати яку має саме інтегрована система автоматизованого керування виробництвом, є побудова та застосування, де це можливо, прогнозуючих моделей. Останні мають застосовуватися для оперативного планування виробничого процесу, особливо, на початкових стадіях (переділах). Зокрема, до таких можна віднести плавку, розігрівання, обробку зливків та розкроювання заготовок.

Суттєвий вплив на техніко-економічні показники має також ширина номенклатури продукції сучасних металургійних виробництв, яка сягає кількох сотень найменувань. Кожен вид готової продукції, наприклад, трубного виробництва, характеризується певним стандартом [1]. Якщо врахувати різноманіття вихідного матеріалу (марку сталі) та різні стандарти щодо механічних властивостей готової продукції, реальний сортамент підприємства може сягати десятків тисяч найменувань.

Головною проблемою, що призводить до невиробничих втрат часу в цьому випадку є необхідність переналаштувань виробничого обладнання кількох переділів технологічних ланок з одного виду продукції на інший, безпосередньо під час виконання замовлень. За даними дослідження, втрати виробничого часу на переналаштування на деяких виробництвах Дніпропетровщини сягають до 18-23% в залежності від технологічної операції. При цьому, що далі ми набли-

жаємося до отримання готової продукції, тим ці втрати збільшуються. Частково вони є об'єктивними, адже при широкому сортаменті продукції виконати всі операції однаковим обладнанням неможливо. Однак, часто-густо мають місце зворотні налаштування, коли протягом зміни станок чи ділянка двічі або й тричі перемикаються з виконання однієї продукції на іншу, а потім повертаються до виготовлення першої.

Невиробничі втрати часу дозволяє скоротити застосування в інтегрований системі керування виробництвом методів групування замовлень, однакових за певними параметрами (марка сталі, діаметр труби, стандарт тощо...). Особливо помітним ефект від такого поєднання стає помітним при одночасному застосуванні методу групування з моделями прогнозування майбутніх замовлень. Однак, слід бути обережним, адже надмірне включення у роботу початкових виробничих ділянок завдань “на потім” згідно прогнозів моделей, може призвести до збільшення незатребуваного незавершеного виробництва, якщо очікувані замовлення з якихось причин не надійдуть.

Нарешті, остання, але не за важливістю, функція інтегрованої інформаційної системи автоматизованого керування металургійним виробництвом полягає у всебічному контролі перебігу технологічного процесу. Зокрема, має контролюватися наявність і якість матеріалів, стану обладнання, характеристики сталі, заготовки та готової продукції, її кількість на кожному виробничому відрізьку. Ведення динамічної бази даних у складі інтегрованої системи дозволить безпроблемно включати до плану діяльності нові замовлення, що надходять, починаючи вже з наступного етапу планування (зміна чи доба). Саме через одночасний контроль стану всіх переділів та одночасне формування завдань для всіх виробничих систем може бути отримане суттєве покращення техніко-економічних показників усього виробництва.

Враховуючи все викладене, пропонується наступна структура поєднання інтегрованої системи планування, контролю та керування з виробничими системами, що ілюструється рисунком 2.

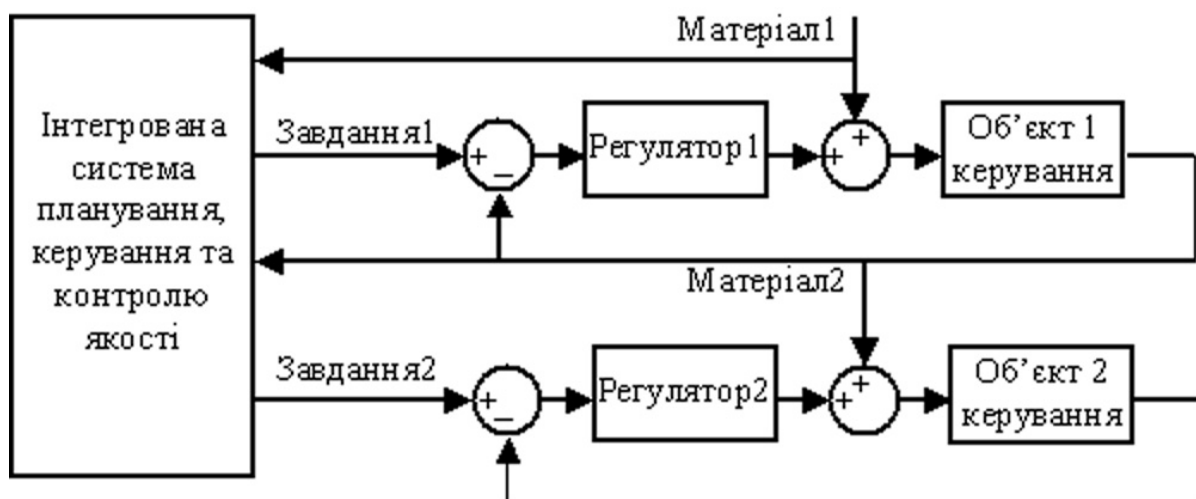


Рисунок 2 – Взаємодія окремих виробничих систем з інтегрованою

Саме паралельність, а не послідовність виконання замовлень, дозволить значно скоротити середній час виконання одного замовлення, узгодити окремі ділянки за пропускнуою здатністю, зменшити кількість переналаштувань, скоротити кількість незавершеного виробництва, а отже в підсумку – скоротити собівартість продукції.

Висновки та перспективи досліджень

Для підвищення техніко-економічних параметрів у багатоетапному металургійному виробництві необхідне комплексне вирішення проблеми керування організаційно-технологічними процесами плавки, нагріву, прокатки та контролю за якістю продукції.

Підвищення ефективності виробництва може бути досягнуте за рахунок контролю технологічних параметрів, а також залишків матеріалів на кожному переділі та стану обладнання усіх послідовних операцій однією інтегрованою системою підтримки прийняття рішень.

Інтегрована система керування повинна працювати за узагальненим критерієм оптимальності, видаючи одночасно завдання на кожну виробничу ланку з урахуванням узгодження їх процесів.

Для оптимізації керування процесами плавки, нагріву, прокатки і термічної обробки прокатної продукції з урахуванням глобального критерію потрібні сталі та надійні інформаційні зв'язки між окремими виробничими системами, що мають носити як горизонтальний, так і вертикальний характер.

Перспективою розробки системи є побудова моделі взаємодії економічної макросистеми металургійного підприємства з технічними системами цехів та ділянок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічна інструкція “Виробництво сталевих безшовних труб на трубопрокатній установці «ТПА-200» у трубному цеху №3”. – Д.: ВАТ “НТЗ”. – 2002. – 148 с.
2. Чертов А.Д. Паралельний інжиніринг при безперервному вдосконаленні бізнес-процесів і базових систем управління в металургії / А.Д. Чертов // Металург. – 2003. - №7. – с. 47-61.
3. Интегрированная автоматизированная система оперативного управления производством труб большого диаметра / Б.С. Иванов, М.Е. Гетманова, Г.А. Филиппов [и др.] // Сталь. – 2003. - №6. – с. 111-114.
4. Довбня А.А. Основные принципы построения на предприятии информационной системы данных о качестве продукции / А.А. Довбня, А.Е.Киселев // Производство проката. – 1990. - №9. – с. 21 – 27.
5. Гребнев С.А. Интегрированные системы управления непрерывным производством: оптимальный синтез [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://www.connect.ru/article.asp?id=8770>
6. Грабовський Г.Г. Інтегровані автоматизовані системи керування товстолистовими прокатними станами (розвиток теорії, моделі, алгоритми): автореферат дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.07 “Автоматизація процесів керування”/ Г.Г. Грабовський. — Д., 2003. — 35 с.
7. Желдак Т.А. Система підтримки прийняття рішень планування виробництва та контролю перебігу технологічного процесу / Т.А. Желдак, Д.М. Гаранжа // 17-та Міжнародна конференція з автоматичного управління “Автоматика-2010”. Тези доповідей. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – с. 212-214.

Ю.А. Храпач, В.Б. Говоруха, В.Л. Шараева

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Аннотация: работа посвящена разработке и созданию программного средства для прогнозирования статистических данных в социально-экономической сфере.

Ключевые слова: социально-экономическое прогнозирование, информационная система, краткосрочное прогнозирование

Постановка проблемы

В условиях рынка необходимым фактором эффективной деятельности предприятия является планирование своей деятельности, в основе которой лежат экономически обоснованные прогнозы.

Необходимость в анализе и изучении динамики данных возникает в различных областях деятельности: в бизнесе (прогноз объемов продаж), финансах (прогноз курса валют), промышленном производстве (управление процессами), в медицинской диагностике [1].

Поэтому изучение методов социально-экономического прогнозирования и разработка информационных систем, позволяющих получать прогнозные значения, являются актуальными и востребованными направлениями в современном мире информационных технологий.

Анализ последних исследований

В настоящее время для решения задач прогнозирования и диагностики широко применяются специальные аналитические комплексы, с помощью которых обеспечивается организация постоянного и всестороннего изучения в динамике различных отраслей экономики. С одной стороны, применяются известные программные продукты, например пакет SPSS, с другой стороны, - для удовлетворения требований конкретного предприятия зачастую возникает необходимость в создании программного обеспечения в области анализа данных и прогнозирования бизнес-процессов.

© Храпач Ю.А., Говоруха В.Б., Шараева В.Л., 2011

Формулировка цели

Целью предлагаемой работы является разработка и создание информационной системы для краткосрочного прогнозирования экономических показателей.

Основная часть

Для решения поставленной задачи были использованы пять методов прогнозирования данных: метод экспоненциального сглаживания, метод Холта, метод двойного сглаживания Брауна, метод Бокса-Дженкинса и метод скользящего среднего [2].

Экспоненциальное сглаживание является эффективным и надежным методом прогнозирования. Этот метод используется для краткосрочных прогнозов будущей тенденции на один период вперед.

Метод Холта основан на оценке параметра – мере степени линейного роста или снижения линейного показателя во времени.

Метод двойного сглаживания Брауна является частным случаем метода Холта и предназначен для прогнозирования нестационарных рядов в случае линейно-адитивного тренда [3].

Метод Бокса-Дженкинса является количественным методом прогнозирования, который заключается в обработке авторегрессионных рядов.

Информационная система для краткосрочного прогнозирования данных разработана в среде Delfpi 7.0 [4]. Программа дает возможность пользователю вводить данные вручную, а также позволяет считывать данные из файла. На рис.1 представлена структурная схема разработанного алгоритма. Также созданная программное средство позволяет сохранять результаты прогнозов в файл.

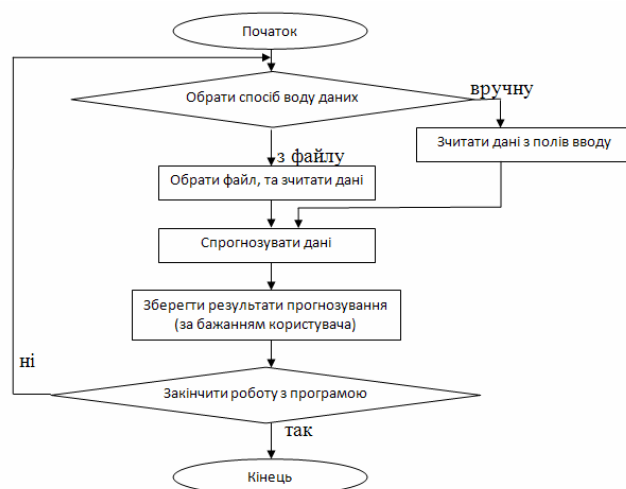


Рисунок 1- структурная схема программы

На рис.2 представлено главное окно программного средства. Но усмотрение пользователя для прогнозирования данных может быть выбран один из вышеперечисленных методов прогнозирования.

Прогнозирование экономических показателей на один период вперед

Выход Помощь

Добро пожаловать!

Данный программный продукт предназначен для прогнозирования экономических показателей на один период вперед

Введите исходные данные для получения прогноза

Выберите способ ввода данных

Вручную (не более 12 показателей)
Из файла (только *.txt формат)

Данные не импортированы!

Выберите метод прогнозирования и задайте значения коэффициентов*:

М-д Бокса-дженкина:	М-д экспоненциального сглаживания:	М-д Холта:	М-д двойного сглаживания Брауна:	М-д скользящего среднего:
K1 = 0,1	C = 0,1	A = 0,1	E = 0,1	с шагом 3
K2 = 0,2		B = 0,9		
K3 = 0,7				
ПРОГНОЗ	ПРОГНОЗ	ПРОГНОЗ	ПРОГНОЗ	ПРОГНОЗ

ПРОГНОЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСЕХ МЕТОДОВ

* значения коэффициентов задавать не обязательно, по умолчанию будет использоваться текущие коэффициенты;
* значения коэффициентов должны входить в интервал от 0 до 1.

Рисунок 2- главное окно программног средства

Для построения прогноза необходимо ввести исходные данные (рис.3). Если исходных данных не более 12, то их можно ввести вручную, если исходных данных меньше 12, то в незаполненные поля необходимо ввести -1. Второй вариант ввода исходных данных для прогнозирования – это передача данных из текстового файла. Количество исходных данных не должно быть более 256.

Ввод данных вручную

Введите данные за последние 12 периодов:

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Очистить ОК Отмена

Рисунок 3 – ввод данных вручную

После импорта исходных данных пользователю предоставляется возможность выбрать один из методов прогноза или провести прогноз сразу всеми предложенными методами.

В качестве исходных данных были рассмотрены данные о курсе валют за определенный период. Исходные данные находятся в текстовом файле (рис.4). Для импорта данных необходимо в диалоговом окне выбрать заранее подготовленный текстовый файл.

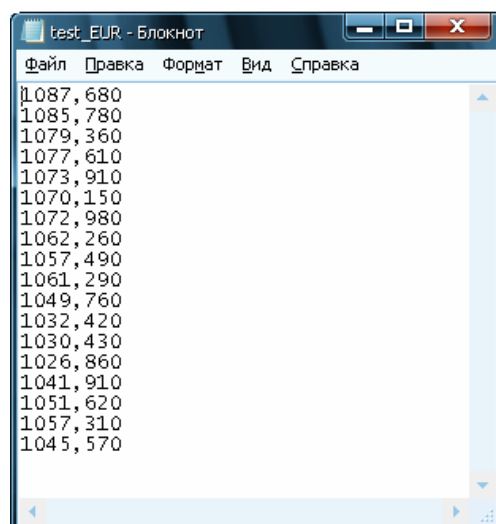


Рисунок 4 – пример заполнения файла исходных данных

Результаты прогнозирования курса валют по методу Бокса-Дженкинса представлены на рис.5.

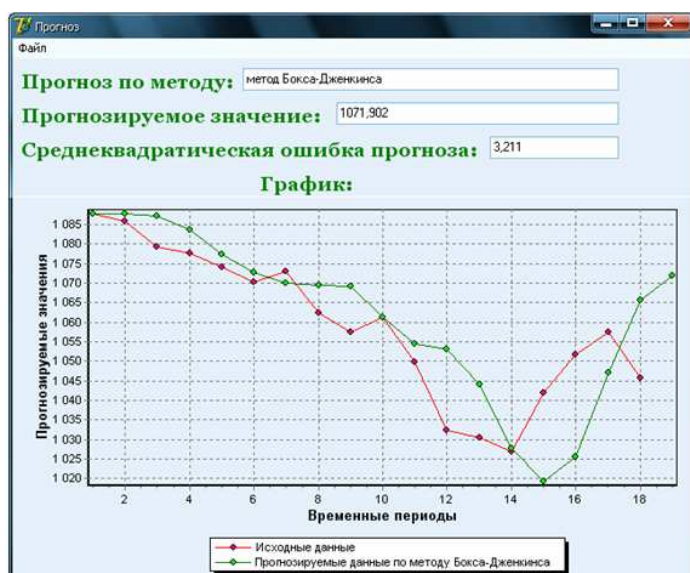


Рисунок 5 – результаты прогнозирования по одному методу

При прогнозировании исходных статистических данных всеми предложенными методами, пользователь может получить рекомендации о самом точном методе прогноза для конкретных исходных данных (рис.6). Лучший метод определяется по минимальному значению среднеквадратической ошибки прогнозов

Выводы

Разработано программное средство для решения задачи краткосрочного прогнозирования экономических показателей. В качестве методов прогнозирования используются метод экспоненциального сглаживания, метод Холта, метод двойного сглаживания Брауна, метод Бокса-Дженкинса и метод скользящего среднего.

Предлагаемая информационная система может выполнять следующие функции: 1- выбора способа ввода исходных данных; 2- вычисление прогнозных значений по одному из предложенных методов; 3- сохранение полученных результатов прогнозирования в файл; 4- получение рекомендаций по использованию определенного метода прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мотышина М.С. Методы социально-экономического прогнозирования. Учебное пособие.-С.-Пб.: Изд-во СПбУЭФ, 1994. – 84 с.
- 2 Лукашин Ю.П. Адаптивные методы акраткосрочного прогнозирования.- М.: Статистика, 1979.-254 с.
- 3 Кендалл М. Временные ряды.-М.: Финансы и статистика, 1981.-736 с.
- 4 Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование. Изд-во Символ плюс, 2006. – 1056 с.

T.B. Shatovska, I.V. Kamenieva, A.S. Bobrov

LEARNING ABOUT LEARNING PROJECT

Abstract. Learning system this is empirically and theoretically research how the interactions between the learning of the individual and that of the organisation is reflected in the form of preferred learners styles and their relations to the organisational learning/teaching approaches, processes and paradigms. Based on that reflection, our system will propose how learning/teaching can be supported by current ICT in the form of formal and automatic learner and organizational modelling and intelligent computer supported consulting about optimal individual and organisational teaching/learning methods, approaches and paradigms.

Key words: learning system, knowledge acquisition and modeling, multimedia content in distributed repositories

Proposal abstract

Learning is getting more and more complex and demanding. The basic demand for learning which has been satisfied in educational organizations has been extended with the concept of lifelong learning, continuous learning, learning organizations and transferred from educational institutions to almost any type of organization. Many learners appear not to know how to learn properly in spite of many different learning methods. Learners and teachers both appear to be unaware of different learning methods and learning theory. Until recently it was assumed that an individual's ability to learn is fixed. Schooling reinforced that perception in the way that some people are gifted and some are not. But current research showed that this assumption may be wrong. Learning may be a skill, not a hard-wired trait and people can improve their capacity to learn at any age. The general objective of the our project is to deeply research this new possibilities using modern ICT methodologies like intelligent systems, data mining, knowledge extraction, pattern recognition and similar. The more concrete objectives are:

- To design an intelligent system called L2L which should advise learners how to learn aiming to improve their learning skills.

- To build a register of different learning methods, concepts and paradigms/patterns including methods for disabled people, “hard to reach” people and under-skilled sectors such as immigrants and many SMEs
- Develop the tool for graphical description of learning methods, processes, paradigms and learning styles
- Develop the formal description methodology for learning methods, processes, paradigms, learning styles and concepts
- Design a data mining/knowledge extraction system to discover common concepts, patterns, parts, etc.

Our “L2L” project will empirically and theoretically research how the interactions between the learning of the individual and that of the organisation is reflected in the form of preferred learners styles and their relations to the organisational learning/teaching approaches, processes and paradigms. Based on that reflection, L2L will propose how learning/teaching can be supported by current ICT in the form of formal and automatic learner and organizational modelling and intelligent computer supported consulting about optimal individual and organisational teaching/learning methods, approaches and paradigms.

L2L will contribute to new understandings of the learning processes by empirically (based on the knowledge bases collected and using data mining and knowledge exploration methodologies) and theoretically (based on formalized description of methods, processes, styles, etc) exploring links between human learning styles including learning styles dominated by ICT and cognition (multiple intelligence). One of the L2L outputs is the intelligent consulting system which will suggest the optimal relations between individual learning styles and learning/teaching approaches, methods and paradigm. During the experimentation phase experiments will be performed which will further clarify the relations between learning processes, learning theory, cognition and technology.

The L2L is the most relevant to objectives of **Digital libraries and technology-enhanced learning** topics with focus on technology-enhanced learning. Project results and outcomes will enable automation of the knowledge lifecycle and to achieve **semantic interoperability between heterogeneous information resources**. The developed knowledge registers and supporting tools, especially L2L intelligent consultant, will be

self-describing, adaptive to context and user information needs, and exhibit a seamless interaction with its users.

The L2L project will support the **knowledge acquisition and modelling, capturing knowledge from unstructured information and multimedia content in distributed repositories** including people, organizations, etc. transforming poorly structured information into formalized and structured information suitable for data mining and knowledge extraction, intelligent system use and simple browsing. Thus we will perform component level research to develop methods and tools aimed at higher levels of information including automated knowledge discovery, annotation and summarization.

In addition the L2L will enable knowledge sharing and use, combining semantically enriched information with context to provide novel computer supported decision support in the field of learning and learning about learning.

The problem to be solved

Recent research showed that:

- *Learning is getting more and more complex and demanding*
- *The basic demand for learning which has been satisfied in educational organizations has been extended with the concept of lifelong learning, continuous learning, organizational learning and transferred from educational institutions to almost any type of organization*
- *Many learners do not appear to know how to learn properly in spite of many different learning methods*
- *Learners and many teachers appear to be unaware of different learning methods and learning theory*
- *In Educational Psychology there is a huge amount of research on learning strategies and learning to learn. The problem of that research until now is, that they cannot clearly demonstrate their superiority to traditional learning, that they have problems in measuring learning strategies and that they have to be adopted and implemented into concrete learning subjects and learning areas*
- *teachers are due to ignorance, lack of time or missing resources unable to help learners in above matters*

As stated above the concept of learning is changing, but the science of learning to learn is still in its early stages. In contrast, the con-

cept of learning about learning has been much more researched and the research clearly reveals some basic building blocks of learning like:

- Learning styles, which are simply different approaches or ways of learning, include learning through seeing, learning through listening, learning through moving, doing and touching, action learning and so on. It is clear that in different scientific fields different learning styles are used but all studies claim that the learning style and the learning success and performances are closely related. Especially popular is the idea of the Inventory of learning styles (ILS), which is an instrument for measuring several components of learning, including cognitive processing strategies, meta-cognitive regulation strategies, conceptions of learning and learning orientations [1,2].

- A lot of tests have been developed to determine the preferred learners learning styles but none to determine the optimal learning style or mix of learning styles.

- Multiple Intelligence needed for successful learning basically Visual/Spatial Intelligence, Verbal/Linguistic Intelligence, Logical/Mathematical Intelligence, Bodily/Kinaesthetic Intelligence, Musical/Rhythmic Intelligence, Interpersonal Intelligence, Intrapersonal Intelligence, Emotional Intelligence and so on

- Learning Concepts used in successful learning Anxiety, Arousal, Attention, Attitudes, Cognitive/Learning Styles, Creativity, Feedback/Reinforcement, Learning Strategies, Mastery, Memory, Mental Models, Meta-cognition, Motivation, Productions, Schema, Sequencing of Instruction, Taxonomies

- The learning theories like (more then 50) include Adult Learning Theory, Cognitive Dissonance Theory, Dual Coding Theory, GOMS, Information Pickup Theory, Lateral Thinking, Repair Theory, Subsumption Theory, Double-Loop Learning and so on.

- Learning/teaching methods, approaches, processes and paradigms, etc.

The research also revealed the concept of life-span learning (we must change our learning styles responding to aging) supporting the idea that we can learn to learn if we have supportive social structures and challenging environments [3]. The idea of learning to learn has been tried with limited success in engineering environments by using so called meta-cognition relating « inventory of learning styles» with the

taxonomy of learning objectives. Hofer's [4] findings suggest that an intervention that targets a range of cognitive and motivational components can have utility for college students and that there is value to a stand-alone course in learning to learn at the college level. His findings were also supported by Lizzio and Wilson [5].

Computer based training and eLearning have brought a revolution to learning and instruction. It has been found that knowledge based systems can support different learning styles supporting individualized learning and teaching. Some other studies showed that learner models representing learning styles can be built and used with success in intelligent tutoring systems. Also the connectionist artificial intelligence has been used to make tutoring systems reactive and customizable. In general such learning is called self regulative and it has been shown that the level of self-regulation is highly correlated with the learning performance what can be especially successfully employed in e-learning. But in general the empirical results of e-learning studies are somewhat disappointing [7-11]. They cannot prove the superiority of eLearning processes over traditional learning. One consequence was to combine eLearning with traditional learning (tutorial systems, blended learning). Our project goes another way and tries to implement new tools into the eLearning environment to come to better results. This is especially important because of the importance of eLearning for special groups (disabled persons, far to reach persons).

The vision and mission of L2L is to go beyond current state of the art and practices in the manner to improve the theory behind "learning to learn", to empirically show that the L2L strategy is better than conventional learning strategies, to make the "learning to learn" accessible and usable to everyone by developing and implementing the ICT support.

State of the art in intelligent system design

The aggressive rate of growth of disk storage and thus the ability to store enormous quantities of data has far outpaced our ability to process and utilize that. This challenge has produced a phenomenon called data tombs – data is deposited to merely rest in peace, never to be accessed again. But the growing appreciation that data tombs represent missed opportunities in for cases supporting scientific discovering, business exploitation or complex decision making has awaken the grow-

ing commercial interest in knowledge discovery and data mining techniques. That in order has stimulated new interest in the automatic knowledge induction from cases stored in large databases – a very important class of techniques in data mining field. Through time different approaches evolved, such as symbolic approaches, computational learning theory, neural networks, generic algorithms, SVM, etc. With the variety of environments it is almost impossible to develop single induction method that would fit all possible requirements - hybrid approaches were introduced. Hybrid approaches [6] rest on the assumption that only the synergetic combination of single models can unleash their full power. Each of the single methods has its advantages but also inherent limitations and disadvantages, which must be taken into account when using a particular method. For example: symbolic methods usually represent the knowledge in human readable form and connective methods perform better in classification of unseen objects and are less affected by the noise in data as are symbolic methods. Therefore the logical step is to combine both worlds to overcome the disadvantages and limitations of a single one.

The hybrid systems are commonly static in the structure and cannot change the order of how the single methods are applied. To be able to use embedded hybrids of different internal knowledge representation, it is commonly required to transform one method representation into another. Some transformations are trivial, especially when converting from symbolic approaches. The problem is when the knowledge is not so clearly presented like in a case of the neural network. The existing hybrid systems usually work sequentially or in parallel in the fixed structure and order performing whole tasks. On the contrary our novel multimethod approach works simultaneously with several methods on a single task, i. e. some part are induced with different classical heuristics, some parts by hybrid methods and other part by evolutionary programming. Multimethod approach enables quick and modular way to integrate methods into existing system and enables the simultaneous application of several methods. It also enables partial application of method operations to improve and recombine methodologies and has no limitation to the order and number of applied methodologies. It encourages standardization of knowledge representation and unifies the operational view on the methods. We also introduced a population of classifiers and

meta level of multimethod approach to find appropriate order of method application with different parameters for a specific problem, that relieves the user from guessing the parameters.

S/T methodology

More detailed structure of project methodology is shown in Figure 1.

Figure 1 – L2L methodology

The methodology is structured in two parts empirical and theoretical. In the empirical part we will collect empirical and theoretical data about learning styles, learning theories, concepts, methods, paradigms and similar and store them first in an informal knowledge base. The theoretical part consists of two main activities (1) building of theories and development of computer supported tools and (2) using these theories and tools in building registers, knowledge bases, pedagogical laws, best practices and similar. General project methodology (for the details see the work package description) is as follows: first we will develop a graphical tool for the description of learning styles, approaches, concepts, methods, paradigms and similar (called learning artefacts in the following text). Using this tool we will collect theoretical and empirical data about learning artefacts from literature, experiments, experts, already collected data and similar resources and store them in an informal knowledge base. Next we will develop a formal artefact description theory and formalize the informal knowledge base. Concurrently we will develop intelligent systems for intelligent pattern and building blocks recognition and use the system to analyze the formal knowledge database to identify common patterns and building blocks. Using the common blocks, patterns and theories that have been developed up to this point we will form the register of learning artefacts. In parallel we will research, develop or reengineer multiple intelligence tests and learning style tests and build the register of tests.

Another very important activity will be to develop the theory behind the L2L system integrating various learning and pedagogical theories, machine learning and artificial intelligence. All of above and the synthesis of the research supported by intelligent data analysis on empirical evidence of most appropriate learning artefacts and their relations and best practices will be used as the knowledge base of the L2L consulting system. The output of L2L will be the selection of the opti-

mal learning artefacts for individuals, disciplines, special groups of people (i.e. disabled, elderly), organizations, etc. in relation to preferred learning styles. The L2L will also select the most appropriate test to determine the preferred learning styles for individuals, groups, etc. Another possible output of the L2L will be the so called Pedagogical rules, which can be general or specific for the entities enumerated previously. During the experimentation and evaluation we will practically use and evaluate the project results and outcomes thereafter influencing the learning theory and practice and feed the learning framework with the feedback. This will eventually change the theories, practices, etc and thereafter we will start a Peter Checklands Soft System Methodology endless learning loop.

REFERENCES

1. J.D. Vermunt, Y.J. Vermetten, Patterns in student learning: Relationships between learning strategies, conceptions of learning, and learning orientations. *Educational Psychology Review*, 16 (4): 359-384, 2004.
2. E.A. Boyle, T. Duffy, K. Dunleavy, Learning styles and academic outcome: The validity and utility of Vermunt's Inventory of Learning Styles in a British higher education setting. *British Journal of Educational Psychology*, 73: 267-290, part 2, 2003.
3. J.E. Thornton, Life-span learning: A developmental perspective. *International Journal of Aging & Human Development*, 57 (1): 55-76, 2003.
4. B. K. Hofer BK, S. L. Yu, Teaching self-regulated learning through a "learning to learn" course. *Teaching of Psychology*, 30 (1): 30-33, 2003.
5. A. Lizzio, K. Wilson, Action Learning in Higher Education: an investigation of its potential to develop professional capability. *Studies in Higher Education*, 29 (4): 469-488, 2004.
6. Leni M. & Kokol P. (2002): Combining classifiers with multimethod approach. Second international conference on Hybrid Intelligent Systems, Soft computing systems: design, management and applications, *Frontiers in artificial intelligence and applications*. Amsterdam, IOS Press, 374-383.
7. Bielanski, L. (2003). Blended eLearning. Amherst: HRD Press -deCorte, E. (Ed.). (2003). Powerful learning environments. Amsterdam: Pergamon Press. -Issing,
8. L. & Klimsa, P. (Eds.). (2002). Information und Lernen mit Multimedia und Internet (Information and learning with multi-media and internet). Weinheim: Beltz.
9. Reigeluth, C.M. (Ed.). (1999). Instructional-design theories and methods. Mahwah: Erlbaum.
10. Resnick, L.B., Levione, J.M. & Teasley, S.D. (Eds.).(1991). Perspectives on socially shared cognition. Washington: APA Press.
11. Schmeck, R.P. (Ed.). (1988). Learning strategies and learning styles. New York: Plenum.

М.П. Мусиенко, И.К. Чорномаз

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. В работе приведены разработанные методы и модели преобразования больших объемов учебной информации (на примере мультимедийных электронных учебников) под заданный малый размер для компьютерных образовательных систем с ограниченными ресурсами. Разработана новая семантическая модель представления учебного материала. Предложено использование устройства обработки индексов, а также разработано алгоритмическое обеспечение его работы. Разработаны четыре метода преобразования электронного учебника под заданный граничный размер.

Ключевые слова: электронный учебник, методы преобразования, граничный размер

1. Введение

В настоящее время происходит существенная компьютеризация в сфере образования. При этом одно из наиболее популярных направлений – увеличение использования переносных электронных средствах, так называемых гаджетов, которые характеризуются малыми объемами памяти. В этом случае возникает проблема работы и хранения с электронными продуктами больших объемов, таких например, как мультимедийные электронные учебники (ЭУ), объем которых достигает сотни мегабайт или даже гигабайты.

Особо актуальным этот вопрос становится в системе дистанционного обучения (СДО), в которой использование электронных учебников является существенным элементом образовательной системы. При этом использование переносных электронных средств обучения в СДО наиболее актуально, так как использование неаудиторного времени прежде всего связано именно с использованием мобильных средств обучения. Тогда вопрос хранения большого объема учебной информации в переносном носителе наиболее важен. Кроме того, в

СДО используются различных систем передачи информации, включая наиболее развитую в Украине сеть – GSM, сервисы которого (SMS/MMS,GPRS) характеризуются очень ограниченным трафиком.

Поэтому одним из направлений развития компьютеризации в сфере образования является решение задачи, как большим объемам образовательной информации взаимодействовать с компьютерными системами и сетями с ограниченными ресурсами.

Теоретическими основами проектирования электронных учебников занималось много ученых: Башмаков А.И. и Башмаков И.А. [1, 2], Гриншкун В.В., Бобыр Е.И. [3], Пиаже Ж, Матрос Д.Ш., Лернер И.Я., Безпалько А.А. и Безпалько В.П., Гаврилова Т.А. и многие другие. В Украине одними из ведущих специалистов являются Шевченко В.Л., Спиваковский О.В. и др. Учитывая тот факт, что электронный учебник совмещает в себе сразу несколько областей как гуманитарного направления: методологии, дидактики, педагогики, психологии и др., так и технического – программирования, дизайна, телекоммуникаций и др., круг специалистов значительно расширяется за счет ученых из разных областей.

Однако существующие методы и модели построения компьютерных систем и сетей не позволяют эффективно обрабатывать информацию, для ее хранения и работы в системах с ограниченными ресурсами.

Таким образом, целью работы является повышение эффективности работы компьютерных образовательных систем и сетей за счет разработки новых методов обработки учебной информации, в частности, мультимедийных электронных учебников больших размеров.

2. Основное содержание и результаты работы

Важным элементом при разработке ЭУ является разработка его структуры, которая описывается с помощью модели представления учебного материала дисциплины. Для ее описания используют логические методы, продукционные модели, семантические сети, фреймы, объектно-ориентированные языки, базирующие на иерархии классов и объектов. Большинство авторов для представления учебного материала ЭУ используют семантические сети, которые содержат сведения о понятиях предметной области учебной дисциплины и их взаимосвязях [1 – 3].

Используя семантические сети для формализации предметной области в работе разработана модель представления материала учебной дисциплины ЭУ (рис. 1) [4]. Полученная модель имеет четыре отличия от структуры традиционного электронного учебника.

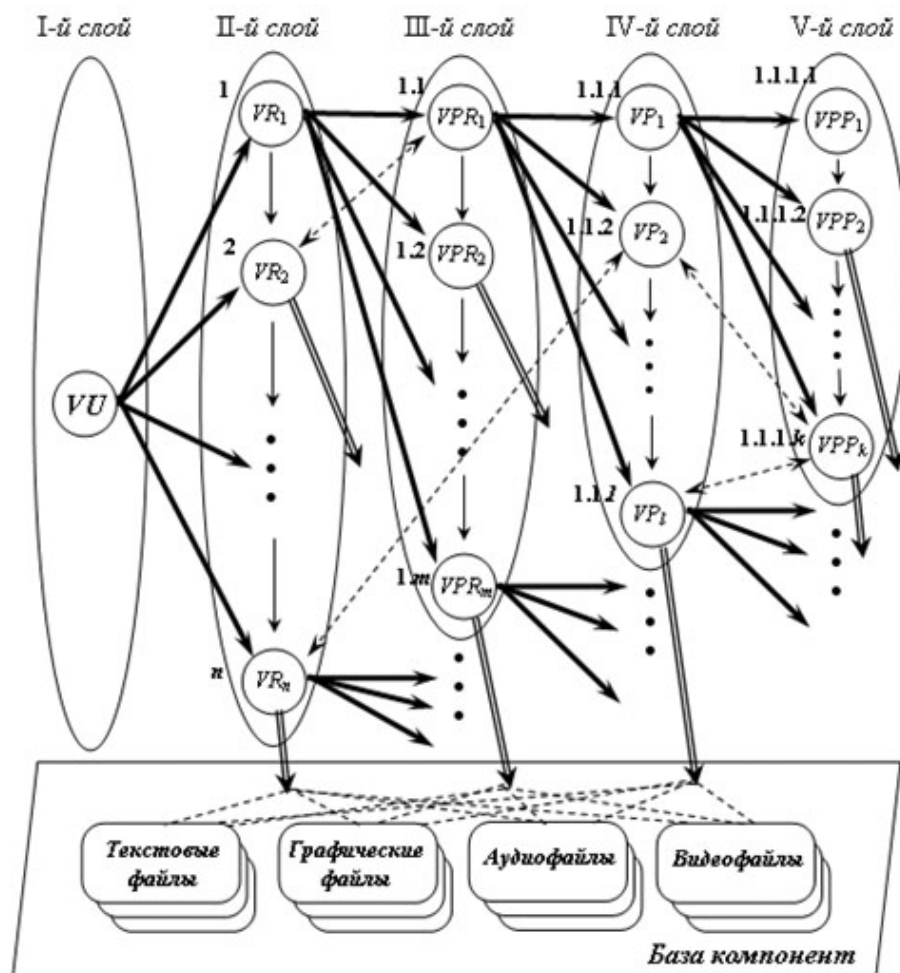


Рисунок 1 - Семантическая модель структуры учебного материала ЭУ

Определены три типа отношений между вершинами: иерархические; линейные и дискретно-линейные просмотровые последовательности; семантические (ассоциативными), образующие сетевую структуру.

Структура ЭУ состоит из множества текстовых, графических, звуковых и видеофайлов, которые имеют следующее описание:

$$T = \bigcup_{ind \in IND} \bigcup_{i=1}^{n_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{j=1}^{m_{\langle ind \rangle}} T^{\langle ind \rangle} [t_{1i}, t_{2j}], \quad (1)$$

где IND – множество всех индексов; $n_{\langle ind \rangle}$, $m_{\langle ind \rangle}$ – размеры диапазонов индексов массива t_1 и t_2 соответственно для кадра с индексом $\langle ind \rangle$; t_1 , t_2 – индексы массивов с размерами текстовых компонент;

$$G = \bigcup_{ind \in IND} \bigcup_{s=1}^{z_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{i=1}^{n_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{j=1}^{m_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{k=1}^{c_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{l=1}^{d_{\langle ind \rangle}} G_S^{\langle ind \rangle} [g_{1i}, g_{2j}, g_{3k}, g_{4l}], \quad (2)$$

где $n_{\langle ind \rangle}$, $m_{\langle ind \rangle}$, $c_{\langle ind \rangle}$, $d_{\langle ind \rangle}$ – размеры диапазонов индексов g_1 , g_2 , g_3 , и g_4 соответственно для кадра с индексом $\langle ind \rangle$; $z_{\langle ind \rangle}$ – количество графических компонент в кадре с индексом $\langle ind \rangle$; g_1 , g_2 , g_3 , и g_4 – индексы массивов с размерами графических компонент;

$$A = \bigcup_{ind \in IND} \bigcup_{s=1}^{z_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{i=1}^{n_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{j=1}^{m_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{k=1}^{c_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{l=1}^{d_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{p=1}^{e_{\langle ind \rangle}} A_S^{\langle ind \rangle} [a_{1i}, a_{2j}, a_{3k}, a_{4l}, a_{5p}], \quad (3)$$

где $n_{\langle ind \rangle}$, $m_{\langle ind \rangle}$, $c_{\langle ind \rangle}$, $d_{\langle ind \rangle}$, $e_{\langle ind \rangle}$ – размеры диапазонов индексов массива a_1 , a_2 , a_3 , a_4 и a_5 соответственно для кадра с индексом $\langle ind \rangle$; $z_{\langle ind \rangle}$ – количество аудио компонент в кадре с индексом $\langle ind \rangle$; a_1 , a_2 , a_3 , a_4 и a_5 – индексы массивов с размерами аудиокомпонент;

$$V = \bigcup_{ind \in IND} \bigcup_{s=1}^{z_{\langle ind \rangle}} \bigcup_{i, \dots = 1}^{n_{\langle ind \rangle}, \dots} V_S^{\langle ind \rangle} [v_{1i}, v_{2j}, v_{3k}, \dots, v_{9w}], \quad (4)$$

где $n_{\langle ind \rangle}, \dots$ – размеры диапазонов индексов массива $v_1, \dots, v_9$ соответственно для кадра с индексом $\langle ind \rangle$; $z_{\langle ind \rangle}$ – количество видео компонент в кадре с индексом $\langle ind \rangle$; $v_1, \dots, v_9$ – индексы массивов с размерами видеоконponent.

Согласно рис. 1 учебный материал позволяет выделить следующие основные уровни (слои) представления в базе знаний ЭУ:

$$VU = (\{VR\}, \{VPR\}, \{VP\}, \{VPP\}, \{Int\}), \quad (5)$$

где VU – учебный материал ЭУ в целом (1-й слой сети); VR – множество разделов, т.е. часть семантической сети, соответствующая 2-му слою; VPR – множество подразделов, т.е. часть семантической сети, соответствующая 3-му слою; VP – множество пунктов, т.е. часть семантической сети, соответствующая 4-му слою; VPP – множество подпунктов, т.е. часть семантической сети, соответствующая 5-му слою; Int – множество взаимосвязей между кадрами.

Отношения следования разделов и подразделов, пунктов и подпунктов, обобщенных характеристик моделей по уровням представляются в виде:

$$SVR = (\{VR\}, CVR, H(SVR)), \quad (6)$$

где SVR – слой иерархии семантической сети, отражающий представление учебного материала на уровне разделов; CVR – отношение следования разделов на множестве $\{VR\}$. $H(SVR)$ – множество обобщенных характеристик модели материала уровня разделов.

Аналогично раскрываются третий, четвертый и пятый слои иерархии сети.

Отношения следования между кадрами (*CVR*, *CVPR*, *CVP* и *CVPP*) определяются матрицей отношений очередностей, и матрицей базовых ключевых слов. Множества обобщенных характеристик моделей материалов на уровнях (*H(SVR)*, *H(SVPR)*, *H(SVP)* и *H(SVPP)*) определяются матрицей логических связей, связей гиперссылками, приоритетов, массивами размеров компонент и матрицей свойств кадров.

Для описания отношения следования вершин семантической сети, а также множество обобщенных характеристик моделей элементов сети разработано шесть типов матриц взаимосвязей и отношений и набор многомерных массивов: матрицы отношений очередностей; матрицы логических связей; матрицы связей гиперссылками; матрицы базовых ключевых слов; матрицы свойств кадров; матрицы приоритетов; массивы размеров компонент.

Получена новая модель состава электронных учебников для обработки в компьютерных образовательных системах (рис. 2) [5], в которой выделены известные, впервые разработанные, а также известные, но видоизмененные составляющие.

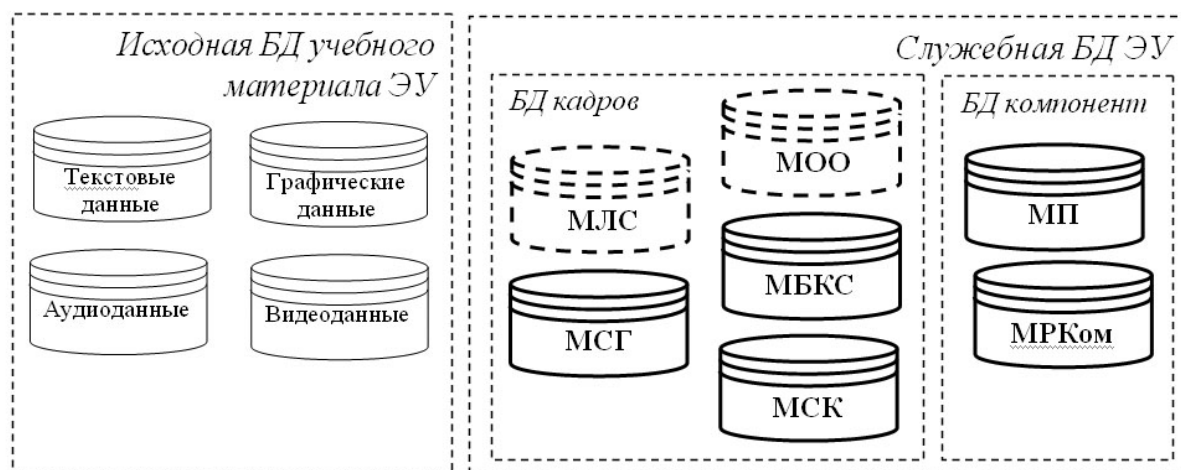


Рисунок 2 - Модель состава электронных учебников

На рис. 2 МОО – матрица отношений очередностей; МЛС – матрица логических связей; МСГ – матрица связей гиперссылками; МБКС – матрица базовых ключевых слов; МСК – матрица свойств кадров; МП – матрица приоритетов; МРКом – массивы размеров компонент.

В работе разработано четыре метода трансформации исходных электронных учебников до заданного размера:

- при запросе на весь ЭУ;
- при запросе на отдельный структурный элемент ЭУ (глава, раздел, подраздел и т.д.);
- при запросе на часть ЭУ, который содержит информацию по какому-то стандартному (из заранее предложенного списка) понятию (термину), т.е. при запросе по базовому ключевому слову;
- при запросе на часть ЭУ, который содержит информацию по какому-то случайному понятию (термину), т.е. при запросе по случайному ключевому слову.

Для осуществления выбора, какой из элементов структуры ЭУ необходимо удалять или конвертировать в тот или иной момент обработки, используются разработанные матрицы и массивы, в которых описаны приоритеты и важности всех структурных элементов ЭУ.

Для всех методов получены схемы, определены приоритеты обработки составляющих ЭУ, описаны алгоритмы работы устройств. Общая схема преобразования ЭУ при обработке всего ЭУ показана на рис. 3 [6]. Согласно схемы рис. 3 в устройстве обработке индексов (УОИ) по определенному алгоритму, используя массивы размеров компонент (МРКом), матрицу приоритетов (МП) и значения коэффициентов инвариантности и весов из матрицы свойств кадров (МСК), определяют индексы из МРКом, а также те кадры (через индексы кадров), которые должны остаться.

Весь процесс преобразования делится на две стадии:

- стадия конвертации, в котором происходит уменьшение качества компонентов (файлов) до минимально возможных, которые заданы в массивах МРКом, согласно приоритетам из матриц МП и МСК;
- стадия удаления компонент и кадров согласно приоритетов из матриц МП и МСК.

Процесс преобразования происходит до тех пор, пока размер преобразованного ЭУ будет не меньше заданного значения V_3 , т.е. пока не будет выполняться условие:

$$\sum_{\langle ind \rangle} P_{T_{t_1, t_2}^{\langle ind \rangle}} + \sum_{\langle ind \rangle} \sum_{n_{\langle ind \rangle}=1}^{N_{\langle ind \rangle}} P_{G_{g_1, g_2, g_3, g_4}^{\langle ind \rangle, n_{\langle ind \rangle}}} + \sum_{\langle ind \rangle} \sum_{m_{\langle ind \rangle}=1}^{M_{\langle ind \rangle}} P_{A_{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5}^{\langle ind \rangle, m_{\langle ind \rangle}}} + \sum_{\langle ind \rangle} \sum_{l_{\langle ind \rangle}=1}^{L_{\langle ind \rangle}} P_{V_{v_1, \dots, v_9}^{\langle ind \rangle, l_{\langle ind \rangle}}} < V_3, \quad (7)$$

где IND – множество всех индексов; P_T , P_G , P_A , и P_V – размеры текстовых, графических, аудио- и видеофайлов соответственно; $N_{\langle ind \rangle}$, $M_{\langle ind \rangle}$, $L_{\langle ind \rangle}$ – количество графических, аудио- и видеокомпонент соответственно в кадре с индексом $\langle ind \rangle$; t_1 , t_2 – индексы массивов с размерами текстовых компонент; g_1 , g_2 , g_3 , и g_4 – индексы массивов с размерами графических компонент; a_1 , a_2 , a_3 , a_4 и a_5 – индексы массивов с размерами аудиокомпонент; $v_1, \dots, v_9$ – индексы массивов с размерами видеокомпонент.

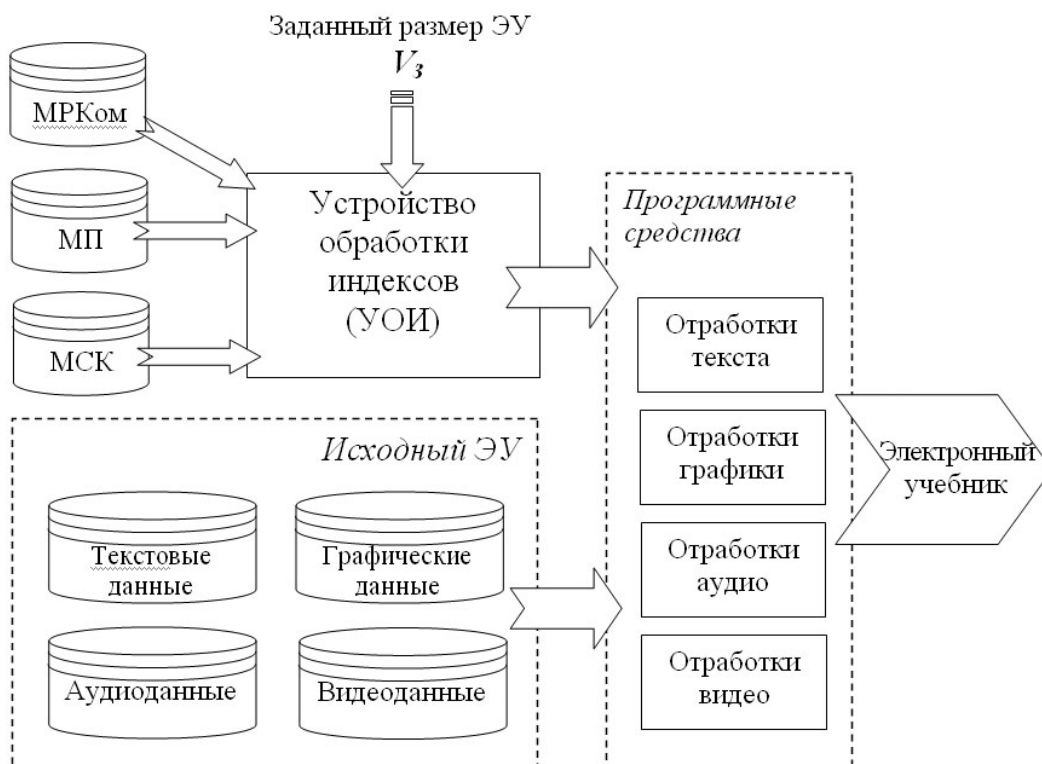


Рисунок 3 - Модель системы при преобразовании всего ЭУ

3. Выводы

В работе разработаны новые методы и модели преобразования больших объемов учебной информации (на примере мультимедийных электронных учебников) под заданный малый размер для компьютерных образовательных систем с ограниченными ресурсами, которые могут использоваться в системе дистанционного обучения. При этом получены следующие новые результаты:

- получила дальнейшее развитие теория описание предметной области учебного материала на основе семантических сетей, которая заключается в видоизменении модели структуры учебного материала, что позволяет преобразовывать информацию, представленную формализованными знаниями, с сохранением наиболее значащих данных;

- впервые предложено использование устройства обработки индексов в компьютерных образовательных системах, а также разработано его алгоритмическое обеспечение;

- получила дальнейшее развитие теория определения приоритетности и взаимосвязи структурных элементов электронных учебников за счет изменений матриц отношений очередности и логических связей, а также разработки матриц связей гиперссылками, свойств кадров, базовых ключевых слов, приоритетов компонентов и массивов размеров компонент, что позволяет преобразовывать размеры электронных учебников с сохранением наибольшей значимости учебного материала;

- впервые разработаны методы обработки информации в компьютерных образовательных системах путем удаления и/или конвертации компонент с учетом их приоритетности на основе использования набора матриц приоритетов и массивов размеров, что позволяет получать учебные материалы заданных размеров с сохранением наиболее значащей информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем [Текст] / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков // М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», 2003. – 616 с.
2. Башмаков И. А. Модель семантической сети для представления учебного материала в компьютерных обучающих средствах [Текст] / И.А. Башмаков, П.Д. Рабинович // Справочник. Инженерный журнал, №8, М.: Машиностроение, 2002. – С. 61 – 64.
3. Бобыр Е.И. Комплексная модель адаптивной компьютеризированной системы обучения и тестирования на базе семантических сетей [Электронный ресурс] / Е.И. Бобыр, Л.Н. Радванская, В.В. Мартинов, Ю.В. Чепурная – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vkhdtu/2009_1/05_vishaya_shkola.htm. – 21.07.2010 г. – Заголовок с экрана.
4. Мусиенко М.П. Семантическая модель представления материала электронного учебника, распространяемого сервисами GSM сети [Текст] / М.П. Мусиенко М.П., И.К. Черномаз // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – Харьков.– 2010. – Вип. 3 (25). – С. 146 – 149.
5. Патент України № 55570. Спосіб підготування електронного посібника для дистанційного навчання / Мусієнко М. П., Черномаз І.К. (Україна). – № u201012775; заявл. 28.10.10; опубл. 10.12.10, Бюл. № 23.
6. Патент України № 55571. Пристрій підготування електронного підручника із заданим граничним розміром підручника / Мусієнко М. П., Черномаз І.К. (Україна). – № u201012776; заявл. 28.10.10; опубл. 10.12.10, Бюл. № 23.

О.И. Оноприенко, В.С. Барашков

ДИСТАНЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДИПЛОМИРОВАНИЯ «DIPLOMA»

Аннотация. Стремительное развитие технологий приводит к изменениям практически во всех отраслях общества. Среди них и образовательная отрасль, в частности и дистанционное образование. Использование информационных систем в этой области позволяет радикально повысить эффективность качества образования. В связи с усложнением заданий и ростом объема работ, повышения уровня организации и продуктивности требует и дипломное проектирование. Таким образом, очень актуальной является разработка системы, которая поможет в организации и управлении процессами, связанными с дипломированием.

Ключевые слова. Дипломирование, планирование, приказы на практику, приказы на дипломирование

Постановка задачи. Работа над дипломным проектом является трудоемким процессом, который включает множество задач, связанных с вопросами планирования работ, обмена литературой и материалами, составлением приказов и др. От правильной организации всех этих процессов зависит сложность работы и качество результата. Но правильно организовать все процессы дипломирования специалистов достаточно сложно. Поэтому, возникает необходимость в создании инструмента, который поможет в организации и управлении этими процессами.

Анализ публикаций по теме исследования. Существует довольно большое количество публикаций на тему дистанционного образования. В них предлагаются некоторые информационные системы, позволяющие организовать обучение с помощью компьютерных телекоммуникаций. Но проблеме дипломирования специалистов и вопросу организации его таким образом, чтобы сделать возможным написание дипломных проектов дистанционно до сих пор не уделялось должного внимания.

Цель. Основной целью данной статьи является описание дистанционной системы поддержки дипломирования, которая позволит улучшить организацию написания дипломных проектов, создать удобные инструменты для планирования работ, обмена информацией между участниками дипломного проектирования, составления приказов на преддипломную практику и дипломирование, а также в общем повысит качество образовательного процесса.

Введение. Дипломная работа или проект является одним из видов выпускной квалификационной работы. Ежегодно студенты, преподаватели и др. участники процесса дипломирования специалистов сталкиваются с этой задачей. Дипломное проектирование – это очень трудоемкий процесс, требующий хорошей организации и постоянного контроля, а также постоянной обратной связи между участниками этого процесса. Но учитывая современные нагрузки и объемы работ, количество студентов, а также активное распространение дистанционной формы образования, дипломирование специалистов требует нового решения, которое позволит повысить эффективность этого образовательного процесса до нового уровня.

Необходимо создать систему, которая предоставит студентам и преподавателям возможность распределять темы дипломных работ, проводить консультации, обмениваться информацией и литературой, сдавать выполненные задания без организации личных встреч, без координирования времени и места. Также она должна позволить менеджеру кафедры планировать процесс дипломирования, разбивать его на различные задачи, назначать контрольные мероприятия и доносить информацию об этом до студентов и преподавателей. Кроме того, необходимо создать удобный инструмент для работы с приказами.

Решением может стать использование веб-приложения, исполняемого непосредственно в Интернет-обозревателе пользователя. Приложение может быть использовано на любых платформах, не требует установки и является "общедоступным" для пользования. Предлагаемое решение – дистанционная система поддержки дипломирования «Diploma».

Система позволит автоматизировать все работы, связанные с дипломным проектированием, начиная от внесения списков студентов в систему, автоматической генерации приказов на дипломирование и

заканчивая подсчетом рекомендуемой оценки за дипломную работу для каждого студента.

Описание системы. Система состоит из 6 модулей, обеспечивающих ключевую функциональность:

- модуль календарного планирования;
- модуль работы с приказами;
- модуль оповещения о событиях;
- модуль обмена файлами;
- модуль работы с сообщениями;
- модуль работы с темами.

Модуль календарного планирования позволяет разбить работу над дипломным проектом на задачи и контрольные точки. Планирование разбивается на планирование для бакалавров и магистров.

Базовые функции модуля планирования:

- назначение контрольных точек для квалификационных уровней;
- изменение статуса контрольной точки для каждого студента (выполнена или не выполнена);
- разбиение работ на задачи для каждого студента;
- изменение статуса задачи для каждого студента.

Таким образом, предоставляется возможность полностью распределить время на выполнение всех работ. В качестве инструмента визуализации для календарного планирования было создано так называемую, тайм-линию. На ней отмечены даты, на которые приходятся сроки сдачи задачи или контрольная точка. Также на ней отображается какие задачи выполнены студентом, а какие нет.

Модуль работы с приказами предоставляет возможность работы с двумя видами приказов: приказы на преддипломную практику и приказы на дипломирование. Приказ находится в одном из 4 состояний:

- новый – этот статус получают все приказы, которые были только что созданы и с ними ведется какая-либо работа;
- на печать – статус, которой приказ приобретает, когда все операции над ним завершены и он готов к печати;
- подтвержденный – назначается, когда в систему был загружен электронный вариант приказа с подписями;

- удаленный – назначается приказу, если пользователь по каким либо причинам решил удалить приказ.

Модуль работы с приказами обеспечивает выполнение следующей функциональности:

- создание новых приказов по шаблону;
- добавление студентов с актуальными данными в приказ;
- изменение статуса приказа;
- генерация приказа в Excel-формате;
- загрузка электронного изображения приказа;
- загрузка готовых приказов и их редактирование.

Таким образом, предоставляется возможность формирования приказов в автоматическом режиме.

Модуль оповещения служит для уведомления студентов о событиях в системе путем отправки сообщений на электронную почту. Он позволяет пользователям системы постоянно получать важную информацию.

Базовые функции модуля оповещений:

- оповещение пользователей о приближении контрольной точки;
- напоминание об окончании срока сдачи задания;
- оповещение о появлении новых материалов или файлов;
- оповещение о новых сообщениях от других пользователей системы.

Модуль работы с файлами позволяет хранить на сервере все выполненные задания по дипломному проекту, документацию, публикации. Также его средствами студенту предоставляется литература, образцы документации и другие необходимые материалы.

Основные функции модуля работы с файлами:

- загрузка на сервер файлов;
- удаление файлов и папок с сервера с сохранением резервной копии в архиве;
- перемещение и переименование файлов и папок;
- загрузка файлов с сервера на компьютер пользователя.

Модуль работы с сообщениями обеспечивает взаимодействие и оперативный обмен информацией между пользователями системы. Студент получает возможность получить ответы на вопросы, прокон-

сультироваться с преподавателем, получить ссылки на материалы и др.

Этот модуль обеспечивает выполнение следующего функционала:

- отправка сообщений конкретному пользователю;
- отправка сообщений всем пользователям;
- прикрепления файлов к сообщению;
- удаление своих сообщений.

Модуль работы с темами дипломных работ предоставляет собой удобный механизм управления темами.

Базовые функции данного модуля:

- создание, редактирование, удаление темы преподавателем;
- назначение консультанта по каждой теме;
- сортировка тем дипломных работ по преподавателям, по статусу (занята или свободна);
- выбор темы студентом;
- предложение студентом собственной темы.

При выборе студентом темы из списка предложенных или в случае, если студент предлагает свою тему, преподавателю отправляется запрос на сотрудничество. В случае его подтверждения, создается комната сотрудничества, где и ведется дальнейшая работа над дипломным проектом. Доступ к ней получают преподаватель, студент и консультант. А тема становится больше недоступной для других студентов.

Для управления сайтом была разработана панель администрирования.

Функции администратора:

- Формирование общей базы студентов и преподавателей;
- Редактирование пользователей;
- Редактирование групп студентов;
- Назначение менеджера кафедры;
- Распределение нагрузки преподавателей;
- Генерация новых паролей для пользователей.

Архитектура и используемые технологии. Разработанная система использует 3-уровневую архитектуру. Слой представления данных – это приложение ASP.NET MVC, развернутое на WEB-сервере

ИИС. Приложение использует Javascript-библиотеку JQuery и технологию AJAX для частичного обновления страницы.

Слой доступа к данным представляет собой модель данных Entity Framework, использующую сервер MSSQL Server 2008 R2 в качестве хранилища данных в реляционном виде. Все сущности системы сгенерированы средствами этого инструмента.

В слое бизнес логики заложена логика управления поведением системы. Он представлен отдельным проектом, в котором упор делается на использовании шаблона проектирования «репозиторий». Для однократного создания объекта контекста данных на протяжении всего времени работы системы используется шаблон проектирования «одиночка». Также в этой сборке находятся вспомогательные утилиты, дополняющие сгенерированные ранее сущности новой функциональностью.

Выводы. Дистанционная система поддержки дипломного проектирования «DiplomA» может использоваться в любом вузе, на любой кафедре, где необходимы централизация планирования и контроля, а также общее повышение эффективности работы над дипломными проектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Microsoft. Русский MSDN. [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/default>.
2. jQuery. jQuery JavaScript Library. [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://api.jquery.com/>.
3. VP Group. Система поддержки научно-исследовательской деятельности. [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/rus/education/partners/vpgroup.aspx>.
4. Sanderson S. Pro ASP.MVC 2 Framework./ S. Sanderson— USA: Apress, 2010. — 777 p.
5. Рейсинг Д. JavaScript Профессиональные приемы программирования./ Д. Рейсинг— СПб: Питер, 2008. — 352 с.
6. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования./ Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Д. Влиссидес — СПб: Питер, 2006. — 368 с.

В.Н. Журавлёв, И.В. Жуковицкий

МОДЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЧЕВЫМ ПРОЦЕССОМ

Аннотация. Рассматривается задача, суть которой состоит в раскрытии и анализе импульсного психофизиологического управления речевым процессом, позволяющая повысить достоверность модели речевого источника сообщений.

Ключевые слова: речевой сигнал, речеслуховой процесс, информация, энергия, энтропия, синергетика, фонемы, форманты

Введение

В современных автоматизированных системах большое внимание уделяется удобному интерфейсу операторов АРМов. Замена традиционного ввода информации в АРМ средствами клавиатуры и «мышки» речевым вводом, несомненно, снизит нагрузку оперативно-го персонала, работающего с АРМами. Поэтому актуальным являются исследования, позволяющие повысить достоверность распознавания речи. Для этих целей необходимо проанализировать как модель источника, так и приемника речевого сигнала.

Основные положения акустической теории речеобразования, предложенной в фундаментальной работе [1] Гельмгольца в 1863 г. остались без изменения до настоящего времени, её развитие изложено в работах Фанта [2] и Соркина [3]. В соответствии с данной теорией, реализация информационной компоненты речевого сигнала осуществляется в процессе управления центральной нервной системой (ЦНС) кинемами артикуляционных физиологических органов, которые регулируют параметры речевого акустического фильтра. Последний, воздействуя на поток воздуха, выходящего из лёгких, синтезирует информационные сигналы – фонемы, которые состоят из суммы гармонических сигналов формант $s_{for}(\omega, t)$, определяющих высоту тона речевого сигнала (РС) $s(\omega, t)$. В соответствии с гипотезой «фазовой глухоты» речеслуховой системы они определяются как двумерные

случайные сигналы в пространствах изменения параметров их несущей частоты $\omega_{\text{for}}(t)$ и мощности $N_{\text{for}}(t)$:

$$\begin{aligned} s_{\text{for}}(\omega, t) &= f(\omega_{\text{for}}, N_{\text{for}}), t \in [T_p], \\ s(\omega, t) &= \sum_i s_{\text{for}_i}(\omega_i, t) \end{aligned} \quad (1)$$

на информационном временном интервале T_p длительности звучания фонемы.

Парадигмой информационного анализа сигналов формант РС является исследование функции (1) амплитудного спектра фонем в интервале частот $\Delta\Omega$ РС:

$$s_{\text{for}}(A, \omega) = \int_t s(\omega, t) \exp(-j\omega t) dt, t \in [T_p], \omega \in [\Delta\Omega]. \quad (2)$$

При этом предполагается, что, в случае принятия гипотезы о локальном постоянстве параметров РС [4], функция распределения плотности вероятностей (ФРПВ) амплитуд РС $w[s(t)]$ детерминирована и подчиняется нормальному закону распределения. Последнее определяет свойство стационарности сигналов фонем на т.н. «слоговом интервале» – времени T_p информационной активности фонемы и позволяет применять методы спектрального анализа (2).

В результате экспериментальных исследований ФРПВ амплитуд РС $w[s(t)]$ установлен факт [5,6] их информационной variability, и несоответствию нормальному закону распределения. Этот факт ставит под сомнение свойство стационарности РС на интервалах времени T_p , гипотезу о локальном постоянстве параметров речевого тракта и информационную адекватность спектрального метода анализа (2) его амплитуд.

Можно констатировать, что, помимо многих противоречий фактам экспериментальных исследований [7], современная спектральная теория речеслухового процесса не поясняет психофизиологических механизмов синтеза и восприятия высоты тона и громкости РС.

Решение *задачи*, суть которой состоит в *раскрытии и анализе противоречия* дискретного характера информационного психофизиологического управления природным речеслуховым процессом и спектральными методами его анализа, является *целью* исследований настоящей статьи.

Основная часть

Принято считать, что процессы синтеза и анализа РС осуществляются ЦНС человека дискретно, двоичными импульсными сигналами нейронов. В настоящее время доказано [8], что функционирование эволюционных природных биологических объектов определяется нелинейными стохастическими пространственно-временными диссипативными процессами. Информационное и энергетическое взаимодействие исследуемых процессов целесообразно анализировать, беря в основу *методологию синергетики*, и открытых систем [9] которая позволяет сформулировать следующую *гипотезу* речеслухового дискретного процесса энергоинформационного обмена.

1. Психофизиологические речеслуховые подсистемы диктора и аудитора на интервале времени T_p речеслухового процесса (РП) синтеза фонемы характеризуются дискретным процессом обмена информацией $\Delta I(t, \Delta t)$ и энергией $\Delta E(t, \Delta t)$ между подсистемами в среде функционирования. Эффективная энергия $E_{\text{eff}}(t, \Delta t) = \int_{T_p} s(t) dt$ (громкость) РС чувствительна к параметрам расстояния l_{da} между диктором и аудитором:

$$E_{\text{eff}}(t, \Delta t) = f(l_{\text{da}}), t \in (\Delta t] \in (T_p]. \quad (3)$$

2. Сообщение, представляющее собой информацию $I(t, \Delta t)$ фонемы РС $s(t, \Delta t)$, передается в канал связи дискретными символами энергии $\Delta E(t, \Delta t) \in s(t, \Delta t)$. Каждый символ характеризуется своим состоянием – буквой $\Delta E_k(t, \Delta t_i)$, которые поступают в канал связи друг за другом в течение интервала времени T_p . Каждая буква определяется в двумерном непрерывном векторном пространстве энергии и интервала времени передачи символа сообщения $\Delta E_k(t, \Delta t_i), \Delta E_k \in [\Delta E_{\min}, \Delta E_{\max}], \Delta t_i \in [\Delta t_{\min}, \Delta t_{\max}]$. Буква переносит соответствующую информацию $\Delta I_k(t, \Delta t_i) = \Delta I_{k,i}$ фонемы РС, и синтезируется речеслуховой системой диктора методом дискретного управления энергетическими и временными параметрами воздушного потока, нагнетаемого из лёгких.

3. Внутри помещения объекта информационной деятельности (ОИД) действует закон сохранения энергии $E(t, \Delta t)$, информации $I(t, \Delta t)$ и энтропии $H(t, \Delta t)$:

$$\begin{aligned} \sum_{k,i} \Delta E_k(t, \Delta t_i) &= \text{const}, \\ \sum_{k,i} \Delta I_{k,i} &= H_0(t) - \sum_{k,i} \Delta H_{k,i}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $H_0(t)$ – начальная энтропия приемника речевых сообщений.

4. Результатом обмена является процесс самоорганизации и уменьшения энтропии $H_0(t)$ приемника сообщений.

В основе психофизиологических процессов речеслуховых систем источника и приемника сообщений лежит **теория биологических функциональных систем** П.К. Анохина [10]. Методология функционирования открытой биологической функциональной системы речевого источника сообщений в границах объекта исследований предполагают следующую концепцию.

1. Основой речевого процесса (3,4), определяющего энергоинформационный обмен между диссипативными открытыми биологическими информационными системами объекта исследований, являются **системообразующие факторы и функции**.

2. **Системообразующим фактором** психофизиологической речеслуховой системы является факт реализации полезного результата её работы – речеслухового процесса.

3. **Системообразующая функция** – система функциональных или операторных зависимостей энергоинформационных параметров и характеристик речеслухового процесса, обеспечивающих реализацию системообразующего фактора. Параметры системообразующей функции речеслухового процесса и иницируются и формируются в ЦНС посредством синтеза вектора управляющих параметров $\vec{\mathfrak{R}}_k(t, \Delta t_i)$ сигнала кинемы $k_k(t, \Delta t_i)$, который управляет фазовым параметром $\rho(t, \Delta t_i)$, влияющим на процесс диссипации энергии $\Delta E_k(t, \Delta t_k)$ речевого сообщения:

$$f : \Delta I_k(t, \Delta t) \rightarrow \vec{\mathfrak{R}}_k(t, \Delta t_i) \rightarrow k_k(t, \Delta t_i) \rightarrow \rho(t, \Delta t_i) \rightarrow \Delta E_k(t, \Delta t_i). \quad (5)$$

Эффективность изменения вектора управляющих параметров $\vec{\mathfrak{R}}_k(t, \Delta t_i)$ реализации РП (5) осуществляются под непрерывным контролем ЦНС параметра эффективности $q_k(t, \Delta t_i)$ и чувствительна к объему апостериорной информации $I_{k-1}^{\text{ЦНС}}(t, \Delta t_{i-1})$, содержащейся в накопленном опыте диктора при предыдущих $(k-1)$ -х реализациях РП:

$$\begin{aligned} q_k(t, \Delta t_i) &= Q[I_k(t, \Delta t_i), I_{k-1}^{\text{ЦНС}}(t, \Delta t_{i-1})], \\ \tilde{\mathcal{R}}_k(t, \Delta t_i) &= f[q_k(t, \Delta t_i)], \end{aligned} \quad (6)$$

где $Q[*]$ – системный функциональный оператор анализа информационного расстояния.

Проведем анализ процесса синтеза РС $s(t, \Delta t)$ с позиции синергетической теории функционирования биологических систем П.К. Анохина.

Источником РС является артикуляционная система диктора. В процессе синтеза РС воздух из легких проходит через трахею, голосовые связки, гортань и затем разветвляется на два потока. Один поток поступает в носоглотку, взаимодействует с носовой полостью и выходит через носовые отверстия. Другой поток, пройдя через ротовую полость, выходит через ротовое отверстие.

Достижение результата в функциональной биологической системе осуществляется с помощью специфических механизмов, из которых наиболее важными являются:

афферентный синтез всей поступающей в ЦНС информации;

принятие решения с одновременным формированием аппарата прогнозирования результата в виде афферентной модели – акцептора результатов артикуляции;

собственно действие;

сличение, на основе информации обратной связи канала самопрослушивания, афферентной модели акцептора результатов артикуляции и параметров выполненного речевого процесса;

коррекция поведения в случае рассогласования реальных и идеальных (моделированных нервной системой) параметров речевого процесса.

Рассмотрим поэтапный психофизиологический процесс функционирования речевой системы.

Этап 1. Афферентный синтез. Начальную стадию поведенческого акта РП составляет афферентный синтез векторов управляющих параметров $\tilde{\mathcal{R}}(t, \Delta t_i)$ ЦНС. На этой стадии происходит взаимодействие трех компонент: мотивационного возбуждения необходимости передачи сообщения об информационном образе k -го объекта $I_k(O_k)$, обстановочной афферентации (т.е. информации об интенсивности помех внешней среды $\xi(t)$, дальности передачи РС $l_{\text{да}}(t)$) и извлекаемых

из памяти реализаций $I_{k-1}(O_k)$ прошлого опыта. В результате обработки и синтеза этих компонентов принимается решение об алгоритме управления сигналами кинем $k_k(t, \Delta t)$ активных артикуляционных органов. Команда, представленная вектором $\vec{R}_k(t, \Delta t)$, направляется к артикуляционным исполнительным органам и воплощается в соответствующий РС, состоящий из двух составляющих: информационной и энергетической.

Этап 2. Акцептор результатов действия. Необходимой частью функциональной системы является акцептор результатов действия – психофизиологическая обратная связь самоорганизации «артикуляционные исполнительные органы – ЦНС (центр Брока)» – процесс оценки результатов и параметров еще не озвученного РС. Таким образом, еще до осуществления процесса артикуляции РС в ЦНС уже имеется представление о его эффективности, своеобразная модель или образ ожидаемого результата поведения системы.

Этап 3. Собственно действие (артикуляция). В процессе артикуляции от центра Брока идут афферентные сигналы (векторов управляющих параметров $\vec{R}_k(t, \Delta t)$) к моторным структурам активных артикуляционных органов, обеспечивающим параметр эффективности (5) реализации системообразующей функции (8) процесса синтеза фонемы. Об эффективности процесса артикуляции сигнализирует поступающая в центр Вернике эфферентная информация $I_k^{ооc}(O_k)$ от рецепторов слуха по акустическому и костному каналам обратной связи самоорганизации сигналом $s_k^{ооc}(t, \Delta t)$, которые регистрируют последовательные этапы выполнения процесса артикуляции (обратная афферентация).

Этап 4. Сличение, на основе анализа рецептором слуха сигналов $s_k^{ооc}(t, \Delta t)$ акустической и костной информационной обратной связи самоорганизации, результатов и параметров артикуляции слова осуществляется в центре Вернике, который хранит базу данных сигналов управления прошлых опытов артикуляции.

Этап 5. В случае несоответствия параметра эффективности (6) реализации системообразующей функции (5) процесса синтеза фонемы с определенным ЦНС соответствующим параметром на этапе аф-

ферентного синтеза, производится коррекция векторов управляющих параметров $\vec{R}_k(t, \Delta t)$ процесса артикуляции в центре Брока.

Приведенный поэтапный анализ процесса речеобразования показывает, что при реализации информационной функции комплексно участвуют три основные системы: речеслуховые зоны ЦНС, речевые физиологические исполнительные органы и органы слуховой системы. Поэтому синергетический анализ процессов речевого обмена необходимо проводить с учетом комплексного взаимодействия указанных систем в единой речеслуховой психофизиологической системе речевого обмена информацией.

На основании вышеизложенного предложим следующую *гипотезу процесса функционирования речевой системы*.

Синергетический энергоинформационный психофизиологический процесс синтеза речевой информации $I[s(t)]$ акустического сигнала фонемы $s(t, \Delta t)$ происходит по инициативе и под управлением ЦНС диктора, он состоит из двух, параллельных во времени, взаимообусловленных и неотделимых друг друга, компонент: энергетической $\Delta E(t, \Delta t) = f^E[s(t, \Delta t)]$ – диссипации и излучения энергии сигнала фонемы и информационной $\Delta H(t, \Delta t) = f^I[s(t, \Delta t)]$ – снятия части энтропии с источника информации – ЦНС аудитора.

Процесс синтеза сигнала k -ой фонемы $s_k(t, \Delta t)$, переносящего информацию $I_k[O_k(t)]$, осуществляется механизмом формирования ЦНС диктора вектора энергетических и информационных управляющих параметров самоорганизации:

$$\vec{R}_k(t, \Delta t_i) = f^{E,I}\{I_k[O_k(t)]\}, \quad t \in [\Delta t_i] \quad (7)$$

исполнительных физиологических органов речевой подсистемы. Психофизиологическое действие вектора управляющих параметров заключается в ограничении количества степеней свободы

$$\begin{aligned} nk_k^E(t) &= f^E[\vec{R}_k^E(t, \Delta t_i)], \\ nk_k^I(t, \Delta t_i) &= f^I[\vec{R}_k^I(t, \Delta t_i)] \end{aligned} \quad (8)$$

исполнительных физиологических органов речевой подсистемы, обеспечивающих энергетические и информационные компоненты процесса синтеза сигнала k -ой фонемы. В процессе ограничения степеней свободы, исполнительные физиологические органы перестают

совершать хаотические и начинают осуществлять информационные движения самоорганизации, формируя сигналы кинем

$$\begin{aligned} k_k^E(t) &= f^E[nk_k^E(t)], \\ k_k^I(t, \Delta t_i) &= f^I[nk_k^I(t, \Delta t_i)]. \end{aligned} \quad (9)$$

Первые управляют энергетическим параметром избыточного давления воздуха поступающего из лёгких $\Delta p_k(t)$. Последние – параметром процесса турбулизации – числом Рейнольдса $Re(t)$. При увеличении числа Рейнольдса более критического значения

$$Re_{i,m}(\Delta x_m^I, t, \Delta t_{i,m}, v_{i,m}(t)) > Re^{cr} = f[v_{i,m}(t) \equiv \text{const}] \quad (10)$$

ламинарное движение воздуха теряет устойчивость и переходит в качественно другое движение – турбулентное, которое характеризует начало синергетических процессов: увеличения параметра турбулентной вязкости, диссипации кинетической энергии ламинарного потока в энергию ударной волны турбулизации РС.

Процесс диссипации энергии характеризуется импульсным переходом кинетической энергии ламинарного потока в энергию $\Delta E_{i,m}(t, \Delta t_{i,m})$ сигнала k -ой фонемы на m -том информационном участке речевого тракта:

$$s_k(\Delta E_k, t, \Delta t_k) = \sum_m \Delta E_{i,m}(t, \Delta t_{i,m}), \quad t \in [\Delta t_{i,m}] \in [Tp_k]. \quad (11)$$

Анализ (9 – 11) позволяет рассматривать функцию импульсного изменения энергии $s_k(\Delta E_k, t, \Delta t_k)$ сигнала фонемы как свойство речевой подсистемы реализовать зависимость изменения энтропии сигнала k -ой фонемы на информационном участке Δx_m^I .

Системообразующим фактором речевой системы будет факт реализации функции полного снятия энтропии $H_k(t, \Delta t_i)$ с источника информации $I_k(t, \Delta t_i)$ по синтезируемой фонеме $s_k(t, \Delta t)$ с поддержанием необходимого уровня (громкости) эффективной акустической энергии излучения $E_{eff}[s_i(t)] = \text{const}$:

$$\left\{ \begin{aligned} E_{eff}[s_i(t)] &= \text{const}, \\ I_i(t, \Delta t_i) \big|_{t=Tp} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Системообразующая функция должна отображать последовательность психофизиологического процесса реализации функций (9...14).

Эффективность и точность информационного изменения векторов управляющих параметров $\tilde{\mathcal{R}}(t, \Delta t)$ реализации РП осуществляются по бинауральным каналам обратной связи самоорганизации – костным и акустическим. По этим каналам синтезированный РС поступает в подсистему слуха диктора, где, под непрерывным контролем ЦНС, осуществляется определение параметров функции эффективности $q^{E,I}(t)$ по объему информации $I_{k-1}^{ЦНС}(t, \Delta t)$ накопленного опыта предыдущих реализаций k -ой фонемы.

Функциональная схема процесса реализации системообразующей функции приведена на рис. 1.

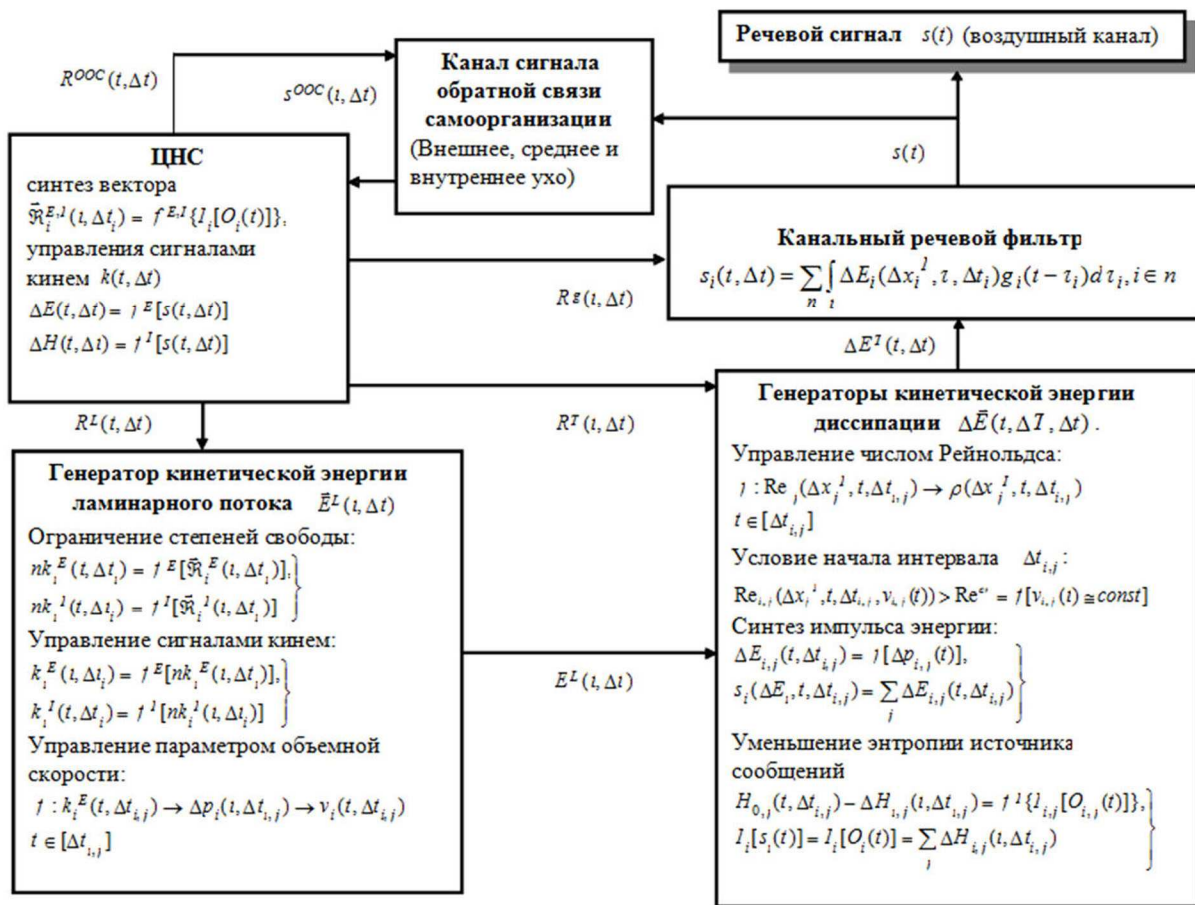


Рисунок 1 - Функциональная схема реализации системообразующей функции речевого процесса

Выводы

Проведенный теоретический анализ речевого процесса позволяет сделать следующие выводы.

- Аналитически решена задача, заключающаяся в противоречии дискретного характера психофизиологического информационного

управления природным речеслуховым процессом и аналоговыми методами его анализа.

• На базе теории функциональных систем П.К. Анохина разработана импульсная модель психофизиологического синтеза РС. В основе предложенной модели лежат синергетические процессы обмена веществом, энергией и информацией, которые базируются на эффекте дискретного изменения динамической вязкости воздуха при фазовом переходе его течения в управляемых ЦНС сечениях речевого тракта.

• Предлагаемая модель является расширением и объединением существующих моделей речеобразования на основе методологий синергетики и биологических функциональных систем. Современные модели речеобразования и слуха, базирующиеся на методе интегральной обработки параметров и характеристик процесса речевого обмена и основанные на ограничениях гипотезы о локальном постоянстве параметров речевого тракта, представляют частный случай предлагаемой модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Helmholtz H. von, Die Lehe von Tonempfindungen. Brannschweig, Vieweg, 1863.
2. Сорокин В.Н. Теория речеобразования. – М. – Радио и связь. 1985. – 312 с.
3. Фант Г. Акустическая теория речеобразования: Пер. с англ./Под ред. В.С. Григорьева. – М.: Наука, 1964. – 284 с.
4. Назаров М.В., Прохоров Ю.Н. Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов. – М. Радио и связь. 1985. – 176 с.
5. Тихонов В.А., Нетребенко К.В. Негауссовы характеристики речевых сигналов. Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. Вып. 123. – Харьков: 2003. с. 57 – 62.
6. Журавлев В.Н., Жуковичский И.В. Экспериментальные исследования зависимости формы фонем речевого сигнала от их информационного содержания. Міжнародна науково – практична конференція «Сучасні інформаційні технології на транспорті, промисловості та освіті». – Дніпропетровськ, ДНУЖТ: - 2008. - С. 59 - 60.
7. Журавлев В.Н., Архипов А.Е. Анализ противоречий теорий речеобразования и слуха с позиции идентификации информационных параметров и характеристик речевых сигналов. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія № 2(9), Вінниця. 2007, С. 180 – 185.
8. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир. – 1979. – 512 с.
9. Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем. – М: ТОО «Янус». – 1995. – 624 с.
10. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем // Избранные труды. – М: Медицина. – 1998. – 400 с.

Г.І. Ларіонов, Д.Д. Брагинець, Р.В. Кірія

**ДО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ МАТЕМАТИЧНОГО ТА
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БУНКЕРА-
ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА**

Анотація. В роботі продемонстровано використання методу послідовної апроксимації до результатів імітаційного моделювання роботи бункера-перевантажувача. Для обраних діапазонів змін параметрів отримано математичну модель у аналітичному виді. Оцінка відносних похибок математичної моделі показує хорошу для інженерних розрахунків точність.

Ключові слова: імітаційне моделювання, апроксимація, математична модель, відносна похибка

Результати досліджень процесів з використанням математичного та імітаційного моделювання або чисельних методів у більшості випадків являють собою функції шуканих параметрів, заданих у вигляді таблиць. За даними таблиць значень функції і параметрів виконують побудову графічних залежностей функції від будь-якого параметру. Для з'ясування ступеню впливу на функцію процесу параметрів необхідно виконати її відтворення у аналітичній формі, тобто у вигляді формули. Побудова функції процесу в області її визначення здійснюється методами, які використовують їх значення на сітці параметрів. Для простих задач, тобто за невеликої кількості параметрів і незначних витрат часу на отримання значень функції у вузлі такої сітки побудова функції можлива методами апроксимації. Для більш складних задач отримання таблиці значень вихідної функції на сітці параметрів потребує значних обчислювальних витрат, що іноді унеможливорює процес її відтворення. Значних результатів у напрямку зменшення кількості обчислень функції досягла група вчених на чолі з професором Босовим А.А. Основна мета їх досліджень полягала у відтворенні аналітичної форми функції за наявності таблиць числових даних за зміни параметрів лише у координатних площинах. Проблема відтворення функції не за значеннями її на сітці параметрів, а за меншої кількості обчислень її значень є і

буде актуальною незалежно від швидкості обробки інформації сучасною обчислювальною технікою.

Найбільш вдалою для оцінки впливу параметрів на процес, як показує досвід використання теорії розмірності та інженерної практики, є представлення її у вигляді добутку функцій, кожна з яких являє собою степеневу функцію одного параметру[1-2], або узагальненої функції Коба-Дугласа. Обмеження вибору степенів на класі степеневих функцій здійснювалось з використанням теорії розмірностей. Таким чином, побудова методу відтворення аналітичної форми наближеного представлення функції процесу, заданої таблично, у вигляді добутку функцій, кожна з яких є функцією одного параметру, є важливою проблемою для оцінювання впливу її параметрів на процес.

Розроблено метод, який дозволяє наближено відтворити функцію процесу за результатами його чисельного моделювання[1-2]. Задача розробки алгоритму виглядала наступним чином.

Нехай існує функція процесу $F = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, значення якої можуть бути отримані як у результаті чисельного, так і імітаційного моделювання. Необхідно відтворити її у аналітичному вигляді:

$$F = A g_1(x_1) g_2(x_2) g_3(x_3) \dots g_n(x_n),$$

де $g_1(x_1), g_2(x_2), g_3(x_3), \dots, g_n(x_n) \in C_{(a,b)}$; $x_i \in (a_i, b_i)$; $i \in \{1, \bar{n}\}$; A – деяка стала.

Алгоритм відтворення аналітичної форми функції процесу за її табличними даними полягає у виконанні наступних дій:

1. У області визначення функції $F = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ обираємо точку $M(x_1^m, x_2^m, \dots, x_n^m)$; $x_i^0 \leq x_i^m \leq x_i^N$; $x_i^m = (x_i^N - x_i^0) / 2$, де x_i^0 – початкове значення змінної x_i , а x_i^N – кінцеве її значення; N – кількість інтервалів, на які розбиваються діапазони значень змінних.

2. Утворюємо послідовності значень $\{x_1^j, F^j\}$ і відшукуємо функцію апроксимації $g_1(x_1)$ таким чином, що $F = a_1 g_1(x_1)$, де a_1 – стала апроксимації; $g_1(x_1)$ – функція апроксимації, яка залежить від змінної x_1 .

3. Знаходимо послідовність значень a_1 за зміни наступного параметру x_2 у околі точки M і утворюємо послідовність $\{x_2^j, a_1^j\}$, де

$a_1^j = F^j / g_1(x_1^m)$, $g_1(x_1^m)$ – значення знайденої функції апроксимації для змінної x_1 у точці M . Відшукаємо функцію апроксимації $g_2(x_2)$ для утворених послідовностей таким чином, що $a_1 = a_2 g_2(x_2)$, де $a_2 = a(x_3 \dots x_n)$. Тоді будемо мати $F = a_1 g(x_1) = a_2 g_1(x_1) g_2(x_2)$. Таким чином, послідовно утворюючи послідовності $\{x_i^j, a_{i-1}^j\}$, де $a_{i-1}^j = F^j / g_1(x_1^m) g_2(x_2^m) \dots g_{i-1}(x_{i-1}^m)$, та повторюючи процедуру пошуку функцій апроксимації, врешті решт отримаємо

$$F = a_1 g(x_1) = a_2 g_1(x_1) g_2(x_2) = \dots = a_n g_1(x_1) g_2(x_2) \dots g_n(x_n).$$

Отримані вирази для похибки функції $f(x, y)$

$$E \leq \frac{1}{|f_0(x_0, y_0)|} \left\{ \frac{1}{4} N (K_1 + K_2) (\Delta_x + \Delta_y) + M_1 \varepsilon_1 + M_2 \varepsilon_2 \right\}.$$

за умов обмеженості її та похідних і функцій добутку $f_1(x), f_2(y)$:

$$\max_{(x,y) \in \Delta_{x_0} \times \Delta_{y_0}} |f(x, y)| \leq N; \quad \max_{x \in \Delta_{x_0}} |f_1(x)| \leq M_1; \quad \max_{y \in \Delta_{y_0}} |f_2(y)| \leq M_2;$$

$$\sup_{(x,y) \in \Delta_{x_0} \times \Delta_{y_0}} \left| \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right|_{(x_0, y_0)} \leq K_1; \quad \sup_{(x,y) \in \Delta_{x_0} \times \Delta_{y_0}} \left| \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right|_{(x_0, y_0)} \leq K_2;$$

$$|f_1(x) - f_1^*(x)| \leq \varepsilon_1 \forall x \in \Delta_{x_0}; \quad |f_2(y) - f_2^*(y)| \leq \varepsilon_2 \forall y \in \Delta_{y_0},$$

де Δ_x, Δ_y – кроки у напрямку осей X та Y відповідно; N, M_1, M_2, K_1, K_2 – деякі числа; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – похибки апроксимації функцій добутку; $f_1^*(x)$ – значення функції за умови використання інтерполяційних поліномів.

Вираз для верхньої межі похибок функції процесу у вигляді ряду Тейлора та обмеження функцій добутку класом степеневих функцій має вид:

$$\max_{x \in \Delta_{x_0}} \left| f_n(x_n^0) + f_n'(\xi)(x_n - x_n^0) - a_n x_n^{b_n} \right| \leq \max_{x \in \Delta_{x_0}} \left| f_n(x_n^0) \right| \left| 1 - \left| \frac{x_n}{x_n^0} \right|^b \right| + \frac{1}{2} K_n \Delta_{x_n},$$

де $f_n(x_0)$; K_n – значення функції та її обмеження для n -ої змінної; $f_n'(\xi), \Delta_{x_n}$ – похідна функції та крок у напрямку осі x_n .

Перевірка похибок наближених представлень функцій процесу, заданих аналітично, з використанням методу послідовної апроксимації [1-2] підтвердила задовільну для інженерних

розрахунків точність у околі обраної точки $M(x^m_1, x^m_2, \dots, x^m_n)$. Але, як показує досвід використання методу послідовної апроксимації до практичних задач, точність його виявляється задовільною не тільки у околі точки, а й на всій області визначення. Цей факт дає підстави сподіватися у ефективності його використання на більш широкому класі практичних задач.

Використання методу послідовної інтерполяції до задач імітаційного моделювання роботи бункера-перевантажувача наведено нижче.

Процесс функціонування бункера-перевантажувача, згідно з [3], описується функцією середнього об'єму захисного шару вантажу за наступними формулами:

$$V_c = \frac{V_m t_3 + V_p t_p}{t_c} + \frac{m_Q t_3^2 - (Q_p - m_Q) t_p^2}{2\gamma t_c},$$

де

$$t_c = t_3 + t_p; \quad t_3 = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2};$$

$$\theta_1 = \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_{01}} A_1; \quad \theta_2 = \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_{02}} A_2;$$

$$A_1 = \frac{1 + \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_{01}^2} + \frac{2k_1}{Q_{01}} \right] \sigma_Q}{1 + \left[\frac{\alpha \gamma(V_m - V_p)}{Q_{01}^2} - \frac{2k_1}{Q_{01}} \right] \sigma_Q};$$

$$A_2 = \frac{1 - \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_{02}^2} + \frac{2k_1}{Q_{02}} \right] \sigma_Q}{1 - \left[\frac{\alpha \gamma(V_m - V_p)}{Q_{02}^2} - \frac{2k_1}{Q_{02}} \right] \sigma_Q};$$

$$t_p = \frac{\theta'_1 + \theta'_2}{2}; \quad \theta'_1 = \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_p - Q_{01}} A'_1; \quad \theta'_2 = \frac{\gamma(V_m - V_p)}{Q_p - Q_{02}} A'_2;$$

$$A'_1 = \frac{1 - \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_m - V_p)}{(Q_p - Q_{01})^2} + \frac{2k_1}{Q_p - Q_{01}} \right] \sigma_Q}{1 - \left[\frac{\alpha \gamma(V_m - V_p)}{(Q_p - Q_{01})^2} - \frac{2k_1}{Q_p - Q_{01}} \right] \sigma_Q};$$

$$A'_2 = \frac{1 + \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_m - V_p)}{(Q_p - Q_{02})^2} + \frac{2k_1}{Q_p - Q_{02}} \right] \sigma_Q}{1 + \left[\frac{\alpha \gamma(V_m - V_p)}{(Q_p - Q_{02})^2} - \frac{2k_1}{Q_p - Q_{02}} \right] \sigma_Q};$$

$$Q_{01} = m_Q + k_1 \sigma_Q;$$

$$Q_{02} = m_Q - k_1 \sigma_Q.$$

Тут m_Q – середня продуктивність магістрального вантажопотоку, т/хв; α – коефіцієнт кореляції вихідного вантажопотоку, s^{-1} ; σ_Q – середньо квадратичне відхилення вихідного вантажопотоку, т/хв; V_m – максимальний об'єм захисного шару вантажу в бункері-перевантажувачі, m^3 ; V_p – мінімальний об'єм захисного шару вантажу в бункері-перевантажувачі, m^3 ; V_c – середній об'єм захисного шару вантажу в бункері-перевантажувачі, m^3 ; γ – питома вага вантажу, т/ m^3 ; Q_p – продуктивність бункера-перевантажувача, т/хв; k_1 – коефіцієнт, який характеризує нерівномірність вантажупотоку, що заповнює бункер-перевантажувач ($k_1 = 0,1$).

Звертає на себе увагу той факт, що у випадку незначних, з точки зору практичних міркувань, змін функцій можна не відшукувати функцію апроксимації, а обирати її сталою і рівною величині середнього її значення на інтервалі визначення параметру.

Формула для визначення середнього об'єму бункера-перевантажувача представлена нижче:

$$V_c = A \alpha_0 m_{Q0} \gamma_0 \sigma_{Q0} \left(\Delta V_0 + \frac{2\Delta V}{\Delta V_0} \right) \left(\frac{V_p}{V_{p0}} + \frac{V_p}{8} \right) \left(Q_{p0} - \frac{Q_p}{7Q_{p0}} \right),$$

де $\Delta V = V_m - V_p$.

Тут m_{Q0} , α_0 , σ_{Q0} , V_{p0} , ΔV_0 , Q_{p0} , γ_0 – значення параметрів m_Q , α , σ_Q , V_p , ΔV , Q_p , γ в початковій точці розрахунку.

На рис. 1 представлено графіки залежностей наближеної формули і оригіналу для вказаного діапазону змін грузопотоку.

Точність отриманих формул визначалась шляхом порівняння значень, отриманих згідно з оригіналом. Відносна похибка представлена на рис. 2.

Наближена функція отримана для параметрів, що знаходяться у межах (табл. 1).

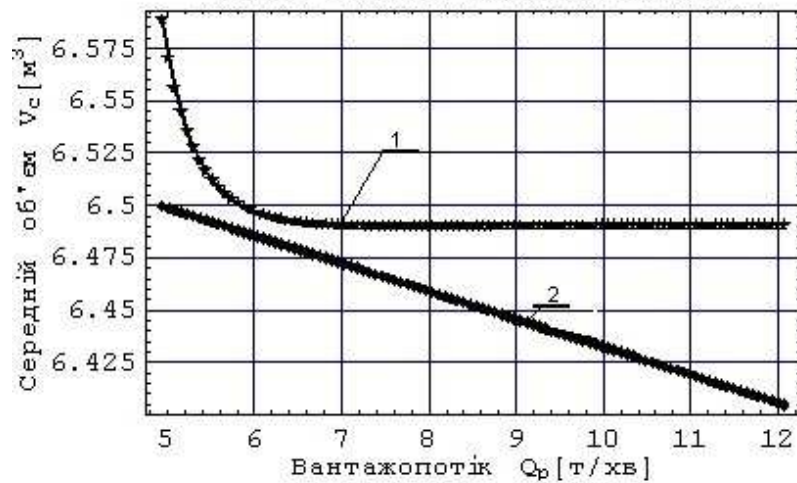


Рисунок 1 - Суміщений графік оригіналу і наближеного представлення: 1 – теорія; 2 – наближення

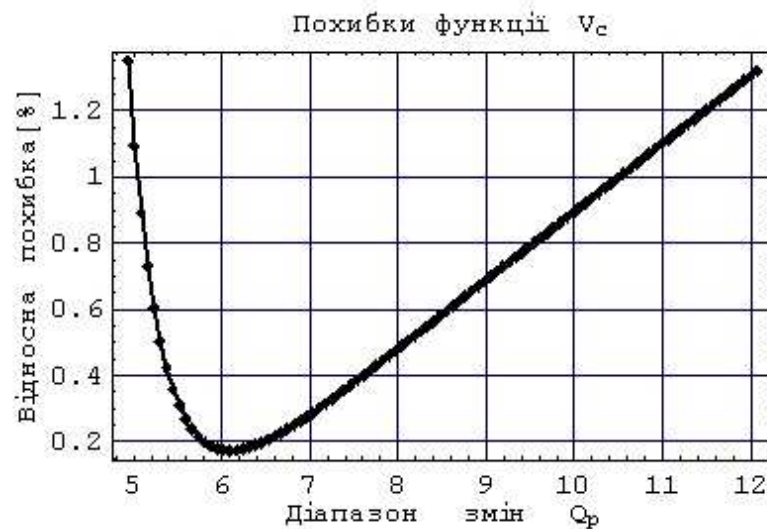


Рисунок 2 - Розподіл відносної похибки

Таблиця 1

Діапазони змін параметрів

Параметри	Початкові значення	Значення в точці М	Кінцеві значення
γ [т/м³]	0,8	1,4	2,0
ΔV [м³]	2,0	4,0	6,0
V_p [м³]	4,0	4,5	5,0
α [с⁻¹]	0,1	0,14	0,18
m_Q [т/хв]	3,0	3,5	4,0
Q_p [т/хв]	4,8	8,4	12,0
σ_Q [т/хв]	1,0	1,23	1,46

Висновки

1. Встановлено можливість використання методу послідовної апроксимації для визначення середнього об'єму бункера-перевантажувача.

2. Відносна похибка формули, отриманої з використанням запропонованого методу, не перевищує 1,5%, що дозволяє з успіхом використовувати її замість системи імітаційного моделювання процесу роботи бункера-перевантажувача.

3. Пропонується у подальшому розширювати діапазон задач для представлення результатів чисельного та імітаційного моделювання з використанням вище означеного методу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ларіонов Г.І. До аналізу результатів чисельного моделювання / Г.І. Ларіонов // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Математичні проблеми технічної механіки – 2010». - Дніпродзержинськ, 2010. – С. 153 (19-22 квітня 2010).
2. Ларіонов Г.І. Оцінювання впливу параметрів математичного моделювання / Г.І. Ларіонов // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Прикладные задачи математики и механики». – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. – С. 226-229 (13-17 сентября 2010).
3. Кирия Р.В. Определение оптимальной производительности разгрузки усредняющего бункера для поддержания в нем защитного слоя груза / Р.В. Кирия, Г.И. Ларионов, Д.Д. Брагинец // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. - Днепрпетровск, 2010 – Вып. 89.- С. 55-62.

А.И. Песчанский, А.И. Коваленко

СТАЦИОНАРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ С ПОТЕРЯМИ И КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация. Построена полумарковская модель однолинейной системы массового обслуживания с потерями и контролем качества обслуживания заявки в момент поступления в систему следующей заявки. Найдены в явном виде стационарные характеристики системы в предположении, что времена между поступлениями заявок в систему и времена их обслуживания являются случайными величинами с функциями распределения общего вида.

Ключевые слова: система массового обслуживания, полумарковский процесс, стационарные характеристики, контроль качества обслуживания

Введение. Системам массового обслуживания с потерями посвящено достаточно большое число работ. Обзор результатов по этой тематике можно найти, например, в монографиях [1–3]. Наиболее законченные результаты получены в предположении, что входящий поток требований в систему является простейшим, а время обслуживания заявок имеет экспоненциальное распределение. Допущение об общем виде распределений указанных случайных величин вызывает существенные трудности. Для их преодоления в работах [4–7] используется аппарат полумарковских процессов с общим фазовым пространством состояний. Так, в работе [5] найдены стационарные характеристики системы $GI/G/1/0$ с потерями, а в [7] с потерями и абсолютным приоритетом. В данной статье для системы массового обслуживания $GI/G/1/0$ находятся стационарные характеристики в предположении, что после проведенного обслуживания заявки, в момент поступления следующей, проводится контроль качества обслуживания предыдущей. В случае неудовлетворительного качества обслуживания заявка отправляется на повторное обслуживание. Так продолжается до тех пор, пока обслуживание не будет признано удовлетворительным.

© Песчанский А.И., Коваленко А.И., 2011

Постановка задачи. Рассмотрим систему массового обслуживания (СМО) $GI / G / 1 / 0$, в которой осуществляется контроль за качеством обслуживания прибором заявок. Система функционирует следующим образом.

Время между поступлениями заявок в систему – случайная величина (СВ) β с функцией распределения (ФР) $G(t) = P\{\beta \leq t\}$ и плотностью $g(t)$. Поступившая на свободный прибор заявка начинает обслуживаться. Время ее обслуживания – СВ α с ФР $F(t) = P\{\alpha \leq t\}$ и плотностью $f(t)$. Заявки, поступающие в момент, когда прибор занят обслуживанием, теряются. После завершения обслуживания заявки, в момент поступления следующей, начинается контроль качества проведенного обслуживания. Время проведения контроля – СВ σ с ФР $\Psi(t) = P\{\sigma \leq t\}$ и плотностью $\psi(t)$. С вероятностью p обслуживание признается успешным и начинается обслуживание заявки, поступившей в момент начала контроля. С вероятностью $q = 1 - p$ обслуживание признается неудовлетворительным и сразу начинается ее повторное обслуживание. Длительность времени повторного обслуживания – СВ γ с ФР $\Phi(t) = P\{\gamma \leq t\}$ и плотностью $\phi(t)$. При этом заявка, поступившая в момент начала контроля, теряется. После окончания повторного обслуживания в момент поступления очередной заявки в систему начинается контроль качества последнего проведенного обслуживания. В результате обслуживание с вероятностью p признается удовлетворительным, а с вероятностью q начинается повторное обслуживание.

Предполагается, что СВ α, β, γ и σ независимы, имеют абсолютно непрерывные ФР и конечные математические ожидания $M\alpha, M\beta, M\gamma$ и $M\sigma$ соответственно.

Целью статьи является определение и анализ стационарных характеристик описанной выше СМО.

Построение математической модели. Для описания функционирования системы используем полумарковский процесс (ПМП) $\xi(t)$ с дискретно-непрерывным фазовым пространством состояний [4]. Введем следующее пространство полумарковских состояний системы:

$$E = \{21, 10x, 11x, 12x, 21x, 22x, 23, 23x\}.$$

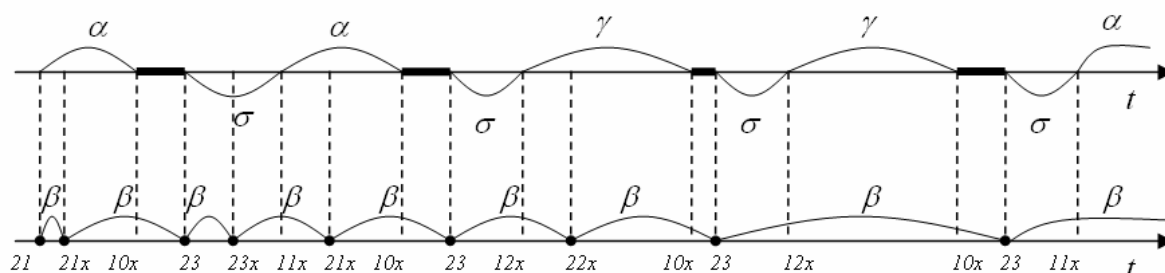
Расшифруем коды состояния системы:

10x – обслуживание заявки закончено, до начала контроля качества ее обслуживания и поступления в систему следующей заявки осталось время x ;

12х – начинается повторное обслуживание заявки; до поступления следующей заявки осталось время x ;

22х – поступившая в систему заявка потеряна; до конца повторного обслуживания заявки осталось время x ;

23х - пришедшая в систему заявка потеряна, до конца диагностики качества обслуживания осталось время х.



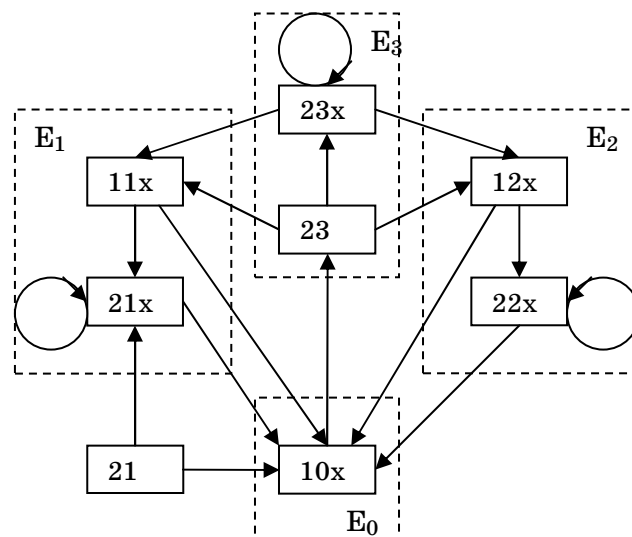


Рисунок 2 – Граф переходов системы

Времена пребывания системы в состояниях определяются формулами:

$\theta_{21} = \alpha \wedge \beta$, $\theta_{10x} = x$, $\theta_{11x} = \alpha \wedge x$, $\theta_{12x} = \gamma \wedge x$, $\theta_{21x} = \theta_{22x} = \theta_{23x} = \beta \wedge x$, $\theta_{23} = \beta \wedge \sigma$
где $\wedge$ – знак минимума.

Выпишем вероятности и плотности вероятностей переходов вложенной цепи Маркова (ВЦМ) $\{\xi_n, n \geq 0\}$:

$$\begin{aligned}
 p_{21}^{21x} &= \int_0^\infty g(t)f(x+t)dt; & p_{21}^{10x} &= \int_0^\infty f(t)g(x+t)dt; & p_{21y}^{21x} &= g(y-x), x < y; & p_{21y}^{10x} &= g(y+x); \\
 p_{23}^{23x} &= \int_0^\infty g(t)\psi(t+x)dt; & p_{23}^{11x} &= p \int_0^\infty \psi(t)g(t+x)dt; & p_{23}^{12x} &= q \int_0^\infty \psi(t)g(t+x)dt; \\
 p_{23y}^{23x} &= g(y-x), x < y; & p_{23y}^{11x} &= pg(y+x); & p_{23y}^{12x} &= qg(y+x); & P_{10x}^{23} &= 1; \\
 p_{11y}^{10x} &= f(y-x), x < y; & p_{11y}^{21x} &= f(y+x); & p_{12y}^{10x} &= \phi(y-x), x < y; & p_{12y}^{22x} &= \phi(y+x); \\
 p_{22y}^{10x} &= g(y+x); & p_{22y}^{22x} &= g(y-x), x < y; & p_{12y}^{22x} &= \phi(y+x).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Обозначим через ρ_{21} и ρ_{23} значения стационарных распределений ВЦМ на состояниях 21 и 23 соответственно. Предположим существование стационарных плотностей $\rho(10x)$, $\rho(11x)$, $\rho(12x)$, $\rho(21x)$, $\rho(22x)$ и $\rho(23x)$ для состояний 10x, 11x, 12x, 21x, 22x и 23x соответственно.

Тогда, с учетом того, что для невозвратного состояния 21 $\rho_{21} \equiv 0$, система интегральных уравнений для нахождения стационарного распределения ВЦМ имеет вид:

$$\left\{ \begin{aligned}
 \rho(23x) &= \int_x^\infty \rho(23y)g(y-x)dy + \rho_{23} \int_0^\infty g(t)\psi(t+x)dt, \\
 \rho(11x) &= p\rho_{23} \int_0^\infty \psi(t)g(t+x)dt + p \int_0^\infty \rho(23y)g(y+x)dy, \\
 \rho(12x) &= q\rho_{23} \int_0^\infty \psi(t)g(t+x)dt + q \int_0^\infty \rho(23y)g(y+x)dy, \\
 \rho(21x) &= \int_x^\infty \rho(21y)g(y-x)dy + \int_0^\infty \rho(11y)f(y+x)dy, \\
 \rho(22x) &= \int_x^\infty \rho(22y)g(y-x)dy + \int_0^\infty \rho(12y)\phi(y+x)dy, \\
 \rho(10x) &= \int_x^\infty \rho(11y)f(y-x)dy + \int_x^\infty \rho(12y)\phi(y-x)dy + \int_0^\infty (\rho(21y) + \rho(22y))g(y+x)dy, \\
 \rho_{23} &= \int_0^\infty \rho(10x)dx, \quad \rho_{23} + \int_0^\infty [\rho(10x) + \rho(11x) + \rho(12x) + \rho(21x) + \rho(22x) + \rho(23x)]dx = 1.
 \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Последнее уравнение в системе (2) является условием нормировки.

Решением первого уравнения системы с точностью до постоянного множителя ρ_{23} является функция [6]

$$\rho(23x) = \rho_{23} \int_0^\infty h_g(t)\psi(x+t)dt, \quad (3)$$

где $h_g(t) = \sum_{n=1}^\infty g^{*(n)}(t)$ – плотность функции восстановления $H_g(t)$ рекуррентного потока, порожденного СВ β . Подставляя (3) во второе и третье уравнения системы, получаем

$$\rho(11x) = p\rho_{23} \int_0^\infty \psi(t)v_g(t,x)dt, \quad \rho(12x) = q\rho_{23} \int_0^\infty \psi(t)v_g(t,x)dt.$$

Здесь

$$v_g(t,x) = g(t+x) + \int_0^t g(t+x-s)h_g(s)ds$$

– плотность прямого остаточного времени процесса восстановления, порожденного СВ β [8]. Обозначим через $l(x)$ функцию

$$l(x) = \int_0^\infty \psi(t)v_g(t,x)dt,$$

тогда

$$\rho(11x) = p\rho_{23}l(x), \quad \rho(12x) = q\rho_{23}l(x). \quad (4)$$

Заметим, что $l(x)$ есть плотность СВ – равной величине первого перескока времени контроля качества последовательностью заявок (или величине времени между окончанием контроля качества обслуживания и моментом поступления следующей заявки в систему).

Подставляя $\rho(1|x)$ в четвертое уравнение системы (2) и решая его относительно $\rho(2|x)$, получаем

$$\rho(2|x) = p\rho_{23} \int_0^{\infty} f(x+y)h_g^{(1)}(y)dy, \quad (5)$$

где $h_g^{(1)}(t) = l(t) + \int_0^t l(t-s)h_g(s)ds$.

– плотность функции восстановления $H_g^{(1)}(t)$, процесса восстановления, порожденного СВ с плотностью распределения $l(t)$ и СВ β . Аналогично определяем

$$\rho(22|x) = q\rho_{23} \int_0^{\infty} \phi(x+y)h_g^{(1)}(y)dy. \quad (6)$$

Из шестого уравнения системы (2) с учетом найденных стационарных распределений имеем

$$\rho(10|x) = p\rho_{23} \int_0^{\infty} f(t)v_g^{(1)}(t,x)dt + q\rho_{23} \int_0^{\infty} \phi(t)v_g^{(1)}(t,x)dt. \quad (7)$$

Здесь $v_g^{(1)}(t,x) = l(x+t) + \int_0^t h_g^{(1)}(t-s)g(s+x)ds$ – плотность прямого остаточного времени процесса восстановления, порожденного СВ с плотностью распределения $l(t)$ и СВ β .

Постоянная ρ_{23} находится из условия нормировки и определяется формулой

$$\rho_{23} = \left[3 + \int_0^{\infty} H_g^{(1)}(t)(pf(t) + q\phi(t))dt + \int_0^{\infty} H_g(t)\psi(t)dt \right]^{-1}.$$

Отметим, что

$$\int_0^{\infty} H_g^{(1)}(t)f(t)dt, \quad \int_0^{\infty} H_g^{(1)}(t)\phi(t)dt, \quad \int_0^{\infty} H_g(t)\psi(t)dt$$

– среднее число потерянных заявок за время первичного, вторичного обслуживания и время контроля качества обслуживания заявки соответственно.

Нахождение стационарных характеристик системы. Разобьем фазовое пространство состояний E на следующие непересекающиеся подмножества состояний, соответствующие различным физическим состояниям прибора:

$E_0 = \{10x\}$ – прибор находится в состоянии ожидания заявки;

$E_1 = \{11x, 21x\}$, $E_2 = \{12x, 22x\}$ – проводится первичное или повторное обслуживание заявки прибором соответственно;

$E_3 = \{23, 23x\}$ – проводится диагностика качества обслуживания заявки.

Обозначим переходные вероятности ПМП $\xi(t)$ следующим образом:

$$\Phi(t, e, E_i) = P\{\xi(t) \in E_i / \xi(0) = e\}, \quad e \in E, \quad i = \overline{0, 3}.$$

В [4] доказано, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Phi(t, e, E_i) = \int_{E_i} m(e) \rho(de) \left[\int_E m(e) \rho(de) \right]^{-1}, \quad i = \overline{0, 3}, \quad (8)$$

где $m(e)$ – среднее время пребывания ПМП $\xi(t)$ в состоянии $e \in E$.

Соответствующие математические ожидания (средние времена пребывания системы в состояниях) определяются формулами:

$$\begin{aligned} M\theta_{21} &= \int_0^\infty \bar{F}(t) \bar{G}(t) dt, \quad M\theta_{10x} = x, \quad M\theta_{11x} = \int_0^x \bar{F}(t) dt, \quad M\theta_{12x} = \int_0^x \bar{\Phi}(t) dt, \\ M\theta_{21x} &= M\theta_{22x} = M\theta_{23x} = \int_0^x \bar{G}(t) dt, \quad M\theta_{23} = \int_0^x \bar{G}(t) \bar{\Psi}(t) dt. \end{aligned} \quad (9)$$

С учетом выражений (3) – (7) и (9) интегралы из формулы (8) принимают вид:

$$\begin{aligned} \int_{E_0} m(e) \rho(de) &= p\rho_{23} \left[M\beta \left(\int_0^\infty \hat{\Psi}(t) \hat{H}_g(t) dt + \int_0^\infty f(t) H_g^{(1)}(t) dt \right) - M\alpha - M\sigma \right] + \\ &+ q\rho_{23} \left[M\beta \left(\int_0^\infty \hat{\Psi}(t) \hat{H}_g(t) dt + \int_0^\infty \phi(t) H_g^{(1)}(t) dt \right) - M\gamma - M\sigma \right], \quad \hat{H}_g(t) = 1 + H_g(t), \\ \int_{E_1} m(e) \rho(de) &= p\rho_{23} \left[\int_0^\infty l(x) dx \int_0^x \bar{F}(t) dt + \int_0^\infty dx \int_0^x \bar{G}(t) dt \int_0^\infty f(x+y) h_g^{(1)}(y) dy \right] = \\ &= p\rho_{23} \left[\int_0^\infty \bar{L}(t) \bar{F}(t) dt + \int_0^\infty \bar{F}(y) dy \int_0^y \bar{G}(t) h_g^{(1)}(y-t) dt \right] = p\rho_{23} M\alpha, \\ \int_{E_2} m(e) \rho(de) &= q\rho_{23} \left[\int_0^\infty l(x) dx \int_0^x \bar{\Phi}(t) dt + \int_0^\infty dx \int_0^x \bar{G}(t) dt \int_0^\infty \phi(x+y) h_g^{(1)}(y) dy \right] = q\rho_{23} M\gamma, \end{aligned}$$

$$\int_{E_3} m(e) \rho(de) = \rho_{23} \int_0^\infty \bar{\Psi}(t) \bar{F}(t) dt + \int_0^\infty dx \int_0^x \bar{G}(t) dt \int_0^\infty \psi(x+y) h_g(y) dy = \rho_{23} M\sigma,$$

$$\int_E m(e) \rho(de) = \rho_{23} M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right].$$

Следовательно, финальные вероятности пребывания прибора в подмножествах состояний E_0 , E_1 , E_2 и E_3 равны соответственно

$$\begin{aligned} p_0 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \Phi(t, e, E_0) = 1 - \frac{M\sigma + pM\alpha + qM\gamma}{M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right]}, \\ p_1 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \Phi(t, e, E_1) = \frac{pM\alpha}{M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right]}, \\ p_2 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \Phi(t, e, E_2) = \frac{qM\gamma}{M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right]}, \\ p_3 &= \lim_{t \rightarrow \infty} \Phi(t, e, E_3) = \frac{M\sigma}{M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right]}. \end{aligned} \quad (10)$$

Найдем стационарные времена $T(E_i)$ пребывания системы в подмножествах состояний E_i , используя следующие формулы из [7]:

$$T(E_i) = \int_{E_i} m(e) \rho(de) \left[\int_{E \setminus E_i} \rho(de) P(e, E_i) \right]^{-1}, \quad i = \overline{0, 3}. \quad (11)$$

Учитывая стационарные распределения (3) – (7), можно показать, что интегралы, входящие в знаменатели дробей формул (11), преобразуются к следующему виду:

$$\begin{aligned} \int_{E \setminus E_0} \rho(de) P(e, E_0) &= \rho_{23}, \quad \int_{E \setminus E_1} \rho(de) P(e, E_1) = p\rho_{23}, \\ \int_{E \setminus E_2} \rho(de) P(e, E_2) &= q\rho_{23}, \quad \int_{E \setminus E_3} \rho(de) P(e, E_3) = \rho_{23}. \end{aligned}$$

Следовательно, стационарные времена пребывания системы в подмножествах состояний $E_i, i = \overline{0, 3}$, определяются формулами

$$\begin{aligned} T(E_0) &= M\beta \left[\int_0^\infty \hat{\psi}(t) H_g(t) dt + \int_0^\infty (pf(t) + q\phi(t)) H_g^{(1)}(t) dt \right] - pM\alpha - qM\gamma - M\sigma, \\ T(E_1) &= M\alpha, \quad T(E_2) = M\gamma, \quad T(E_3) = M\sigma. \end{aligned} \quad (12)$$

В случае, когда плотность СВ σ имеет вид $\psi(t) = \delta(t)$ (диагностика качества обслуживания не проводится) и с вероятностями $p = 1$ осуществляются их качественное обслуживание, характеристики системы (10) и (12) совпадают с найденными в работе [5].

Используя полученные результаты, выпишем стационарные характеристики частных СМО таких, как $M / M / 1 / 0$, $M / G / 1 / 0$, $E_2 / G / 1 / 0$ и $GI / M / 1 / 0$.

Система $M / M / 1 / 0$. Для данной СМО $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$, $g(t) = \mu e^{-\mu t}$, $\phi(t) = v e^{-v t}$,

$\psi(t) = \eta e^{-\eta t}$, $t \geq 0$. Формулы (10) и (12) принимают вид:

$$p_0 = \left[1 + \frac{\mu}{\eta} + p \frac{\mu}{\lambda} + q \frac{\mu}{v} \right]^{-1}, \quad p_1 = \left[1 + \frac{\lambda}{p\mu} + \frac{\lambda}{p\eta} + \frac{q}{p} \frac{\lambda}{v} \right]^{-1},$$

$$p_2 = \left[1 + \frac{v}{q\mu} + \frac{v}{q\eta} + \frac{pv}{q\lambda} \right]^{-1}, \quad p_3 = \left[1 + \frac{\eta}{\mu} + \frac{p\eta}{\lambda} + \frac{q\eta}{v} \right]^{-1},$$

$$T(E_0) = \frac{1}{\mu}, \quad T(E_1) = \frac{1}{\lambda}, \quad T(E_2) = \frac{1}{v}, \quad T(E_3) = \frac{1}{\eta}.$$

Система $M / G / 1 / 0$. Если $g(t) = \mu e^{-\mu t}$, $t \geq 0$, а СВ α , γ и σ имеют распределения общего вида, тогда

$$p_0 = [1 + \mu M\sigma + p\mu M\alpha + q\mu M\gamma]^{-1}, \quad p_1 = \frac{p\mu M\alpha}{1 + p\mu M\alpha + q\mu M\gamma + \mu M\sigma},$$

$$p_2 = \frac{q\mu M\gamma}{1 + p\mu M\alpha + q\mu M\gamma + \mu M\sigma}, \quad p_3 = \frac{\mu M\sigma}{1 + p\mu M\alpha + q\mu M\gamma + \mu M\sigma},$$

$$T(E_0) = \frac{1}{\mu}, \quad T(E_1) = M\alpha, \quad T(E_2) = M\gamma, \quad T(E_3) = M\sigma.$$

Система $E_2 / G / 1 / 0$. В случае, когда СВ β – время между поступлением заявок – имеет распределение Эрланга второго порядка: $g(t) = \mu^2 t e^{-\mu t}$, $t \geq 0$, а остальные СВ – распределения общего вида, характеристики (10) и (12) принимают вид:

$$p_0 = \frac{3 + \tilde{\psi}(2\mu) [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)]}{3 + \tilde{\psi}(2\mu) [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)] + 2\mu [M\sigma + pM\alpha + qM\gamma]},$$

$$p_1 = \frac{2\mu pM\alpha}{3 + \tilde{\psi}(2\mu) [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)] + 2\mu [M\sigma + pM\alpha + qM\gamma]},$$

$$p_2 = \frac{2\mu qM\gamma}{3 + \tilde{\psi}(2\mu) [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)] + 2\mu [M\sigma + pM\alpha + qM\gamma]},$$

$$p_3 = \frac{2\mu M\sigma}{3 + \tilde{\psi}(2\mu) [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)] + 2\mu [M\sigma + pM\alpha + qM\gamma]},$$

$$T(E_0) = \frac{3}{2\mu} + \frac{1}{2\mu} [p\tilde{f}(2\mu) + q\tilde{\phi}(2\mu)], T(E_1) = M\alpha, \quad T(E_2) = M\gamma, \quad T(E_3) = M\sigma,$$

где через $\tilde{\psi}(\cdot)$ обозначено изображение по Лапласу соответствующей функции-оригинала $\psi(\cdot)$: $\tilde{\psi}(z) = \int_0^{\infty} \psi(t) e^{-zt} dt$.

Система GI / M / 1 / 0. Для данной системы входящий поток заявок порождается СВ β с плотностью $g(t)$ общего вида, а плотности распределений остальных СВ имеют вид: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$, $\phi(t) = \nu e^{-\nu t}$, $\psi(t) = \eta e^{-\eta t}$, $t \geq 0$.

Вычислим функционалы, входящие в формулы для нахождения стационарных характеристик системы. Имеем

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} \psi(t) \hat{H}_g(t) dt &= 1 + \int_0^{\infty} \bar{\Psi}(t) h_g(t) dt = 1 + \int_0^{\infty} e^{-\eta t} h_g(t) dt = 1 + \tilde{h}_g(\eta), \\ \int_0^{\infty} f(t) H_g^{(1)}(t) dt &= \int_0^{\infty} \bar{F}(t) h_g^{(1)}(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} h_g^{(1)}(t) dt = \frac{\tilde{l}(\lambda)}{1 - \tilde{g}(\lambda)} = \\ &= \frac{\eta}{\eta - \lambda} \frac{\tilde{g}(\lambda) - \tilde{g}(\eta)}{(1 - \tilde{g}(\lambda))(1 - \tilde{g}(\eta))} = \frac{\eta}{\eta - \lambda} (\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)), \\ \int_0^{\infty} \phi(t) H_g^{(1)}(t) dt &= \int_0^{\infty} \bar{\Phi}(t) h_g^{(1)}(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\nu t} h_g^{(1)}(t) dt = \frac{\eta}{\eta - \nu} (\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)). \end{aligned}$$

Тогда стационарные характеристики системы определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} p_0 &= 1 - \frac{\frac{1}{\eta} + \frac{p}{\lambda} + \frac{q}{\nu}}{M\beta \left[1 + \tilde{h}_g(\eta) + \frac{p\eta}{\eta - \lambda} [\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)] + \frac{q\eta}{\eta - \nu} [\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)] \right]}, \\ p_1 &= \frac{\frac{p}{\lambda}}{M\beta \left[1 + \tilde{h}_g(\eta) + \frac{p\eta}{\eta - \lambda} [\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)] + \frac{q\eta}{\eta - \nu} [\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)] \right]}, \\ p_2 &= \frac{\frac{q}{\nu}}{M\beta \left[1 + \tilde{h}_g(\eta) + \frac{p\eta}{\eta - \lambda} [\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)] + \frac{q\eta}{\eta - \nu} [\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)] \right]}, \\ p_3 &= \frac{\frac{1}{\eta}}{M\beta \left[1 + \tilde{h}_g(\eta) + \frac{p\eta}{\eta - \lambda} [\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)] + \frac{q\eta}{\eta - \nu} [\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)] \right]}, \end{aligned}$$

$$T(E_0) = M\beta \left[1 + \tilde{h}_g(\eta) + \frac{p\eta}{\eta - \lambda} [\tilde{h}_g(\lambda) - \tilde{h}_g(\eta)] + \frac{q\eta}{\eta - \nu} [\tilde{h}_g(\nu) - \tilde{h}_g(\eta)] \right] - \frac{p}{\lambda} - \frac{q}{\nu} - \frac{1}{\eta}$$

$$, T(E_1) = \frac{1}{\lambda}, T(E_2) = \frac{1}{\nu}, T(E_3) = \frac{1}{\eta}.$$

Выводы. В данной работе построена полумарковская модель функционирования однолинейной системы обслуживания GI / G / 1 / 0 с потерями и контролем качества обслуживания. В случае некачественного обслуживания заявки она отправляется на повторное обслуживание. Использование при построении математической модели аппарата полумарковских процессов с общим фазовым пространством состояний позволило найти в явном виде такие стационарные характеристики системы, как финальные вероятности пребывания системы в состоянии ожидания заявки, в состоянии контроля качества обслуживания, в состояниях первичного и повторного обслуживания заявки; средние стационарные времена пребывания в данных состояниях. В качестве примеров выписаны формулы для определения стационарных характеристик для СМО с конкретными законами распределения случайных величин. В случае отсутствия контроля качества обслуживания и достоверном удовлетворительном качестве обслуживания заявок, найденные характеристики системы совпадают с ранее известными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.В. Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем / В.В. Анисимов, О.К. Закусило, В.С. Донченко. – К. : Вища шк., 1987. – 248 с.
2. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
3. Риордан Дж. Вероятностные системы обслуживания / Дж. Риордан. – М.: Связь, 1966. – 184 с.
4. Королюк В.С. Процессы марковского восстановления в задачах надежности систем / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. – Киев: Наук. думка, 1982. – 236 с.
5. Полумарковские модели восстанавливаемых систем и систем массового обслуживания / А.Н. Корлат, В.Н. Кузнецов, М.И. Новиков, А.Ф. Турбин. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 209 с.
6. Обжерин Ю.Е. Стационарные характеристики однолинейной системы обслуживания с одним местом для ожидания / Ю.Е. Обжерин, А.И. Песчанский // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 5. – С. 51–62.
7. Обжерин Ю.Е. Об однолинейной системе обслуживания с потерями и абсолютным приоритетом / Ю.Е. Обжерин, А.И. Песчанский // Автоматика и телемеханика. – 1990. – № 10. – С.107–115.
8. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.

А.И. Михалёв, В.И. Кузнецов, Н.Н. Ковалик, Г.Л. Теплякова
**ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО
АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМЕ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Аннотация. Рассмотрены концепция создания СППР на основе интеграции методов многокритериального анализа (МКА) и алгоритмы программной реализации процедур интеграции трёх наиболее широко применяемых методов МКА – метода анализа иерархий (МАИ), метода матрицы решений (ММР) и метода взвешенных сумм (МВС).

Ключевые слова: СППР, интеграция МКА, МАИ, ММР и МВС, диагностика

Введение

Методы системного анализа, в частности, методы многокритериального сравнительного анализа (анализа решений), обладают большой общностью, что позволяет использовать их для решения задач в организационной, финансовой, технической, медицинской сфере, а также в сфере обучения [5]. Это, прежде всего, задачи многокритериального ранжирования (составление рейтингов, классификация), оценивания кредитоспособности, оценки рисков проектов, многокритериального выбора лучшей альтернативы, распределения ресурсов, проектирования сложных систем по количественным и качественным критериям, медицинской и технической диагностики [6]. Эти методы, в свою очередь, позволяют объединить при решении сложных проблем детерминированные и статистические модели с экспертными оценками, учитывать, при этом: знания, предпочтения и «неосязаемые ресурсы» участников. В частности, они позволяют свести многокритериальную оптимизацию к скалярной и, соответственно, не ограничиться нахождением множества Парето-оптимальных решений, а получить однозначный ответ [9].

Классификация и характеристика методов анализа решений приведены во многих книгах, например, в [1,7,8]. В [8] приведена структурная схема проблем и методов принятия решений. Отметим

лишь, что эти методы делятся на количественные и вербальные. Количественные (именно они входят в библиотеку методов учебной СППР) в свою очередь делятся на методы аксиоматические, прямые, компенсации, порогов несравнимости, интерактивные («человеко-машинные») и методы анализа иерархий и сетей [1,3].

Многокритериальный анализ позволяет учесть количественные и качественные факторы влияния, объективные и экспертные оценки, статистику и индивидуальные особенности на основе анализа влияний и взаимосвязей в сложных системах. Особенно важно, что методы многокритериального анализа позволяют интегрировать, объединить результаты, полученные с использованием других подходов. Например, перспективно применение методов многокритериального анализа в актуальной проблеме диагностики.

Сферы применения методов многокритериального анализа в диагностике:

1. Определение наиболее вероятного диагноза в объединении экспертных знаний со статистическими данными.
2. Определение лучших методов: лечения болезни – в медицине, усовершенствования технологических процессов, управления качеством – в технологиях.
3. Решение задач диагностики при недостаточной статистике и в ситуации уникального выбора.

Основная часть

На кафедре информационных технологий и систем НМетАУ разработано информационное и методическое обеспечение дисциплин «Системный анализ и проектирование компьютерных информационных систем» и «Системный анализ информационных процессов». В статье приводится обзор сделанного по системе поддержки принятия решений (СППР), ведётся разработка обучающей системы поддержки принятия решений (ОСППР), обсуждаются перспективы её развития.

К настоящему времени в ОСППР программно реализованы следующие методы:

1. Метод анализа иерархий.
2. Метод анализа иерархий, работающий с нечёткими числами.
3. Метод взвешенных сумм;
4. Метод взвешенных сумм, работающий с нечёткими числами.

5. Метод ранжирования весов критериев.
6. Метод матрицы решений.
7. Метод анализа сетей (случай доминантных иерархий).

Программируется метод анализа сетей для «сложных» иерархий – с горизонтальными и обратными связями общего вида для учебных целей и практических задач. Например, для задачи динамической диагностики.

С использованием разработанных программных модулей решены следующие задачи:

1. Оценка рисков комплексных проектов методом анализа иерархий на основе концепции тактического выбора.
2. Аппликационный скоринг потенциальных кредитополучателей на основе объединения метода анализа иерархий и метода взвешенных сумм.
3. Распределение дискретного ресурса на основе объединения метода анализа иерархий и задачи целочисленного линейного программирования.

Интеграция многокритериальных методов

Сложные системные задачи могут потребовать одновременного использования нескольких методов, что потребует применения одного из двух возможных подходов:

- 1) создание в составе системы поддержки принятия решений (СППР) библиотеки методов с блоком адаптивного выбора метода для решения конкретной задачи;
- 2) разработка нового метода, ассоциативно объединяющего несколько методов многокритериального анализа (МКА), с последующим его включением в библиотеку методов СППР.

Рассмотрим концепцию и алгоритм объединения трёх наиболее широко применяемых методов МКА – метода анализа иерархий (МАИ), метода матрицы решений (ММР) и метода взвешенных сумм (МВС).

Метод анализа иерархий (МАИ) и метод, представляющий его дальнейшее развитие – метод анализа сетей (МАС), предназначены для ответственных задач многокритериального ранжирования и выбора, а также и для более сложных задач, основанных на ранжировании и выборе. Метод анализа сетей (МАС) позволяет исследовать влияния в иерархиях с горизонтальными и обратными связями и в

сетевых структурах. Примеры использования этих методов в самых разных сферах приведены, например, в книге [3]. Недостатком МАИ является сравнительно малое число критериев (не более 7-10), при которых метод устойчиво работает.

Примеры использования этих методов (МАИ и МАС) в самых разных сферах приведены, например, в книге [3].

Метод взвешенных сумм (МВС) позволяет работать с большим количеством критериев сложной иерархической структуры (Рис.1) и большим количеством сравниваемых объектов. В этой связи он в основном используется для составления рейтингов и классификации объектов [1,7]. Метод неустойчив и подвержен манипулированию. Основная проблема метода – согласованное определение весов критериев (эта проблема хорошо решается в МАИ/МАС).

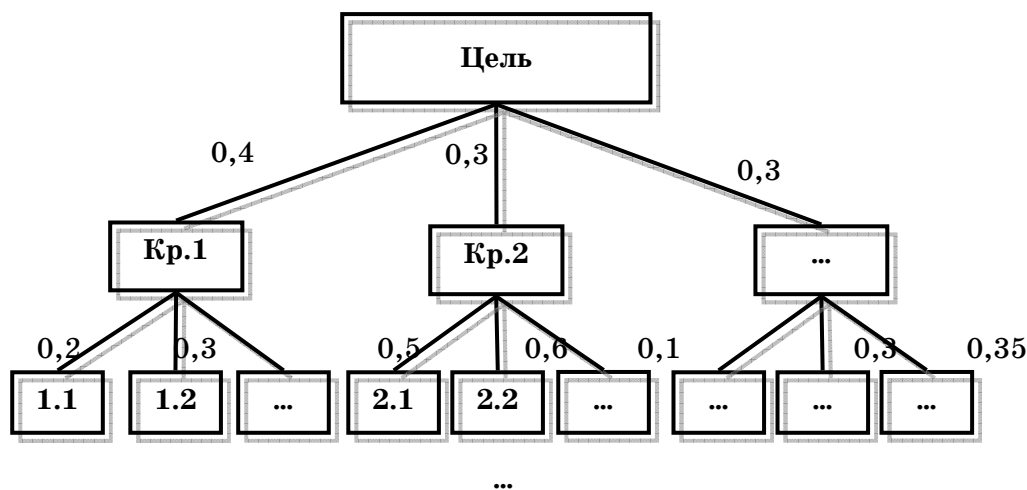


Рисунок 1

Эти два метода (МАИ и МВС) будут весьма эффективны в широком диапазоне критериев и для различных задач.

Интеграция (объединение) МАИ и МВС, предлагаемое в работе, достаточно очевидно, т.к. критерии в МАИ и МВС – это факторы, важные для решения проблемы: веса критериев на каждом уровне (ветви) древовидной иерархической структуры метода взвешенных сумм предлагается определять с использованием матриц парных сравнений МАИ.

Метод матрицы решений позволяет учитывать так называемые «варианты внешних условий», относящиеся к прогнозируемому бу-

дущему [4, 9]. В этом методе критериями называются правила выбора лучшей альтернативы. То есть термин «критерий» здесь имеет смысл, который существенно отличается от смысла термина «критерий» в МАИ/МАС и МВС. В методе матрицы решений критерий – это формула или алгоритм. Разработан ряд таких критериев. Это критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Лапласа, Байеса-Лапласа, Ходжа-Леманна, Гермейера и другие [1, 4, 6, 8]. Задача выбора лучшего для конкретной задачи критерия представляет самостоятельную проблему.

С точки зрения теории, да и практических приложений, более интересно рассмотреть объединение МАИ и ММР.

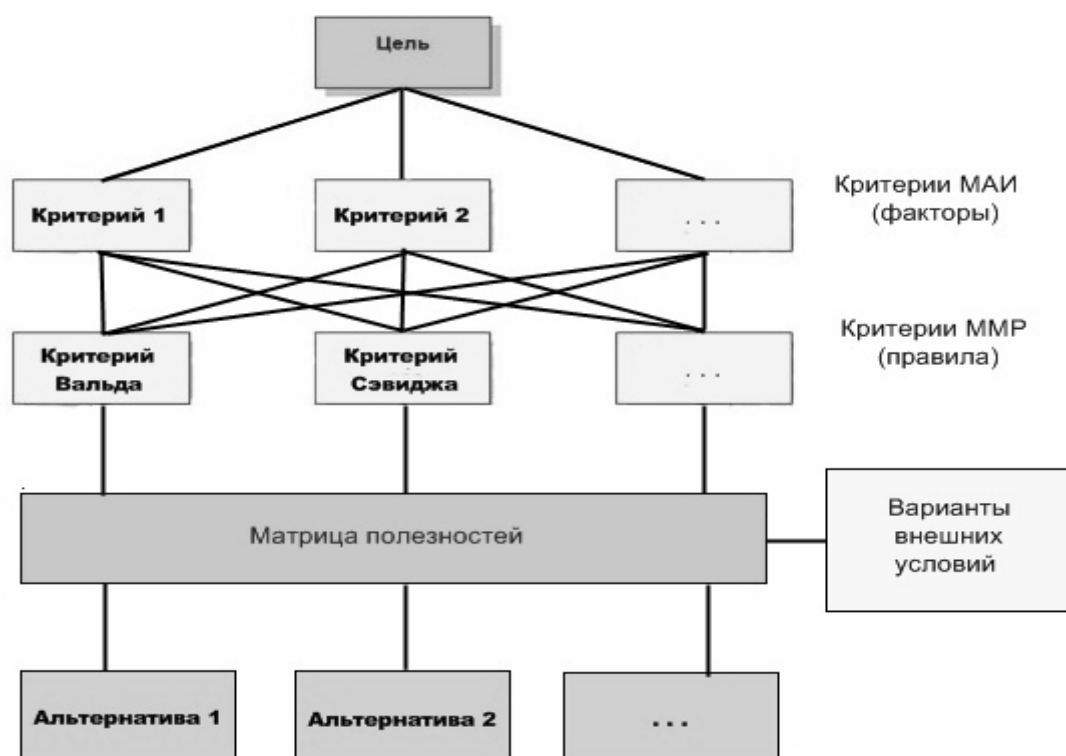


Рисунок 2

Авторами разработана алгоритмическая процедура объединения, включающая следующие этапы:

1. Из библиотеки критериев ММР формируется набор критериев (исходя из целей исследования, существа проблемы и доступных исходных данных). Критериев ММР должно быть не менее двух, исходя из ограничений МАИ – не более 7...10.

2. При нескольких (2...10) критериях МАИ рассчитываются приоритеты этих критериев в соответствии с общей целью. Критерии могут иметь двухуровневую структуру: комплексные – частные. Затем методом анализа иерархий определяются приоритеты критериев ММР по критериям МАИ. Используется шкала Т. Л. Саати 1-9.

3. Формируется матрица решений: набор рассматриваемых альтернатив A_i , набор вариантов внешних условий V_j ; вероятности наступления V_j , параметры риска и доверия (для соответствующих критериев при наличии информации).

4. Рассчитывается по методикам (или оценивается экспертно) матрица полезностей $\|u_{ij}\|_{m \times n}$, где m – число альтернатив, n – число вариантов внешних условий.

5. Рассчитываются обобщённые полезности u_i альтернатив A_i для всех выбранных критериев. Обобщённые полезности – это все действия в критерии ММР, относящиеся к строке i . Все, кроме последнего, – выбора лучшей обобщённой полезности (между строками).

6. Альтернативы сравниваются методом анализа иерархий попарно в шкале отношений по каждому из выбранных критериев ММР. Рассчитываются локальные приоритеты матриц парных сравнений альтернатив по критериям ММР.

7. Методом анализа иерархий синтезируются глобальные приоритеты альтернатив.

8. Глобальные приоритеты альтернатив – это решение задачи, позволяющее выбрать лучшую альтернативу по совокупности критериев ММР с использованием матрицы внешних условий. При необходимости это решение может быть сравнено с выбранными критериями ММР.

При наличии в структуре проблемы зависимостей и обратных связей вместо метода анализа иерархий (МАИ) следует использовать метод анализа сетей (МАС).

Пример работы алгоритма

I. Постановка задачи

Цель: определить оптимальную величину закупаемого сырья, при минимизации затрат и максимизации прибыли.

Критерии:

1. Размер издержек, связанных со складированием этого сырья (К1)
2. Расходы, связанные с размещением заказа на приобретаемое сырьё (К2)

Альтернативы:

1. Закупить минимально необходимый объём сырья (на 1 оборотный цикл) – A1
2. Закупить сырьё на 2 оборотных цикла – A2
3. Закупить сырьё на 4 оборотных цикла – A3

Варианты внешних условий:

1. Цена на сырьё упадёт – B1
2. Цена на сырьё не изменится – B2
3. Цена на сырьё вырастет – B3

II. Решение

1. Матрица полезностей

	B1	B2	B3
A1	115	90	65
A2	50	91	145
A3	20	92	175
Pj	0,10	0,30	0,60

2. Критерии ММР (критерии, учитывающие вероятности наступления вариантов внешних условий):

1) Критерий Байеса — Лапласа (BL)

$$u = \max_i \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} p_j \right)$$

2) Критерий Ходжа – Лемана (HL) (при

$$v = 0,6) \quad u = \max_i \left(v \sum_{j=1}^n u_{ij} p_j + (1-v) \min_j u_{ij} \right)$$

3) Критерий Гермейера (G)

$$u = \max_i \min_j u_{ij} p_j$$

3. Рассчитаем приоритеты критериев К1 и К2 (МАИ):

	К1	К2	$\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$	N_i
К1	1,00	3,00	1,73	0,75
К2	0,33	1,00	0,58	0,25

4. Рассчитаем методом анализа иерархий приоритеты критериев ММР по критериям К1 и К2:

1) МПС критериев ММР по К1

	BL	HL	G	$\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$	N_i
BL	1,00	0,50	2,00	1,00	0,29
HL	2,00	1,00	4,00	2,00	0,57
G	0,50	0,25	1,00	0,50	0,14

2) МПС критериев ММР по К2

	BL	HL	G	$\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$	N_i
BL	1,00	2,00	4,00	2,00	0,57
HL	0,50	1,00	2,00	1,00	0,29
G	0,25	0,50	1,00	0,50	0,14

3) Найдём приоритеты критериев ММР:

$$\text{Пр.}(BL) = 0,75 \times 0,29 + 0,25 \times 0,57 = 0,36$$

$$\text{Пр.}(HL) = 0,75 \times 0,57 + 0,25 \times 0,29 = 0,5$$

$$\text{Пр.}(G) = 0,75 \times 0,14 + 0,25 \times 0,14 = 0,14$$

5. Рассчитаем обобщённые полезности альтернатив А1 – А3 для всех выбранных критериев ММР:

	B1	B2	B3	BL	HL	G
A1	115	90	65	77,50	72,50	11,50
A2	50	91	145	119,30	91,58	5,00
A3	20	92	175	134,60	88,76	2,00
p _j	0,10	0,30	0,60			

$$u_i(BL) = \sum_{j=1}^n u_{ij} p_j$$

$$u_i(HL) = v \sum_{j=1}^n u_{ij} p_j + (1-v) \min_j u_{ij}$$

$$u_i(G) = \min_j u_{ij} p_j$$

6. Сравниваем

альтернативы методом анализа иерархий попарно в шкале отношений по каждому из выбранных критериев ММР:

1) МПС по критерию Байеса – Лапласа (BL)

	A1	A2	A3	$\sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 a_{ij}}$	N _i
A1	1	77,5/119,3	77,5/134,6	0,72	0,23
A2	119,3/77,5	1	119,3/134,6	1,11	0,36
A3	134,6/77,5	134,6/119,3	1	1,25	0,41

2) МПС по критерию Ходжа – Лемана (HL)

	A1	A2	A3	$\sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 a_{ij}}$	N _i
A1	1	72,5/91,58	72,5/88,76	0,86	0,29
A2	91,58/72,5	1	91,58/88,76	1,09	0,36
A3	88,76/72,5	88,76/91,58	1	1,06	0,35

3) МПС по критерию Гермейера (G)

	A1	A2	A3	$\sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 a_{ij}}$	N _i
A1	1	11,5/5	11,5/2	2,36	0,62
A2	5/11,5	1	5/2	1,03	0,27
A3	2/11,5	2/5	1	0,41	0,11

7. Методом анализа иерархий синтезируем глобальные приоритеты альтернатив:

$$\text{Гл. Пр. (A1)} = 0,36 \times 0,23 + 0,5 \times 0,29 + 0,14 \times 0,62 = 0,316$$

$$\text{Гл. Пр. (A2)} = 0,36 \times 0,36 + 0,5 \times 0,36 + 0,14 \times 0,27 = 0,348$$

$$\text{Гл. Пр. (A3)} = 0,36 \times 0,41 + 0,5 \times 0,35 + 0,14 \times 0,11 = 0,336$$

III. Вывод:

Альтернатива №2 (закупка сырья объёмом на 2 цикла) является оптимальным вариантом.

Но, если проанализировать результаты по критериям ММР в отдельности, то можно увидеть, что каждый из этих критериев даёт разный результат. Таким образом, если бы приоритеты критериев

ММР имели иные значения, то в результате оптимальным вариантом могла бы оказаться другая альтернатива.

Многокритериальный подход к проблеме диагностики

Т.Л. Саати разработал многокритериальный подход, основанный на методе анализа сетей (МАС) [3].

Подход к диагностике, разработанный Т.Л. Саати базируется на его же методах: анализа иерархий и анализа сетей. Он включает две задачи:

1) определение вероятности диагнозов (D), рассматриваемых как альтернативы по совокупности симптомов (S);

2) выбор метода (методов) лечения (A) из множества альтернативных методов.

Как видно – это многокритериальная методология. Отметим, что в своей теоретической основе не базируется явно на понятии условной вероятности и статистике (как байесовский подход), но позволяет объединить данные статистики с экспертными оценками индивидуальных особенностей рассматриваемой проблемы. Это особенно ценно для управления качеством.

В этом многокритериальном подходе экспертные суждения по схеме парных сравнений МАИ заменяют и (или) дополняют условные вероятности. Если же условные вероятности известны и надёжны, то они могут использоваться вместо суждений в матрицах парных сравнений.

Т.Л. Саати доказал, что при отсутствии зависимостей между признаками (симптомами), приоритеты в предельной суперматрице совпадают с результатами вычислений по формуле Байеса в матричной форме. Но при наличии горизонтальных и обратных зависимостей теорема Байеса не даёт корректных ответов в диагностике.

Методология МАИ/МАС позволяет уйти от комбинаторных проблем с огромным числом сочетаний признаков. В практическом плане этот подход представляет собой компромисс между байесовским подходом, требующим для диагностики статистических данных и

«субъективным» экспертным подходом, когда специалисты используют информацию из различных источников, личный опыт и знания, эксперимент и статистику.

Авторами разработана сетевая модель динамической диагностики, развивающая подход Т.Л. Саати. Учитывается, что в процессе лечения (устранения технологической проблемы) и диагностики (D) и симптомы (S) зависят от альтернативных методов лечения (A): симптомы после применения выбранного метода меняются, диагнозы уточняются.

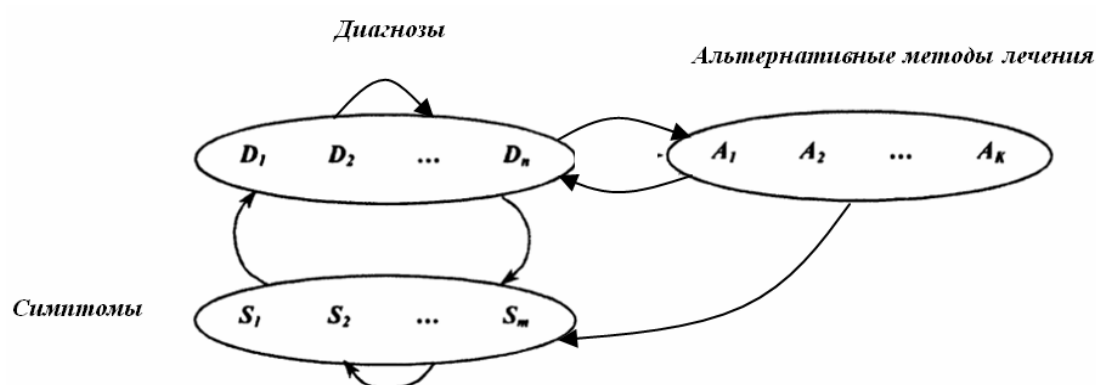


Рисунок 3 - «Схема динамической диагностики»

Компонент		Диагнозы			Симптомы		Альтернативы	
	Блок (узел)	d1	d2	d3	s1	s2	A ₁	A ₂
Диагнозы	d1	0,200	0,143	0,250	0,333	0,250	0,200	0,300
	d2	0,648	0,200	0,167	0,167	0,143	0,500	0,200
	d3	0,152	0,657	0,583	0,500	0,607	0,300	0,500
Симптомы	s1	0,900	0,833	0,166	0,100	0,500	0,333	0,125
	s2	0,100	0,167	0,834	0,900	0,500	0,667	0,875
Альтернативы	A ₁	0,143	0,200	0,111	0,000	0,000	0,000	0,000
	A ₂	0,857	0,800	0,889	0,000	0,000	0,000	0,000

Рисунок 4 - «Пример суперматрицы динамической диагностики»

В свою очередь сами методы зависят от изменяющихся симптомов и диагнозов: происходит расширение-сжатие множества альтернативных методов. Образуется обратная связь адаптивного управления на основе многокритериального анализа: диаграммы причин и результатов позволяют определить структуру влияний, в то время как диаграммы Парето позволяют выявить ведущие факторы, а метод анализа сетей количественно оценить интенсивности влияний, выбрать лучшую технологию. При многоходовом выборе методы МАИ и МАС могут быть дополнены деревом решений, характеристики которого определяются на основе статистики и многокритериального анализа методами МАИ и МАС.

Выводы

Предлагаемая комплексная методология интеграции МКА на основе разработанных алгоритмов многокритериальной диагностики реализуется в виде системы поддержки принятия решений (СППР) для решения практических и учебных задач.

Перспективно развитие исследований по следующим направлениям, работа над которыми ведется: пополнение библиотеки СППР методами, как известными по публикациям, так оригинальными, разработанными авторами; дальнейшее развитие комбинированного метода МАИ/МАС + ММР + МВС. В направлении прикладных задач - такие задачи, как многокритериальная оценка эффективности проектов на основе метода анализа иерархий: методология ВОСР + инвестиционное проектирование (ВОС) + тактический выбор (R); многокритериальная диагностика на основе метода анализа сетей.

Проводятся также исследования, направленные на интеграцию в единой программной среде многокритериальных методов и методов нечёткого вывода. Накоплен теоретический потенциал для создания веб-контента ОСППР с учебной литературой, методическими указаниями, примерами и т.п. Проводится улучшение интерфейса и расширение возможностей по визуализации результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987.
2. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979. – 200 с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
4. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
5. Катренко А.В. Системний аналіз: Підручник. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2009. – 396 с.
6. Сорока К.О. Основы теорії систем і системного аналізу: Навч. посібник. – Х.: Тимченко, 2005. – 288 с.
7. Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций: Учебное пособие / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 4-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 216 с.
8. Коваленко И.И., Гожий А.П. Системные технологии генерации и анализа сценариев: Монография. – Николаев: Изд-во НГТУ им. Петра Могила, 2006. – 160с.
9. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив : учебное пособие. – СПб.: Изд.-во «Лань», 2009. – 272с.

Н.Р. Куклич

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ, АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ ТЕКСТОВИХ КОЛЕКЦІЙ

Аннотация. В данной статье рассматривается предложенное средство для борьбы с плагиатом в научных и учебных работах. Оно представляет собой Desktop-приложение реализованное на языке Java. При создании этой программы были проанализированы существующие алгоритмы поиска общих подстрок и, на основе исследований, выбраны наиболее эффективные для поставленной задачи. Подробно рассмотрены реализованные в данном программном средстве алгоритмы: Алгоритм Шинглов и Наивный Алгоритм. Проведено сравнение выбранных алгоритмов с остальными и между собой по критериям скорости, точности, эффективности при обработке больших и малых объемов данных, производительности при анализе текстов с преобладающим количеством плагиата и с преобладающим количеством уникального текста.

Ключевые слова: Плагиат, общие подстроки, Алгоритм Шинглов, Наивный Алгоритм

Постановка задачи. Детально изучить существующие алгоритмы, сравнить их по критериям скорости, точности и количества потребляемых ресурсов. Проанализировать значения рассматриваемых критериев при заданных условия поиска: анализ документа при сравнении с большой базой данных, анализ документа при сравнении с малой базой данных, анализ документа при сравнении с идентичными работами, анализ документа при сравнении с непохожими работами. Определить самые точные, быстрые и наиболее соответствующие поставленной задаче алгоритмы. Реализовать их в виде удобного инструмента анализа текста.

Цель. Разработать систему поиска плагиата в виде приложения с удобным интерфейсом и всей необходимой функциональностью, используя наиболее эффективные алгоритмы.

Введение. Как известно, плагиат это умышленное присвоение авторства чужого произведения науки или искусства, или изобре-

ния, использование его или его части под своим именем без указания источника заимствования. Плагиат является нарушением авторского и изобретательского права и влечёт за собой ответственность. Как правило, плагиат предполагает публикацию чужого произведения под своим именем. Сегодня, когда вопросам авторского права уделяется большое внимание, дословное изложение чужого текста среди аспирантов встречается крайне редко в отличие от их младших коллег, студентов. В основном, аспиранты в своих научных работах используют перефразированные чужие работы.

В данной работе мы касаемся одной из основных проблем современного образования – плагиата. В последнее время именно плагиат составляет основную часть, так называемой, самостоятельной работы студента, тем самым заменяя собой получаемые практические навыки, способность самостоятельно мыслить и принимать решения, проводить исследования и многое другое. В связи с этим стала острая необходимость применения средств, которые сделают возможным за приемлемое время определить преподавателю, что работа студента скопирована.

Таким средством может являться программное обеспечение, работающее с документами, в которых сдаются работы студентов. Приложение должно быстро, адекватно, наглядно и, по возможности, точно определять количество скопированного текста в работе.

Для борьбы с плагиатом было изобретено множество алгоритмов. Среди них: Алгоритм Рабина — Карпа, Алгоритм Кнута — Морриса — Пратта, Алгоритм Бойера — Мура, Алгоритм Шинглов, Наивный Алгоритм и многие другие. Они используются в разных сферах, связанных со сравнением символьных последовательностей. Некоторые алгоритмы были использованы при создании популярных программ и сервисов сравнения текстов. У каждого алгоритма есть свои особенности, преимущества и недостатки.

Необходимо проанализировать известные алгоритмы анализа текста на схожесть, исследовать их на скорость и адекватность выполнения поставленной задачи и, как следствие, определить наиболее подходящий для нашей задачи.

В результате этого исследования будет разработана программа с реализацией двух отобранных алгоритма поиска плагиата. Эта про-

грамма способна оценить работу студента и сообщить преподавателю вывод о ее уникальности.

Используемые алгоритмы:

1. Алгоритм Шинглов. Предком данного алгоритма считается алгоритм manber1994, предложенный Уди Манбером (Udi Manber) в 1994 году. Андрей Бродер (Andrei Broder) в 1997 году дал окончательное название и довел до ума Алгоритм Шинглов. Название произошло от английского слова shingles — «черепички, чешуйки». При рассмотрении принципа его работы станет ясным, почему выбрано именно это название.

Разберем подробно данный алгоритм. Предположим, что имеется два текста, схожесть которых нам нужно проверить. Каждый из этих текстов проходит все стадии алгоритма. Реализация алгоритма подразумевает несколько этапов:

- токенизация текстов;
- разбиение текста на шинглы;
- нахождение контрольных сумм;
- поиск одинаковых подпоследовательностей.

После завершения работы Алгоритма Шинглов наступает завершающий этап программы – это расчет процентного показателя плагиата работы студента.

Токенизация текста — распознавание токенов (слов) в тексте. Примечание: данная программа не проверяет грамматику текста, а, следовательно, считает словом любую последовательность символов отделенную от остального текста символом-разделителем. Теперь, когда в тексте выделены токены, есть возможность дополнительной обработки текста. Можно избавиться от лишних слов, знаков, и даже целых предложений по необходимости.

Приведение текста к единой канонической форме не ограничено действиями, которые описаны на данном этапе. Можно, например, каждое из существительных приводить к единственному числу, именительному падежу и т.д., для этого нужно подключать морфологические анализаторы русского языка (или других языков, где необходимы эти действия).

Следующий этап — разбиение текста на шинглы. Каждый из текстов разбивается на подпоследовательности с определенным количеством слов. Шинглы представляют собой последовательности с оди-

наковым количеством токенов, идущих внахлест. При длине 4 первый шингл будет последовательностью с первого по четвертый слово, второй – со второго по пятое слово и т.д.

Когда тексты разбиты на шинглы можно приступать к поиску контрольных сумм. Именно по контрольным суммам шинглов будет вестись сравнение, так как сравнение чисел занимает меньше время, чем сравнение строк. После сравнения количество совпадений делится на общее количество сравнений и определяется коэффициент плагиата с незначительной погрешностью.

2. Наивный Алгоритм. Принцип работы данного алгоритма – поиск наибольших общих подстрок, а также нахождение наибольшей общей подстроки. Которой является подстрока двух или более строк, имеющая максимальную длину. Формально, наибольшей общей подстрокой строк $s_1, s_2, \dots, s_n$ называется строка w^* , которая удовлетворяет условию $\|w^*\| = \max(\{\|w\| \mid w \sqsubseteq s_i, i = 1, \dots, n\})$, операция $w \sqsubseteq s_i$ обозначает что строка w является (возможно несобственной) подстрокой строки s_i .

Решение задачи поиска наибольшей общей подстроки для двух строк s_1 и s_2 , длины которых m и n соответственно, заключается в заполнении таблицы A_{ij} размером $(m+1) \times (n+1)$ по следующему правилу, принимая, что символы в строке нумеруются от единицы.

$$\begin{cases} A_{0j} = 0, & j = 0 \dots n, \\ A_{i0} = 0, & i = 0 \dots m, \\ A_{ij} = 0, & s_1[i] \neq s_2[j], i \neq 0, j \neq 0, \\ A_{ij} = A_{i-1j-1} + 1, & s_1[i] = s_2[j], i \neq 0, j \neq 0. \end{cases}$$

Максимальное число A_{uv} в таблице это и есть длина наибольшей общей подстроки, сама подстрока: $s_1[u - A_{uv} + 1] \dots s_1[u]$ и $s_2[v - A_{uv} + 1] \dots s_2[v]$.

3. Вывод: Выбранные алгоритмы наиболее подходящие для решения поставленной задачи. Их результаты при оценке критерия скорость в разы лучше других исследуемых алгоритмов, это объясняется линейностью проводимого поиска. В отличие от других алгоритмов, где поиск общих подстрок сводится к поиску множественного шаблона в строке, Алгоритм Шинглов и Наивный Алгоритм проходят по каждой последовательности лишь однажды.

При сравнении алгоритмов между собой по критерию скорости Алгоритм Шинглов показал значительно лучшие результаты. Наивный Алгоритм опережает Алгоритм Шинглов по критерию точность, так как ошибка при оценке отношения скопированного текста к уникальному у него отсутствует. В то время как ошибка при оценке с помощью Алгоритма Шинглов всегда присутствует и возрастает прямо пропорционально длине шингла но, остается незначительной для поставленной задачи.

Описание системы. Система представляет Java Desktop приложение, установленное на машине со свободным доступом к базе данных научных работ.

Функции программы:

- Извлечение чистого текста из файлов MS Word;
- Вывод информации о документе (кол-во символов, слов, рисунков);
- Сравнение конкретной работы с базой данных работ с помощью алгоритма шинглов;
- Сравнение конкретной работы с базой данных работ с помощью Наивного алгоритма;
- Сравнение конкретной работы с базой данных работ с помощью Алгоритма DIFF;
- Вывод рассчитанного коэффициента общего количества плагиата конкретной работы;
- Вывод рассчитанного коэффициента количества плагиата для каждой работы из базы данных;
- Вывод ссылок на документы, с которыми производилось сравнение с возможностью быстрого доступа к их содержимому;
- Выделение плагиата в работе и в источнике;
- Поиск работы с наибольшим количеством общего с нашей работой текста;

Интерфейс программы реализован в соответствии со стандартом. Он простой, не нагружен излишней настройкой опций поиска и имеет понятное название и размещение элементов.

Интерфейс содержит:

- Текстовое поле, для указания размещения анализируемого документа;

- Текстовое поле, для указания размещения базы данных документов, с которыми будет проводиться сравнение;
- Кнопку-переключатель между Алгоритмом Шинглов и Наивным Алгоритмом;
- Поле ввода параметра поиска (размер шингла для Алгоритма Шинглов и длина наименьшей последовательности для Наивного Алгоритма);
- Кнопку для запуска сравнения текстов;
- Поле вывода списка файлов, с которыми было проведено сравнение;
- Поле вывода анализируемого документа;
- Поле вывода определенной работы из базы данных;
- Кнопку для запуска функции выделения неunikального текста;
- Кнопку для запуска функции вывода в поле для работ из базы данных наиболее похожей работы.

Реализованное программное средство не требует никакого учебного пособия, так как интуитивно понятно. Сравнение происходит быстро и не требует больших затрат ресурсов. Все это облегчит его внедрение в учебный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статья об Алгоритме Шинглов [электронный ресурс]: <http://www.codeisart.ru/python-shingles-algorithm/>
2. Статья о Наивном Алгоритме [электронный ресурс]: http://ru.wikipedia.org/wiki/Наибольшая_общая_подстрока
3. Steven John Metsker, Mark W. Mitchell. Building Parsers with Java. [Текст] /— В.: Издательство—Addison Wesley, 2005. — 784 с.
4. Кормен Т., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] /— 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006. — С. 1296.
5. Машечкин И. В., Петровский М. А. Методы анализа текстов. [Текст] // Московский государственный университет им. Ломоносова. — М.: «Анализ данных», 2004. — 364 с.
6. Круглински Д. И., Уингоу С. Дж. Программирование на Java для профессионалов. [Текст] /— М.: Издательство—торговый дом «Русская Редакция», 2004. — 861 с.
7. Эллис М. А. Справочное руководство по языку Java. [Текст] /— Москва: Мир, 1992. — 445 с.

Р.В. Кирия

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСРЕДНЯЮЩЕГО БУНКЕРА В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Анотация. На основе теории непрерывных марковских процессов разработана математическая модель функционирования усредняющих бункеров конвейерного транспорта угольных шахт. Определена минимальная производительность разгрузки бункера в режиме поддержания в нем защитного слоя груза. Результаты теоретических исследований сравнивались с результатами имитационного моделирования.

Ключевые слова: усредняющий бункер, математическая модель, функционирование ленточный конвейер угольной шахты

В работе подземного конвейерного транспорта угольных шахт важную роль играют усредняющие бункеры. Усредняющие бункеры обычно оборудуются в участковых выработках, особенно в местах перегрузки забойных грузопотоков на сборные конвейеры.

С целью предотвращения разрушения горнотранспортного оборудования вследствие падения крупных кусков груза в бункере необходимо поддерживать защитный слой груза. Для этого необходимо в зависимости от параметров поступающего грузопотока, вместимости бункера и объема защитного слоя груза определить необходимую производительность разгрузки.

В случае работы бункера в режиме поддержания защитного слоя разгружаемый из бункера грузопоток выключается, если количество груза в бункере достигает минимального значения защитного слоя груза V_1 (м³), и включается, если количество груза в бункере достигает максимального значения защитного слоя груза V_2 (м³). При этом загружаемый в бункер грузопоток не выключается, если количество груза в бункере достигает максимального или минимального значения защитного слоя груза [1].

Результаты имитационного моделирования этого режима показали [1], что в случае, когда средняя производительность поступающего грузопотока m_Q больше либо равна производительности разгрузки Q_n ($m_Q \geq Q_n$), объем груза в бункере неограниченно увеличивается, соответственно нет необходимости поддержания защитного слоя груза. Если же $m_Q < Q_n$, то среднее количество груза в бункере представляет конечное значение, которое зависит от параметров поступающего грузопотока и значений минимального и максимального объемов груза в бункере.

Следовательно, для поддержания защитного слоя груза в бункере необходимо чтобы производительность разгрузки бункера была больше средней производительности поступающего в него грузопотока, т.е. $Q_n > m_Q$.

В этом случае для определения зависимости среднего количества груза в бункере от параметров загружаемого и разгружаемого грузопотоков необходимо иметь математическую модель функционирования усредняющего бункера в режиме поддержания защитного слоя.

Наиболее широкое распространение получил способ разгрузки бункера с помощью питателя, в этом случае производительность разгрузки может регулироваться путем изменения скорости питателя или изменения размеров выпускного отверстия (рис. 1).

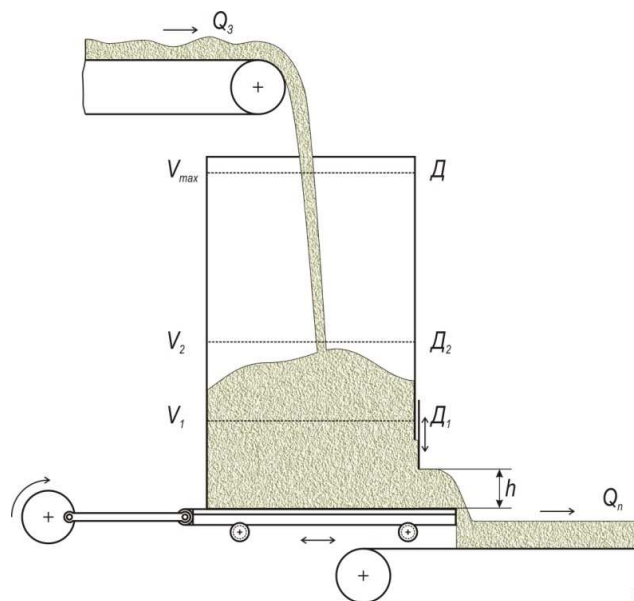


Рисунок 1 - Расчетная схема функционирования усредняющего бункера в режиме поддержания защитного слоя груза с помощью питателя

Для поддержания защитного слоя груза необходимо знать, при каком значении Q_n объем груза в бункере будет минимальным. Для этого необходимо иметь математическую модель количества груза в бункере, т.е. математическую модель функционирования бункера.

Целью статьи является разработка математической модели функционирования усредняющего бункера в режиме поддержания в нем защитного слоя груза $Q_n > m_Q$.

Задачей исследования является определение средней минимальной производительности разгружаемого из бункера грузопотока, работающего в режиме поддержания защитного слоя груза (см. рис. 1).

Для разработки математической модели функционирования усредняющего бункера предположим, что поступающий в бункер минутный грузопоток представляет собой случайный нормальный марковский процесс с математическим ожиданием m_Q (т/мин), средним квадратическим отклонением σ_Q (т/мин) и корреляционной функцией, равной [2]

$$R_Q(\tau) = \sigma_Q^2 e^{-\alpha\tau},$$

где α – параметр корреляционной функции.

Разгружаемый из бункера грузопоток имеет постоянное значение Q_n (т/мин), равное минутной производительности питателя или производительности свободного истечения сыпучего груза из бункера с регулируемой заслонкой.

Процесс функционирования бункера при поддержании защитного слоя, согласно [3], является двумерным нормальным марковским процессом, представленным системой уравнений:

$$\begin{cases} \gamma \frac{dV}{dt} = Q(t) - Q_n; \\ \frac{dQ}{dt} + \alpha Q(t) = \sigma_Q \sqrt{2\alpha} \zeta(t) + \alpha m_Q, \end{cases} \quad (1)$$

где $M[Q(t)] = m_Q$; $D[Q(t)] = \sigma_Q^2$.

Здесь $V(t)$ – количество груза в бункере в момент времени t , м³; $Q(t)$ – минутный грузопоток, поступающий в бункер, т/мин; $\zeta(t)$ – белый шум, т.е. случайная функция с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной дельта-функции $\delta(t)$ [3]; γ – объемный вес материала, т/м³.

При этом, если разгрузочное устройство работает, то в уравнении (1) $Q_n > 0$, если разгрузочное устройство не работает, то в уравнении (1) $Q_n = 0$.

Уравнения (1) должны удовлетворять начальным и граничным условиям:

- начальные условия:

при $t = 0$ $Q(0) = Q_0$; $V(0) = V_1$, если $Q_n = 0$ (разгрузка выключена);
 $Q(0) = Q_0$; $V(0) = V_2$, если $Q_n \neq 0$ (разгрузка включена); (2)

- граничные условия:

при $V = V_2$ $Q_n = 0$;
 при $V = V_1$ $Q_n > 0$, (3)

где Q_0 – величина грузопотока, поступающего в бункер в начальный момент времени, т/мин.

Кроме того, должны выполняться условия

$$V_1 \leq V(t) \leq V_2 \quad (0 \leq t < \infty).$$

Первое уравнение системы (1) представляет собой уравнение баланса минутного количества груза, поступающего и разгружаемого из бункера. Второе уравнение системы представляет собой математическое описание поступающего грузопотока в бункер в виде случайного нормального стационарного процесса, записанного в форме уравнения Ланжевена [4].

Случайный процесс, описываемый системой уравнений (1), является непрерывным марковским процессом, функция распределения которого описывается уравнением Фокера-Планка-Колмогорова первого рода [3]:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + (x_2 - Q_n) \frac{\partial f}{\partial x_1} - \alpha(x_2 - m_Q) \frac{\partial f}{\partial x_2} + \alpha \sigma_Q^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} = 0 \quad (4)$$

где $f(t, x_1, x_2, \tau, y_1, y_2)$ – плотность вероятности двумерной условной функции распределения перехода марковского процесса из начального состояния $(x_1; x_2)$ в начальный момент времени t в состояние $(y_1; y_2)$ в момент времени τ ($\tau > t$).

Здесь x_1, y_1 – значения случайной функции $V'(t) = \gamma V(t)$ в моменты времени t и τ , т.е. $x_1 = V'(t)$, $y_1 = V'(\tau)$, а x_2, y_2 – значения случайной функции $Q(t)$ в моменты времени t и τ , т.е. $x_2 = Q(t)$, $y_2 = Q(\tau)$.

При этом должны выполняться начальные и граничные условия:

- начальные условия

при $t = \tau$ $f(t, x_1, x_2, \tau, y_1, y_2) = \delta(x_1 - y_1) \cdot \delta(x_2 - y_2)$;

- граничные условия

при $x_1 = V'_1 = \gamma V_1$ $f = 0$; если $Q_n = 0$;

$x_1 = V'_2 = \gamma V_2$ $f = 0$; если $Q_n > 0$;

при $x_2 \rightarrow \infty$ $f = 0$ при любом $Q_n \geq 0$.

Кроме того, должны выполняться условия нормировки, т.е.

$f(t, x_1, x_2, \tau, y_1, y_2) > 0$;

$$\int_{V_{min}}^{V_{max}} \int_0^{\infty} f(t, x_1, x_2, \tau, y_1, y_2) dy_1 dy_2 = 1.$$

Для определения среднего значения времени заполнения бункера θ при неработающей разгрузке ($Q_n = 0$) и работающей разгрузке ($Q_n > 0$), следуя работам [3,4], проинтегрируем уравнение (4) по переменной y_1 от V'_1 до V'_2 , по y_2 от 0 до ∞ и по времени t от 0 до ∞ . В результате приходим к уравнению Понтрягина [3,4]:

$$(x_2 - Q_n) \frac{\partial \theta}{\partial x_1} - \alpha(x_2 - m_Q) \frac{\partial \theta}{\partial x_2} + \alpha \sigma_Q^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_2^2} = -1, \quad (5)$$

где $\theta = \varphi(x_1, x_2)$.

При этом выполняются начальные и граничные условия:

- начальные условия

при $t = 0$ $x_1 = V'_1$, если $Q_n = 0$;

$x_1 = V'_2$, если $Q_n > 0$;

$x_2 = Q_0$ при любом $Q_n \geq 0$; (6)

- граничные условия

при $x_1 = V'_2$ $\theta = 0$, если $Q_n = 0$;

$x_1 = V'_1$ $\theta = 0$, если $Q_n > 0$. (7)

Уравнение (5) в частных производных от двух переменных можно свести к уравнению Рикати. Однако уравнение Рикати в общем случае не имеет аналитического решения [5].

Однако исследования показали, что среднее квадратичное отклонение σ_Q грузопотока, поступающего из лавы в бункер, намного меньше средней минутной производительности m_Q , т.е. $\sigma_Q \ll m_Q$.

Следовательно, отношение

$$\varepsilon = \frac{\sigma_Q}{m_Q} \quad (8)$$

является малым параметром. Кроме того, для минутного грузопотока, поступающего в бункер, выполняется неравенство

$$|x_2 - m_Q| < k_1 \sigma_Q, \quad (9)$$

где k_1 – некоторый безразмерный коэффициент, характеризующий степень относительного отклонения реального грузопотока, поступающего в бункер, от среднего значения.

Следовательно, коэффициент, стоящий перед вторым членом уравнения (5), является малой величиной, которая изменяется в пределах

$$-\alpha k_1 \varepsilon m_Q < \alpha(x_2 - m_Q) < \alpha k_1 \varepsilon m_Q. \quad (10)$$

Вместо одного уравнения (5), с учетом (10), рассмотрим два уравнения с неизвестными значениями θ_1 и θ_2 , у которых коэффициенты при втором члене уравнения (5) принимают максимальное и минимальное значение соответственно:

$$\varepsilon^2 \alpha m_Q^2 \frac{\partial^2 \theta_i}{\partial x_2^2} - (-1)^i \varepsilon \alpha k_1 m_Q \frac{\partial \theta_i}{\partial x_2} + (x_2 - Q_n) \frac{\partial \theta_i}{\partial x_1} = -1, \quad (11)$$

$$(i = 1, 2).$$

Здесь θ_1 – среднее время заполнения бункера в случае неработающей ($Q_n = 0$) или работающей ($Q_n > 0$) разгрузки при $Q_0 = Q_{01}$, мин; θ_2 – среднее время заполнения бункера в случае неработающей ($Q_n = 0$) или работающей ($Q_n > 0$) разгрузки при $Q_0 = Q_{02}$, мин.

При этом выполняются начальные и граничные условия (6) и (7), где Q_0 в зависимости от i принимает значение

$$Q_{0i} = m_q + (-1)^{i+1} k_1 \sigma_Q \quad (i=1, 2).$$

Тогда решение уравнения (5), в силу малости параметра ε , приближенно можно представить в виде

$$\theta \approx \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}. \quad (12)$$

Для решения уравнений (11) применим асимптотический метод аппроксимации Паде [6], т.е. представим решение уравнений (11) в виде отношения линейных полиномов

$$\theta_i = \frac{a_0 + a_1 \varepsilon}{1 + b_1 \varepsilon}. \quad (13)$$

При этом разложение дроби (13) в ряд Тейлора по малому параметру ε должно совпадать с разложением решения уравнений (11) в

ряд Тейлора по малому параметру ε до второго порядка включительно.

В результате приближенные решения уравнений (11) примут вид:

- в случае неработающей разгрузки ($Q_n = 0$)

$$\theta_i = \frac{\gamma(V_2 - V_1)}{Q_{0i}} A_i \quad (i=1,2), \quad (14)$$

где

$$A_i = \frac{1 + (-1)^{i+1} \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_2 - V_1)}{Q_{0i}^2} + \frac{2k_1}{Q_{0i}} \right] \sigma_Q}{1 + (-1)^{i+1} \left[\frac{\alpha \gamma(V_2 - V_1)}{Q_{0i}^2} - \frac{2k_1}{Q_{0i}} \right] \sigma_Q};$$

- в случае работающей разгрузки ($Q_n > 0$)

$$\theta'_i = \frac{\gamma(V_2 - V_1)}{Q_{0i} - Q_n} A'_i, \quad (i=1,2), \quad (15)$$

где

$$A'_i = \frac{1 + (-1)^i \left[\alpha \left(1 - \frac{k_1}{2} \right) \frac{\gamma(V_2 - V_1)}{(Q_n - Q_{0i})^2} + \frac{2k_1}{Q_n - Q_{0i}} \right] \sigma_Q}{1 + (-1)^i \left[\frac{\alpha \gamma(V_2 - V_1)}{(Q_n - Q_{0i})^2} - \frac{2k_1}{Q_n - Q_{0i}} \right] \sigma_Q}.$$

Разобьем один цикл работы бункера в режиме поддержания защитного слоя груза на два периода. В первом периоде разгрузка бункера не работает ($Q_n = 0$), объем груза в бункере увеличивается от минимального значения $V_{\min}$ до максимального $V_{\max}$. Во втором периоде разгрузка бункера работает ($Q_n > 0$) и объем груза в бункере уменьшается от максимального значения до минимального.

Среднее время первого периода работы бункера (время загрузки) равно t_s , вычисляется по формуле (12) при значении $Q_n = 0$. А среднее время второго периода (время разгрузки бункера) t_p вычисляется по формуле (12) при значении $Q_n > 0$.

Следовательно, t_s и t_p , согласно (12), определяются по формулам

$$t_s = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}, \quad t_p = \frac{\theta'_1 + \theta'_2}{2}, \quad (16)$$

при этом θ_i и θ'_i определяются по формулам (14) и (15).

Среднее время одного цикла работы бункера t_c определяется по формуле

$$t_c = t_s + t_p. \quad (17)$$

Определим средний объем груза в бункере в стационарном режиме поддержания защитного слоя груза, в предположении об эргодичности случайного процесса [7], по формуле

$$V_c = \frac{1}{t_c} \int_0^{t_c} V(t) dt, \quad (18)$$

где

$$V(t) = \begin{cases} V_1 + m_Q t, & \text{при } 0 \leq t < t_s; \\ V_2 - (Q_n - m_Q)(t - t_s), & \text{при } t_s \leq t \leq t_c. \end{cases}$$

В результате интегрирования выражение (18) примет вид

$$V_c = \frac{V_1 t_s + V_2 t_p}{t_c} + \frac{m_Q t_s^2 - (Q_n - m_Q) t_p^2}{2 t_c}. \quad (19)$$

При этом t_s , t_p и t_c определяются по формулам (16) и (17).

Анализ формулы (19) показал, что средний объем груза в бункере в режиме поддержания защитного слоя существенно зависит от среднего значения поступающего в бункер грузопотока m_Q , минимального V_1 и максимального V_2 объемов защитного слоя груза в бункере, производительности разгружаемого грузопотока Q_n и мало зависит от изменения параметров грузопотока σ_Q и α .

На рисунке 2 показан график зависимости среднего объема груза в бункере V_c в зависимости от производительности разгрузки Q_n , построенный согласно формуле (19). При этом исходные данные принимали значения: $V_2 = 3,14 \text{ м}^3$; $V_1 = 1,57 \text{ м}^3$; $m_Q = 3,7 \text{ т/мин}$; $\sigma_Q = 1,23 \text{ т/мин}$; $\alpha = 0,14 \text{ мин}^{-1}$; $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$.

Из графика (см. рис. 2) видно, что при увеличении производительности разгрузки Q_n средний объем груза в бункере V_c сначала резко уменьшается, достигая минимального значения, а затем при дальнейшем увеличении Q_n средний объем V_c увеличивается и стремится к предельному значению, равному полусумме максимального и минимального объемов груза в бункере ($V_c \rightarrow 2,36$ при $Q_n \rightarrow \infty$).

Кроме того, на рис. 2 точками показаны результаты имитационного моделирования функционирования бункера в режиме поддержания защитного слоя, полученные для тех же исходных данных. Из

графика видно, что теория отличается от результатов имитационного моделирования не более чем на 10 %.

Исследования показали, что минимальное значение среднего объема бункера $V_{c \min}$ мало отличается от полусуммы максимального и минимального объемов груза в бункере, т.е.

$$V_{c \min} \approx \frac{V_1 + V_2}{2}. \quad (20)$$

В связи с этим за минимальную производительность разгрузки $Q_{n \min}$ бункера принимается производительность, при которой средний объем груза в бункере, работающем в режиме поддержания защитного слоя груза, равняется полусумме максимального и минимального объемов груза в бункере.

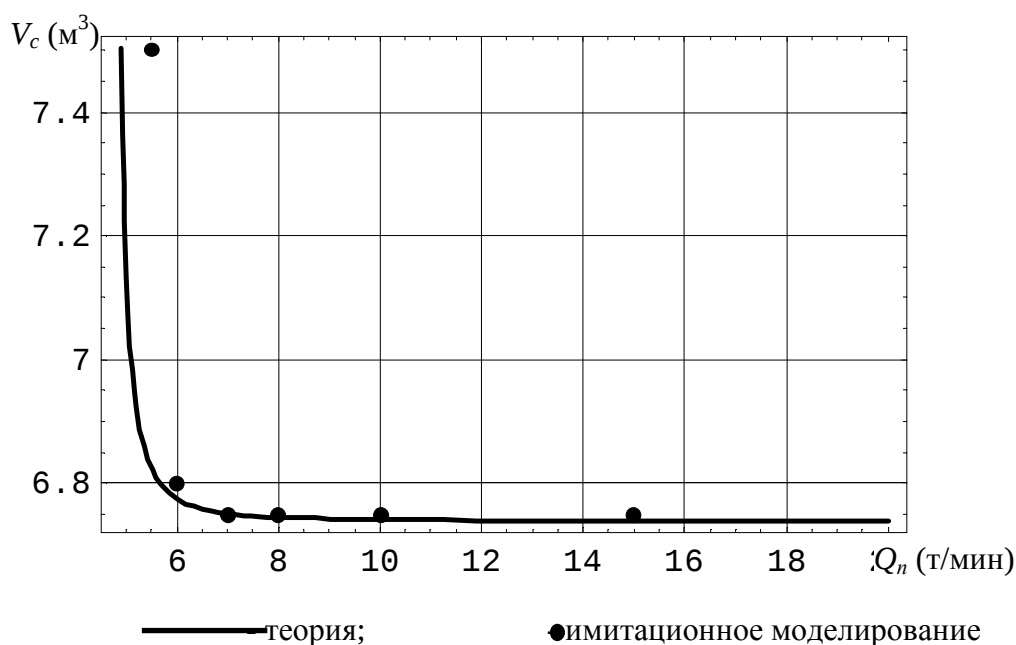


Рисунок 2 - График зависимости среднего объема в бункере от производительности разгрузки

Подставляя значение $V_{c \min}$ из (20) в формулу (19), можно определить минимальное значение разгрузки $Q_{n \min}$. В нашем случае расчеты показали, что $Q_{n \min} = 5,75$ т/мин.

Выводы

На основании теории непрерывных марковских процессов разработана математическая модель функционирования усредняющего бункера в режиме поддержания защитного слоя груза.

Получены аналитические зависимости среднего объема груза в бункере от параметров загружаемого и разгружаемого грузопотоков.

Определена минимальная производительность разгружаемого грузопотока, при которой средний объем бункера, работающего в режиме поддержания защитного слоя груза, минимален.

Полученные теоретические результаты отличались от результатов имитационного моделирования не более чем на 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирия Р.В. Имитационные модели функционирования усредняющих и аккумулирующих бункеров конвейерных линий угольных шахт / Р.В. Кирия, Д.Д. Брагинец, Т.Ф. Мищенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. - Днепропетровск, 2008. – Вып. 77. - С. 100-109.
2. Шахмейстер Л.Г. Подземные конвейерные установки / Л.Г. Шахмейстер, Г.И. Солод. - М.: Недра, 1976. - 432 с.
3. Свешников А.А. Прикладные методы случайных функций / А.А. Свешников. - М.: Наука, 1968. - 464 с.
4. Болотин В.В. Применение методов теории вероятности и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 255 с.
5. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / Э. Камке. - М.: Наука, 1971. - 576 с.
6. Бейкер Дж. Аппроксимации Паде / Дж. Бейкер, П. Грейвс-Морис. – М.: Мир, 1986. – 502 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2000. - 480 с.
8. Ларіонов Г.І. Про визначення максимальних значень попереднього навантаження металополімерних анкерів / Г.І. Ларіонов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. - Днепропетровск, 2010. – Вып. 85. - С. 180-185.

К.Ю. Новікова, Т.В. Михайловська, О.І. Михальов

**FUZZY - ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТВЕРДІННЯ**

Анотація. Робота присвячена fuzzy – ідентифікації теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння. Вперше для побудови системи нечіткої ідентифікації теплофізичних параметрів застосовується нечіткий підхід, який імітує інженерну інтуїцію та дозволяє робити розрахунок прийнятності проектного рішення, аналізувати параметри твердіння.

Ключові слова: процес, ідентифікація, нечітка система

Вступ. Модифікування чавунів є ефективним способом підвищення механічних і експлуатаційних характеристик прокатних валків. Основною причиною, яка стримує широке застосування внутріформенного модифікування в практиці ливарного виробництва, є нестабільність результатів, обумовлена недостатньою вивченістю впливу їх на процеси кристалізації, структуру і властивості чавунів.

Як правило, в основі математичних моделей, що описують затвердіння металів і сплавів, лежить задача теплопереносу в системі тіл з рухливими границями фаз [1], що описується рівнянням теплопровідності для з фаз або тіл системи:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(k \text{ grad } T) + \Pi, \quad (1)$$

де c – теплоємність, Дж/кг К

ρ – щільність, кг/м³

k – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м К

Π – потужність теплових джерел.

Значення змінних у рівнянні теплопровідності передбачаються заданими функціями координат: часу t або температури T [2,3].

Останнім часом нечітке моделювання є одним з найбільш активних і перспективних напрямків прикладних досліджень в області

ідентифікації, керування та прийняття рішень. Нечітке моделювання виявляється особливо корисним, коли в описі технологічних процесів присутня невизначеність, що утрудняє або навіть виключає застосування точних кількісних підходів і методів.

В області ідентифікації технологічних систем нечітке моделювання дозволяє одержувати більш адекватні результати в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей та алгоритмів керування.

Ідентифікація динамічних об'єктів у загальному випадку складається у визначенні їхньої структури та параметрів за спостережуваним даними - вхідному впливу та вихідним величинам, в даному випадку спостереження за теплофізическими характеристиками процесу твердіння (входи: щільність, питома теплоємність, коефіцієнт теплопровідності, температура затвердіння, схована теплота затвердіння; виходи: кінетичні характеристики затвердіння).

Узагальнена схема адаптивної ідентифікації [4] по паралельній моделі теплофізичних параметрів твердіння з використанням нечітких моделей представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 - Схема адаптивної ідентифікації по паралельній моделі

Постановка задачі. Розробити ефективну математичну модель, реалізовану у вигляді системи нечіткого виводу, яка дозволить ідентифікувати теплофізичні параметри при моделюванні твердіння.

На рисунку 2 показаний механізм процесу fuzzy - ідентифікації теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння з використанням нечітких алгоритмів.

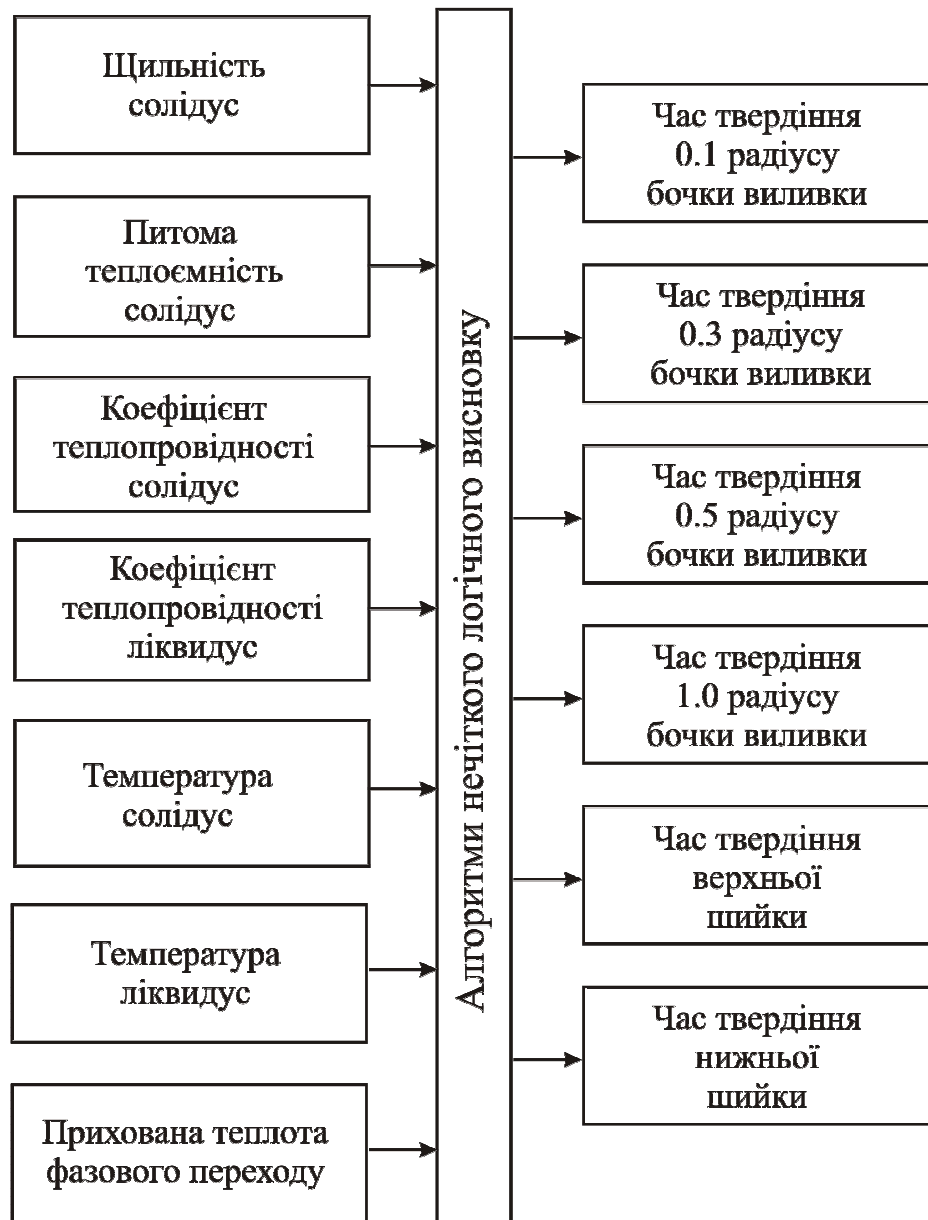


Рисунок 2 - Механізм fuzzy - ідентифікації теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння з використанням нечітких алгоритмів

Для реалізації системи fuzzy - ідентифікації теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння у нечіткому контролері використано алгоритм Мамдані [5].

З урахуванням зроблених уточнень, розглянута суб'єктивна інформація експертів - електрометалургів про теплофізичні параметри при моделюванні твердіння, може бути представлена в форматі 21 правила нечітких продукцій (ЯКЩО-ТО).

В результаті роботи з експертами кафедри Електрометалургії НМетАУ, м. Дніпропетровськ були обрані кордону термів і види функцій приналежності.

Характери та границі термів обрані у відповідності з даними, отриманими від експертів про теплофізичні параметри при моделюванні твердіння. Для отримання вихідного сигналу використано метод центру тяжіння для дискретної множини значень функцій приналежності [6].

Результати нечіткого моделювання наступні: при щільності / солідус 7200 кг/м^3 , питомій теплоємності / солідус 750 Дж/кг К , коефіцієнті теплопровідності / солідус 27.5 Вт/м К , коефіцієнті теплопровідності / ліквідус 20 Вт/м К , температурі / солідус 1125 градС , температурі / ліквідус 1230 градС та схованій теплоті фазового переходу 325 кДж/кг , час затвердіння 0.1 радіуса бочки вилівка 300 сек. , час затвердіння 0.3 радіуса бочки вилівка 1450 сек. , час затвердіння 0.5 радіуса бочки вилівка 2910 сек. , час затвердіння 1.0 радіуса бочки вилівка 4150 сек. , час затвердіння верхньої шийки 6000 сек. та час затвердіння нижньої шийки 7500 сек.

Для остаточного аналізу розробленої нечіткої моделі представляється можливість перегляду поверхонь нечіткого виводу, рисунок 3. Поверхні нечіткого виводу служать для загального аналізу адекватності нечіткої моделі. При цьому вони дозволяють оцінити вплив зміни значень вхідних нечітких змінних на значення однієї з вихідних нечітких змінних.

З огляду на те, що кожен експерт, який бере участь у формуванні баз правил, є фахівцем у розвитку конкретно взятої ситуації при моделюванні твердіння, то розроблена fuzzy - система, є концентрацією колективних знань [7].

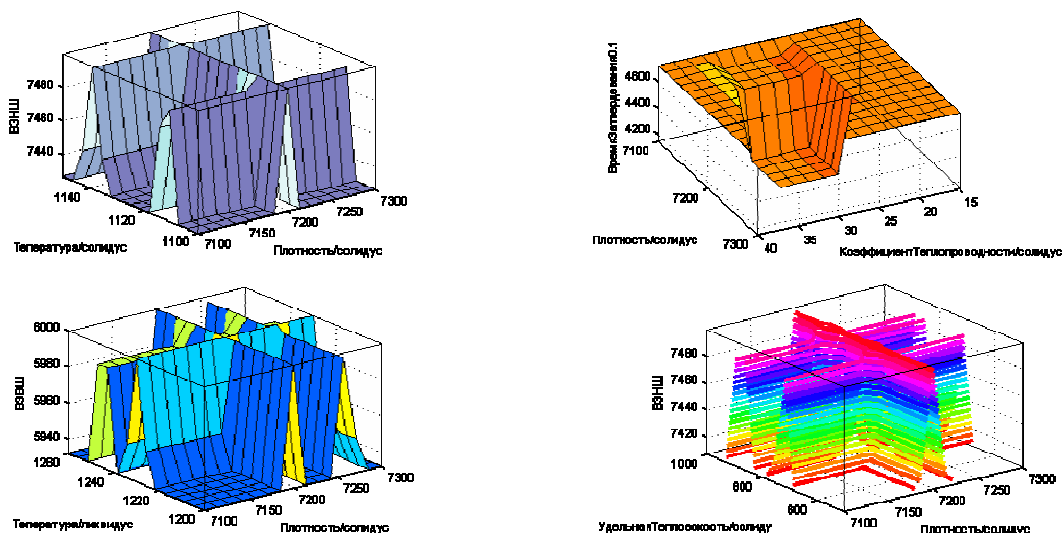


Рисунок 3 - Поверхні нечіткого виводу

Висновки. Застосування розробленої нечіткої моделі дозволяє прогнозувати теплофізичні параметри без значних витрат часу та матеріальних ресурсів, створює передумови для одержання надалі матеріалів заздалегідь заданими параметрами при моделюванні твердіння.

ЛИТЕРАТУРА

1. Недопекин Ф.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплопереноса в слитках / Недопекин Ф.В. – Ижевск. Издательство удмурдского университета, 1994. – 236 с.
2. Никитенко Н.И. Теория теплопереноса / Никитенко Н.И. – Киев: Наук.думка, 1983. – 352 с.
3. Михайловская Т.В. Применение клеточных автоматов для математического моделирования фазового перехода в эвтектических сплавах / Т.В. Михайловская // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. 2007. – Выпуск 5 (53). – С. 162 – 170.
4. Михайловская Т.В. Трехмерная клеточно-автоматная модель процесса затвердевания металлов и сплавов / Т.В. Михайловская, А.И. Михалев // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. 2006. – Том 9. – С. 102 – 112.
5. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ./Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. - 432 с.
6. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
7. Новикова Е.Ю. Математическое моделирование процессов металлургического производства с использованием методов нечеткого вывода: Дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02. – Д., 2008. – 142 с.

УДК 629.4

В.В. Скалозуб, А.А. Бардась, М.В. Скалозуб

О ПРИБЛИЖЕННОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

Разработан приближенный метод последовательной декомпозиции дискретных оптимизационных задач управления сложными системами, которые могут быть реализованы многопараметрическими NP-полными переборными моделями поиска в пространстве состояний. В качестве примеров рассмотрены задачи по выбору порядка переработки составов поездов на последовательности сортировочных станций, когда минимизируются суммарные затраты на эксплуатацию всей транспортной системы, а также планирование ремонтов множества технических объектов на основе оценок их технического состояния.

Ключевые слова: NP-полные задачи, оптимизация, дискретные задачи управления, модель пространства состояний, декомпозиция, транспортная система, последовательность переработки составов, техническое состояние объектов.

Введение

Многочисленные практически важные задачи планирования и управления являются дискретными комбинаторными и решаются путем перебора (полного или на ограниченной части вариантов) [1, 2, 3, 7]. В задачах необходимо на некотором множестве найти элемент (последовательность элементов и др.), удовлетворяющий совокупности условий. Методы и алгоритмы решения поисковых задач многообразны [1, 4, 6], они включают также и методы эвристического поиска систем искусственного интеллекта [2, 3]. Эффективным алгоритмом решения поисковых задач в пространстве состояний является «А* алгоритм» [3]. В нем поисковые ситуации, состояния, оцениваются с помощью суммы двух функций – реальной оценки состояния и эвристической функции, оценивающей некоторую эвристическую величину, связанную с текущим состоянием. Заметим, что в терминах одного этапа «А* алгоритма» можно представить и двухэтапную задачу стохастического программирования [6], где эвристическая составляющая оценочной функции представлена вероятностными оценками ожидаемых ущербов при различных вариантах состояний (решений).

Двухэтапная модель как фрагмент декомпозиции исходной многопараметрической задачи далее используется при построении алгоритмов решения комбинаторных задач управления и оптимального планирования. Использование эвристических методов поисковой оптимизации вполне оправдано для реализации дискретных комбинаторных задач, поскольку они во многих практических случаях являются NP-полными [2], и не имеют более простых алгоритмов решения. В настоящее время получено доказательство эквивалентности обширного семейства переборных задач (теорема Кука) [2, 3].

В представленной работе развивается подход к построению приближенных решений на основе последовательной декомпозиции дискретных оптимизационных задач управления сложными системами, которые являются многопараметрическими NP-полными переборными моделями поиска в пространстве состояний. Декомпозиция общей модели исходной задачи выполняется на основе упорядоченной последовательности двухэтапных. При этом вводится дополнительное эвристическое ограничение условий перебора в форме некоторого *идеального состояния* или же условия, что также позволяет уменьшить число вариантов, которые необходимо оценить и сравнить. В общем плане предложенный метод является некоторой реализацией «А* алгоритма», ориентированного на решение NP-полных комбинаторных задач оптимального планирования процессов эксплуатации транспортных систем.

Примером NP-полной задачи является управление очередностью роспуска составов на сортировочных станциях. Актуальность этой задачи в том, что она исследует один из главных резервов повышения эффективности железнодорожных перевозок и уменьшения сроков доставки грузов. Он состоит в сокращении продолжительности нахождения вагонов на технических станциях. Анализ распределения времени нахождения вагонов на сортировочных станциях показывает, что здесь основной составляющей является срок накопления вагонов в сортировочном парке. Здесь наиболее существенным фактором является ожидание поступления вагонов «замыкающей группы», которые завершают накопление состава. Длительность ожидания вагонов «замыкающей группы» можно сократить за счет выбора очередности роспуска составов, чтобы обрабатывать составы с

«замыкающими группами» вагонов без непроизводительных простоев.

Постановка задачи по выбору очередности обработки транспортных объектов

Задача выбора очередности расформирования составов (ВОРС) состоит в следующем. На сортировочную станцию прибывает некоторый поток поездов, для которого известны структуры поездов и данные о сроках их прибытия на станцию. Необходимо при установленных требованиях к процессу перевозок и ограничениях характеристик сортировочной станции выбрать такую очередность расформирования поездов, чтобы общие эксплуатационные расходы на расформирование-формирование транспортной системы в целом были минимальными. Исходными данными для решения задачи выступают [8]: сведения о поездах, которые могут быть расформированы станцией на протяжении определенного периода времени; наличие вагонов, находящихся на путях сортировочного парка на момент начала расчета; емкость сортировочных путей; количество и специализация путей в парке прибытия; расчетные нормативы времени для выполнения операций технологического процесса в парках станции.

При решении задачи управления расформированием-формированием используют следующие критерии: K_1 – минимум общей продолжительности простоя поездов в ожидании приема на станцию; K_2 – минимум простоя приоритетных вагонопотоков; K_3 – минимум общих эксплуатационных расходов, связанных с простоем вагонов на станции и маневровой работой по расформированию-формированию поездов.

Отметим, что комбинаторный характер задачи ВОРС приводит к необходимости полного перебора вариантов последовательности роспуска, что на практике оперативно не может быть реализовано. В работе предложено преобразование n -компонентной задачи в последовательность 2-х этапных, 2-х компонентных задач [6]. При этом схема выбора варианта дополнена функцией – определение идеальной последовательности роспуска (ИПР). За счет этого может быть уменьшено количество вариантов очередности и сокращен перебор в n -компонентной задаче ВОРС. Также показано, что модели

ИПР могут быть разными, и решение о применении той или иной из них выбирается в зависимости от оперативной ситуации на станции.

Анализ системы критериев эффективности процессов расформирования-формирования составов

Очередность расформирования составов существенно влияет на структуру поездов своего формирования, следовательно, и на объемы и условия маневровой работы на следующих технических станциях. Поэтому введем показатель (и соответствующий критерий) K_4 – структура поездов своего формирования. Принимается, что критерии согласуются между собой следующим лексикографическим (обозначенным через « $\geq$ ») [5] образом:

$$K_1 \geq K_2 \geq K_3 \geq K_4 \quad (1)$$

Так как необходимо обеспечить бесперебойный прием поездов на станцию, то первоочередным выбран критерий минимума общего простоя поездов по неприему. Среди множества решений, обеспечивающих реализацию K_1 , проводится поиск решений по критерию минимума простоя вагонов на станции. При этом если есть специальное задание на первоочередное отправление определенных категорий вагонопотоков (например порожних вагонов), то применяется критерий K_2 , далее выполняется поиск по критерию K_3 . Наконец, среди множества решений, обеспечивающих выполнение первых трех критериев, проводится поиск последовательностей роспуска составов, улучшающих структуру поездопотоков своего формирования. Множество решений по лексикографическим упорядочениям может быть расширено с использованием метода последовательных уступок [5].

Каждый вариант переработки составов на станции будем характеризовать выбранной последовательностью расформирования $X^{(i)}$, рис.1.

Для постановки задачи достижения максимально возможной длины отцепов (последовательности вагонов, следующих в одном направлении) в составах, формируемых на станции, критерий задачи ВОРС имеет вид:

$$C_{\text{вдч}} = \sum_{i=1}^N m_i \longrightarrow \min_{X^{(i)}}, \quad (2)$$

где m_i – количество отцепов в i -м сформированном составе;
 N – количество сформированных составов за заданный период;
 $X^{(i)}$ – последовательность расформирования составов.

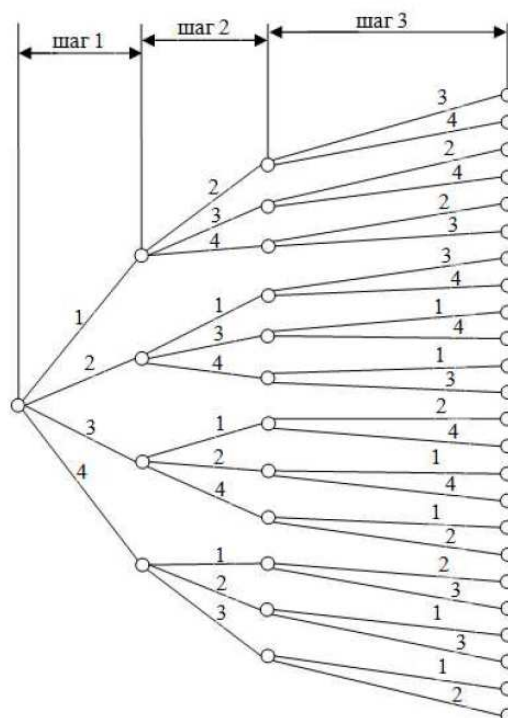


Рисунок 1 - Граф возможных вариантов очередности расформирования составов

Поскольку вагоны, отправляющиеся в поездах своего формирования, в последующем могут обслуживаться не на одной, а на нескольких технических станциях, то под одним отцепом будем понимать не «фактический» отцеп на следующей технической станции, а совокупность вагонов, размещенных последовательно и имеющих общую станцию назначения. Благодаря этому происходит улучшение условий работы всех последующих технических станций на пути следования вагонов.

Существующие методики ВОРС используют прогноз прибытия поездов в виде детерминированной величины. Это является определенным недостатком, поскольку на практике имеют место значительные отклонения фактических моментов прибытия от прогнозируемых. В работе разработан алгоритм, позволяющий решать задачу в условиях статистической неопределенности данных. Исследование выполнялось на имитационной модели подсистемы расформирования станции Нижнеднепровск-Узел, при этом использован комбинаторный метод ВОРС.

Для учета влияния неточности прогноза прибытия поездов были приняты исходные данные натурных обследований, представленных гистограммой, характеризующей вероятности различных времен

отклонения в прибытии поездов. Каждый поезд, прибывающий на станцию, может быть принят в парк приема с отклонением от прогноза. Учитывая все возможные комбинации вариантов опоздания поездов, была получена совокупность возможных состояний $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$, характеризующих условия реализации варианта последовательности $X^{(i)}$, для которых известны вероятности $\{p(\theta_i)\}_s$.

С учетом множества возможных состояний $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$ модель задачи ВОРС имеет следующий вид:

$$C^* = M[C(X^{(i)}, \theta_i)] \rightarrow \min \quad (3)$$

где $C(X^{(i)}, \theta_i)$ – расходы на реализацию последовательности $X^{(i)}$ с учетом возможного состояния θ_i .

Математическое ожидание затрат на процессы поездообразования определяется следующим образом:

$$M[C(X^{(i)}, \theta_i)] = \sum_{i=1}^s C(X^{(i)}, \theta_i) \cdot p(\theta_i) \quad (4)$$

При такой постановке задачи дерево вариантов имеет вид, приведенный на рис 1, 2. Общее дерево вариантов разбивается на отдельные поддеревья. В рассматриваемом примере общее дерево вариантов глубиной в три состава разбивается на основное дерево вариантов глубиной в один состав и дополнительные деревья глубиной по два состава. Выполняется сравнение вариантов основного дерева, дополнительные деревья вариантов служат для более точной оценки вариантов основного дерева.

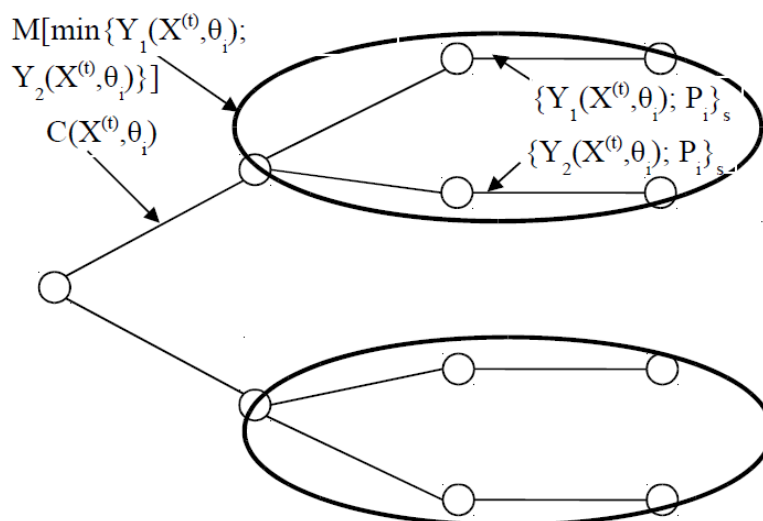


Рисунок 2 - Граф возможных вариантов очередности роспуска в случае декомпозиции задачи

Каждый вариант основного дерева оценивается расходами $C(X^{(i)}, \theta_i)$, варианты дополнительного дерева оцениваются затратами $Y_j(X^{(i)}, \theta_i)$. Модель 2-х этапной задачи имеет вид:

$$C^* = M[C(X^{(i)}, \theta_i) + \min\{Y_j(X^{(i)}, \theta_i)\}] \rightarrow \min \quad (5)$$

где $j=1..n$ – номер варианта дополнительного дерева

Было выполнено исследование эффективности решения задачи ВОРС при разном количестве составов M_1 , включаемых в основное дерево вариантов для разного общего количества составов m , принимающих участие в расчете. Если $M_1=m$, то имеет место полный перебор вариантов. Результаты исследования представлены на рис. 3. Как следует из графика, эффективность задачи ВОРС в случае ее декомпозиции несколько снижается. Но при этом сокращается продолжительность расчета по выбору рациональной последовательности.

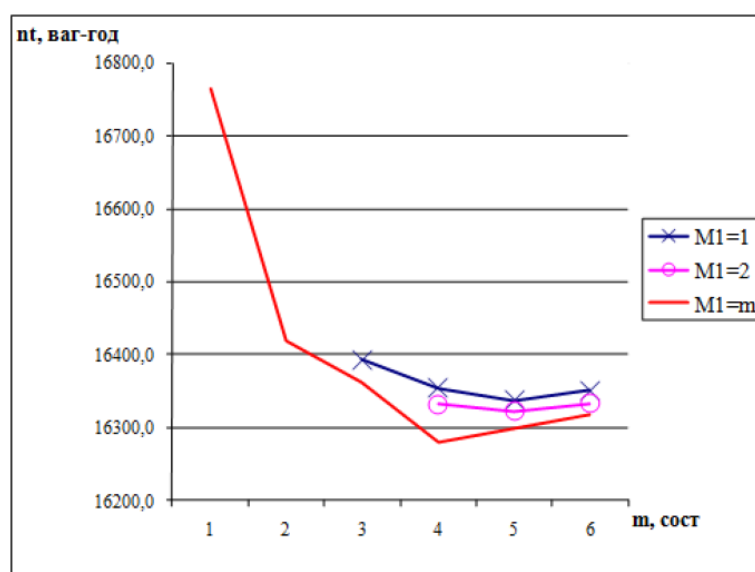


Рисунок 3 - Зависимость затрат вагоно-часов простоя от глубины планирования

Понятие идеальной последовательности обработки (ропуска) составов

Отметим, что комбинаторный характер задачи ВЧРС приводит к необходимости полного перебора вариантов последовательности ропуска, что на практике не может быть реализовано. Для сокращения объема расчетов, связанных с анализом вариантов очередности ропуска, определим максимальное положительное влияние последовательности ропуска на показатели работы станции.

На основе оценки этого влияния формулируется понятие идеальной последовательности роспуска ИПР – последовательности обработки, обеспечивающей такие теоретически возможные показатели работы, которые нельзя улучшить. Рассмотрим понятие идеальной последовательности на примере критерия минимизации простоя вагонов на станции. Возьмем случай обработки состава с «замыкающей группой вагонов» в парке приема. При этом выполняется также накопление вагонов одного назначения в сортировочном парке. Пусть перед роспуском состава в сортировочном парке находится m_c вагонов. В результате роспуска состава на данное назначение поступает «замыкающая группа вагонов» m_r , при этом $m_c + m_r \geq m$, где m – число вагонов в составе поезда. Имеется два варианта обработки состава – с непродуктивными простоями в парке приема и без них. Определим оценку сокращения срока простоя вагонов на станции в случае обработки составов без непроизводительных простоев.

Величина сокращения простоя вагонов Δn_t равна:

$$\Delta n_t = \Delta t \cdot (m_c \tilde{m}_{\text{зал}}), \quad (6)$$

где $m_{\text{зал}}$ – вагоны на сортировочных путях после перестановки накопленного состава в парк отправления. Величина сокращения простоя вагонов «замыкающей группы» в парке приема составляет $\Delta n_t = \Delta t \cdot m_r$.

Из уравнений получаем

$$\Delta n_t = \Delta t \cdot (m_c \tilde{m}_{\text{зал}}) + \Delta t \cdot m_r = \Delta t \cdot (m_c + m_r \tilde{m}_{\text{зал}}) \quad (7)$$

Учитывая, что $m_c + m_r \tilde{m}_{\text{зал}} = m$, имеем: $\Delta n_t = \Delta t \cdot m_c$. Значение Δn_t зависит от двух факторов – числа вагонов в составе поезда m , здесь не изменяется, и от величины Δt – сокращение непроизводительных простоев составов с «замыкающими группами» в парке приема. Отсюда возникает понятие идеальной последовательности роспуска (ИПР) – такой последовательности, что обеспечивает обработку и расформирования составов с «замыкающими группами» без непроизводительных простоев. Покажем возможность сокращения числа вариантов анализа очередности роспуска при использовании понятия ИПР.

На рис. 4 приведен пример обработки трех составов в парке приема. Считается, что второй состав имеет одну «заключительную группу», а остальные – их не имеют. Рассмотрим возможные

варианты очередности обработки составов с выбором наилучшего. При трех составах имеем 6 вариантов очередности выпуска. Анализ начинается с последовательности 1-2-3 (соответствует принципу FIFO [4]). Далее перебираются все варианты, заканчивая последовательностью 3-2-1 (соответствует принципу LIFO [4]). Для варианта 1-2-3 единственный состав с «завершающей группой» задерживается на величину времени Δt , характеристики этой последовательности можно улучшить. Следующий вариант, 1-3-2. При такой последовательности, рис. 4, имеются еще большие задержки, и избирается третий вариант 2-1-3. В нем состав с завершающей группой обрабатывается в парке приема без непроизводительных простоев. Кроме того, последний состав последовательности расформировывается также без задержек и поэтому не ухудшает условия работы в парке приема после реализации выбранной последовательности (обработка составов 4, 5 и т.д.). Итак, последовательность обработки 2-1-3 является идеальной и не может быть улучшена и оценку остальных вариантов можно не определять.

Понятие ИПС учитывает простой вагонов только на момент завершения накопления, минимизировать же нужно простой вагонов на станции в целом. Сформулируем другое понятие ИПР как последовательности, которая обеспечивает отсутствие простоя поездных локомотивов в ожидании сформированного состава. Решение о применении первого или второго понятия ИПС зависит от оперативной ситуации на момент планирования. Если в наличии достаточное количество поездных локомотивов, то следует использовать первое понятие, максимально ускоряя процесс накопления вагонов. Если нет поездных локомотивов, то следует использовать второе понятие ИПР, учитывая ситуацию в парке отправления. При использовании второго понятия ИПС появляются дополнительные резервы для улучшения структуры поездов своего формирования по критерию K_4 .

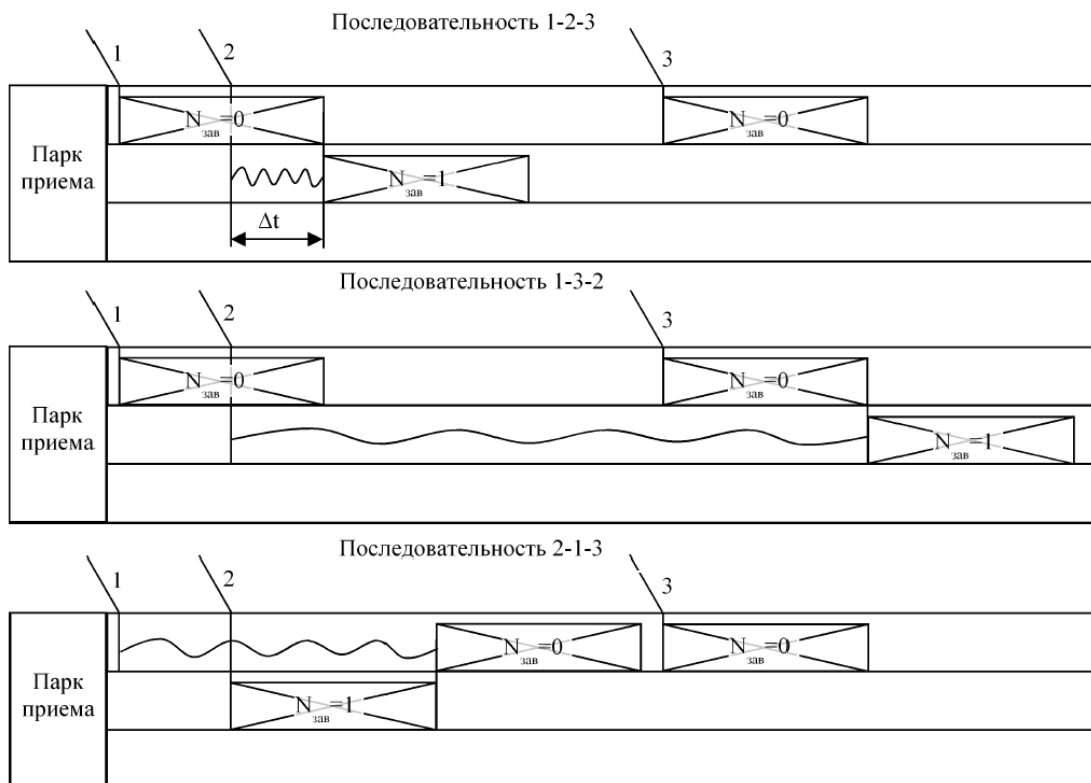


Рисунок 4 - Пример использования понятия идеальной последовательности обработки составов при анализе вариантов их расформирования

Выводы

В работе построен приближенный метод последовательной декомпозиции дискретных комбинаторных задач управления сложными системами. В качестве примера рассмотрена задача выбора очередности обработки составов поездов на сортировочных станциях. В задаче расформирования-формирования составов на основе декомпозиции усовершенствован метод выбора очередности роспуска. При этом выполнен анализ системы критериев решения задачи, установлен их лексикографический порядок. Введен новый показатель, оценивающий структуры поездов своего формирования. Сформулировано понятие идеальной последовательности роспуска, с использованием которого возможно сокращение количества вариантов очередности переработки составов. Предложенные алгоритмы позволяют выполнить эффективную декомпозицию n -этапной задачи расформирования n составов на последовательность 2-этапных.

В качестве другой задачи отмечено планирование ремонтов множеств технических объектов (электрических приводов железнодорожных стрелочных переводов) на основе оценок их технического состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование операций: В 2-х томах. /Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. Т. 1. 712 с.
2. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта. – М.Мир, 1991. – 568 с.
3. Luder G.F. Artificial intelligence. – Redbook: The Benjamin Publishing Company Inc. 1993. – 738 p.
4. Кузин Л.Т. Основы кибернетики. – М.: Энергия, 1979. – 584 с.
5. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. – М.: Советское Радио, 1975. – 146 с.
6. Ермольев Ю.М., Ляшко И.И., Михалевич В.С., Тюптя В.И. Математические методы исследования операций. – К.: Вища школа, 1979. – 312 с.
7. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. – М.: Энергоатом издат, 1988. – 480 с.
8. Буянов В.А., Ратин Г.С. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1984. – С. 72-74.

СОДЕРЖАНИЕ

Ахундов В.М., Скрипочка Т.А.	
Моделирование сварного резинометаллического шарнира. осевой сдвиг.....	3
Белодеденко С.В., Кононов Д.А., Пелых И.В.	
Определение частот свободных колебаний динамически активного сита	9
Михалёв А.И., Гуда А.И.	
Сравнительный анализ двух критериев адаптивно-поисковой идентификации нелинейной динамической системы Ван-Дер-Поля .	15
Усенко В.А., Ковшов В.Н., Петренко В.А., Куприков Р.А., Вылупко Е.Е., Сулименко С.Е.	
Оптимизация работы доменной печи за счет определения оптимальных условий взаимного газораспределения в верхней и нижней зонах	21
Кондратьев А.В.	
Концепция оптимального проектирования изделий авиакосмической техники из полимерных композиционных материалов	28
Пилипенко С.В., Григоренко В.У.	
Развитие метода расчета параметров процесса холодной прокатки труб на станах ХПТ и ХПТР с использованием линий безье при разработке продольного профиля рабочего конуса деформации	35
Бісікало О.В., Кравчук І.А.	
Використання морфологічного аналізу в задачах дистанційної освіти	41
Бодянский Е.В., Шубкина О.В.	
Семантическое аннотирование текстовых документов с использованием модифицированной вероятностной нейронной сети	48
Дробахин О.О., Алексеев В.В., Звегинцев А.В.	
О возможностях применения микроволновых методов для обнаружения скрытых элементов металлоконструкций	56
Малайчук В.П., Федорович А.И.	
Уменьшение влияния помех различного вида при помощи сингулярно-спектрального анализа	62
Муслиенко М.П., Дидук В.А.	
Концептуальная модель машиностроительного комплекса с единой технологической и пожарно-охранной сетью сбора данных	67
Слесарев В.В., Желдак Т.А.	
Інтегровані системи керування багатостадійним металургійним виробництвом на прикладі прокатки труб	77
Храпач Ю.А., Говоруха В.Б., Шараева В.Л.	
Разработка информационной системы для краткосрочного прогнозирования экономических показателей	85
Shatovska T.B., Kamenieva I.V., Bobrov A.S.	
Learning about learning project	90

Мусиенко М.П., Черномаз И.К.	
Методы обработки электронных учебников в компьютерных системах дистанционного обучения с ограниченными ресурсами	98
Онопrienко О.И., Барашков В.С.	
Дистанционная система поддержки дипломирования «DIPLOMA».	106
Журавлёв В.Н., Жуковицкий И.В.	
Модель импульсного управления речевым процессом	112
Ларіонов Г.І., Брагинець Д.Д., Кірія Р.В.	
До аналізу результатів математичного та імітаційного моделювання роботи бункера-перевантажувача	122
Песчанский А.И., Коваленко А.И.	
Стационарные характеристики однолинейной системы с потерями и контролем качества обслуживания.....	129
Михалёв А.И., Кузнецов В.И., Ковалик Н.Н., Теплякова Г.Л.	
Интеграция методов многокритериального анализа и их применение в системе поддержки принятия решений	140
Куклич Н.Р.	
Методи та моделі інформаційного пошуку, аналізу та обробки текстових колекцій	153
Кирия Р.В.	
Математическая модель функционирования усредняющего бункера в условиях угольных шахт	159
Новікова К.Ю., Михайловська Т.В., Михальов О.І.	
Fuzzy - ідентифікація теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння.....	169
Скалозуб В.В., Бардась А.А., Скалозуб М.В.	
О приближенной декомпозиции NP - полных задач управления сложными системами	174

РЕФЕРАТЫ

УДК 539.3

Ахундов В.М., Скрипочка Т.А. **Моделювання зварного резинометалічного шарніра. Коаксіальне кручення** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.3 - 8.

Проведене дослідження коаксіального кручення пружного елементу зварного резинометалічного шарніра, що є порожнистим циліндром з гуми або поліуретану. На основі чисельної методики знаходяться розподілення деформацій і напружень по товщині циліндричного елементу, що дозволяють виявляти міцнісні властивості шарніра. Демонструється ефект зворотний по відношенню до ефекту Пойнтінга, що полягає у виникненні в поперечних перерізах закручуваного циліндра осьової сили розтягування. Визначені деформаційні характеристики шарніра, задаючи питомий момент, що крутить, і осьову силу залежно від кута закручування шарніра.

Бібл. 8, іл. 6.

УДК 621.928.13

Білодіденко С.В., Кононов Д.О., Пелих І.В. **Визначення частот вільних коливання динамічноактивного сита** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.9 - 14.

Розглядається нова конструкція динамічно-активного сита вібраційного гуркоту, призначеного для відсіву дрібниці металургійної шихти. Запропоновано методику визначення геометричних розмірів елементів сита. В основі цієї методики лежить умова збігу частоти вільних коливань і змушує сили (частоти обертання вала - дебаланса). Визначено розміри елементів просіює, призначеної для відсіву дрібниці вапняку

Бібл. 6, іл. 2, табл. 1.

УДК 681.876.2

Михальов О.І., Гуда А.І. **Порівняльний аналіз двох критеріїв адаптивно-пошукової ідентифікації нелінійної динамічної системи Ван-Дер-Поля** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.15 - 20.

У статті проведено порівняння двох систем адаптивно-пошукової ідентифікації системи Ван-Дер-Поля, заснованих на двох критеріях. Досліджено питання швидкості й точності пошуку в різних режимах.

Ілл. 6. бібл. 7

УДК 669.162:621

Усенко В.А., Ковшов В.Н., Петренко В.А., Купріков Р.А., Вилупко Є.Є., Суліменко С.Є. **Оптимізація роботи доменної печі за рахунок визначення оптимальних умов взаємного газорозподілу у верхній і нижній зонах** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.21 - 27.

Проведені теоретичні дослідження розподілу газових потоків у верхній і нижній зонах. Проведено технологічне відсівання чинників з метою поліпшення параметрів математичних моделей. Отриманий адекватний математичний опис розподілу газових потоків і втрат тиску методами регресійного і кореляційного аналізів. Виконана компромісна оптимізація чинників нижньою і верхньою зон методом Лагранжа, з подальшою

інтерпретацією результатів. Запропоновані технологічні рекомендації по співвідношенню параметрів завантаження і довжини зони горіння.

Бібл.1, рис.4.

УДК 629.7.023

Кондратьев А.В. **Концепція оптимального проектування виробів авіакосмічної техніки з полімерних композиційних матеріалів** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.28 - 34.

Викладено теоретичні та деякі основні практичні результати, які включають у себе розроблену концепцію оптимізації основних параметрів відповідальних конструкцій авіакосмічної техніки з полімерних композиційних матеріалів, яка включає в себе п'ять взаємопов'язаних складових: проектування, технологію виробництва, експлуатацію, екологію та безпеку виробничої життєдіяльності.

Бібл. 4, іл. 5.

УДК 621.774

Пилипенко С.В. **Розвиток методу розрахунку параметрів процесу холодної прокатки труб на станах ХПТ і ХПТР із використанням ліній Безье при розробці поздовжнього профілю робочого конуса деформації** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.35 - 40.

Розглядається метод калібровки інструмента станів холодної прокатки труб з використанням ліній Безье. Даний метод забезпечує: падаючу величину відносної деформації уздовж робочого конуса; утворення форми розгортки кривої рівчака однією залежністю; забезпечення плавного сполучення ділянок калібровки. За допомогою керуючих коефіцієнтів, що входять у запропоновану залежність калібровки інструмента, є можливість підібрати будь-який необхідний режим деформації уздовж конуса. При цьому силові параметри процесу контролюються за допомогою математичної моделі. Запропонований метод вимагає додаткових практичних досліджень.

Бібл. 6.

УДК 004.9

Бісікало О.В., Кравчук І.А. **Використання морфологічного аналізу в задачах дистанційної освіти** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.41 - 47.

Розглядається морфологічний аналіз як складова лінгвістичного аналізу текстової інформації. Розглядаються сучасні напрямки досліджень морфологічного аналізу. Запропоновано використання у системах дистанційної освіти нового методу морфологічного аналізу, що базується на статистичному визначенні морфем зі словника мовних образів. Зроблено аналіз інформаційної надлишковості після введення відношень, за допомогою яких реалізовано тезаурус.

Бібл. 10, іл. 1.

УДК 004.8:004.912

Бодянський Є.В., Шубкіна О.В. **Семантичне анотування текстових документів з використанням модифікованої ймовірнісної нейронної мережі** // Системные технологии.

Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.48 - 55.

Розглядається семантичне анотування текстових документів, основою якого є віднесення текстових об'єктів, заданих у векторному вигляді, до різних концептів онтології предметної області. У роботі запропоновано метод на основі модифікованої імовірнісної нейронної мережі, яка використовується для інтелектуального аналізу текстової інформації і являє собою гібрид стандартної ймовірнісної мережі та узагальненої регресійної нейронної мережі. Завдяки цьому, можливо визначити ймовірності приналежності вхідного текстового об'єкта до кожного з потенційно можливих класів онтології предметної області для формування семантичних анотацій. Даний метод передбачає можливість обробки інформації по мірі її надходження в послідовному режимі, характеризується простотою реалізації і високою швидкістю обробки інформації.

Бібл. 8, іл. 1, табл. 1.

УДК 621.396.969

Дробахін О.О., Алексєєв В.В., Звєгінцев О.В. **Про можливості застосування мікрохвильових методів для виявлення прихованих елементів металоконструкцій** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.56 - 61.

Експериментально за допомогою вимірювально-обчислювального комплексу та даними багаточастотних вимірювань, суміщених з поперечним скануванням, отримані в діапазоні 8-12 ГГц радіопортрети об'єкта у вигляді двутавра. Зроблено вибір частоти для одночастотного сканування.

Бібл. 2, іл. 5.

УДК 620.179

Малайчук В.П., Федорович А.І. **Зменшення впливу завад різного виду за допомогою сингулярно-спектрального аналізу** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.62 - 66.

Одним зі способів зменшення впливу перешкод на результати контролю є формування матриць Ганкеля і їх сингулярно-спектральний аналіз. Такий аналіз використовується для зменшення впливу перешкод шляхом відбору власних чисел і формування згладжених вибірок вимірів. Шляхом проведення обчислювальних експериментів досліджена можливість зменшення впливу аддитивної і модулюючої перешкоди, на сильно корельовану послідовність, з різними законами розподілу ймовірності. Досліджено якість відновлення зачумлених послідовностей по різній кількості власних чисел матриці Ганкеля.

Библ.2.

УДК 614.841

Мусієнко М.П., Дідук В.А. **Концептуальна модель машинобудівельного комплексу з єдиною технологічною та пожежно-охоронною мережею збору даних** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.67 - 77.

Приведені данні аналізу існуючих інформаційних моделей машинобудівельних комплексів. Розглянуті переваги та недоліки існуючих моделей. Методами системного аналізу отримана нова модель, що об'єднує технологічну та пожежно-охоронну частини мережі машинобудівельного комплексу. Результати дослідження приведені в вигляді

модифікованої моделі CIM. Розроблена модель дозволяє суттєво спростити розробку нового чи провести модернізацію старого машинобудівельного комплексу.

Бібл. 4, іл. 5, табл. 2.

УДК 658.012.011:004.3

Слесарев В.В. **Интегрированные системы управления многоэтапным металлургическим производством на примере прокатки труб** / В.В. Слесарев, Т.А. Желдак // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.78 - 85.

В роботі наголошено необхідність застосування до багатоетапних металургійних виробництв принципу інтеграції виробничих та економічних систем. Зокрема, показано, як подібна інтегрована система обробки замовлень може працювати у трубопрокатному виробництві. Дано оцінку соціальному та економічному ефекту від можливого впровадження розробки у виробничу практику.

Бібл. 7, іл. 2, табл. 0.

УДК 669.168

Храпач Ю.А., Говоруха В.Б., Шараева В.Л. **Разработка информационной системы для краткосрочного прогнозирования экономических показателей** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.86 - 90.

Работа посвящена разработке и созданию программного средства для прогнозирования статистических данных в социально-экономической сфере. Для решения поставленной задачи используются пять методов прогнозирования данных: метод экспоненциального сглаживания, метод Холта, метод двойного сглаживания Брауна, метод Бокса-Дженкинса и метод скользящего среднего.

Бібл. 4.

УДК 004.89

Шатовская Т.Б. Каменева И.В., Бобров А.С. **Проект «Learning about learning»** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.91 - 98.

Система обучения – это эмпирическое и теоретическое исследование взаимодействий между индивидуальным обучением и организацией формы представления стиля обучения, а также модель их взаимодействия в качестве учитель-ученик, исследование процессов и парадигм. Исходя из этого, наша система предлагает модель поддержки обучающего/преподавания на базе полученных моделей автоматического обучения интеллектуальных моделей поддержки консультирования с фокусировкой на индивидуальной траектории обучения/преподавания.

Бібл. 11, іл.1.

УДК 378.016:004

Мусієнко М. П., Чорномаз І.К. **Методи обробки електронних підручників в комп'ютерних системах дистанційного навчання з обмеженими ресурсами** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.99 - 106.

У роботі приведені розроблені методи і моделі перетворення великих об'ємів учбової інформації (на прикладі мультимедійних електронних підручників) під заданий

малий розмір для комп'ютерних освітніх систем з обмеженими ресурсами. Розроблена нова семантична модель представлення учбового матеріалу. Запропоновано використання пристрою обробки індексів, а також розроблено алгоритмічне забезпечення його роботи. Розроблено чотири методи перетворення електронного підручника під заданий граничний розмір: при перетворенні усього підручника, певного розділу; формування підручника по якому-небудь заздалегідь відомому і невідомому термінам.

Бібл. 6, іл. 3.

УДК 004.031.43

Онопрієнко О.І., Барашков В.С. **Дистанційна система підтримки дипломування «DiplomA»** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.107 - 112.

Розглянуто основні проблеми, що виникають в процесі дипломування спеціалістів. Запропоновано рішення, завдяки якому стане доступним написання дипломних робіт дистанційно. Система дозволить розподіляти теми дипломних проектів між студентами, планувати роботу і розбивати її на окремі задачі, назначати контрольні заходи. Також описана система представить засоби обміну файлами та повідомленнями між користувачами. Крім того, для полегшення роботи з документами надаються інструменти, що дозволять автоматично генерувати накази на переддипломну практику та дипломування.

Бібл. 6.

УДК 681.142.2

Журавлёв В.Н., Жуковицкий И.В. **Модель импульсного управления речевым процессом** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.113 - 122.

Рассматривается задача, суть которой состоит в раскрытии и анализе импульсного психофизиологического управления речевым процессом, позволяющая повысить достоверность модели речевого источника сообщений.

Библ. 10.

УДК 622.647.82:51.001.57

Ларионов Г.И., Брагинец Д.Д., Кирия Р.В. **К анализу результатов имитационного моделирования работы бункера-перегрузателя** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.123 - 129.

Рассматривается процедура использования метода последовательной аппроксимации к анализу результатов имитационного моделирования работы бункера-перегрузателя. Результатом использования метода явилось получение математической модели работы бункера-перегрузателя в форме обобщенной функции Коба-Дугласа. Относительная погрешность результатов, полученных с использованием математической модели и имитационного моделирования, не превышала 2%, что соответствует точности инженерных расчетов.

Библ. 3, ил. 2, табл. 1.

УДК 519.873

Песчанський О.І., Коваленко А.І. **Стаціонарні характеристики однолінійної системи з втратами і контролем якості обслуговування** // Системные технологии. Региональ-

ный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.130 - 140.

Побудована напівмарковська модель однопілляної системи масового обслуговування з втратами та контролем якості обслуговування заявки в момент надходження до системи наступної заявки. У явному вигляді знайдені стаціонарні характеристики системи у припущенні, що час між надходженням заявок до системи та час їх обслуговування є випадковими величинами з функціями розподілу загального вигляду.

Бібл. 8.

УДК 669.168

Михальов А.І., Кузнецов В.І., Ковалик Н.М., Теплякова Г.Л. **Інтеграція методів багатокритеріального аналізу та їхнє застосування у системі підтримки прийняття рішень** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.141 - 153.

Розглянуто застосування методів багатокритеріального аналізу для навчальних цілей та практичних задач у складі системи підтримки прийняття рішень. Розроблений алгоритм методу, що об'єднує методи аналізу ієрархій, зважених сум та матриці рішень. Запропоновано модель багатокритеріальної динамічної діагностики.

Бібл. 9, іл. 4.

УДК 044.031.43

Кукіч М.Р. **Методи та моделі інформаційного пошуку, аналізу та обробки текстових колекцій** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.154 - 159.

Розроблена система, незважаючи на наявність повної функціональності, необхідної для поставленої задачі, має досить простий і зрозумілий інтерфейс. Таким чином, користувачеві не потрібно багато часу для оволодіння програмою, так само немає потреби ні в якому навчальному посібнику. Як користуватися функціями, можна зрозуміти інтуїтивно. Швидкість аналізу документів достатньо велика і визначення сумлінності роботи не займає багато часу. Все це дозволить програмі поширюватися серед шкіл, вузів і дугіх закладах, у яких є необхідність у визначенні унікальності текстових файлів.

Бібл.7.

УДК 622.647.82:51.001.57

Кірія Р.В. **Математична модель функціонування усереднюючого бункеру в умовах вугільних шахт** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.160 - 169.

На основі теорії безперервних марківських процесів розроблено математичну модель функціонування усереднюючого бункеру конвеєрного транспорту вугільних шахт. Визначено мінімальну продуктивність розвантаження бункера в режимі підтримки в ньому захисного шару вантажу. Результати теоретичних досліджень порівнювалися з результатами імітаційного моделювання.

Бібл. 8, іл. 2

УДК 530.1:681.3.068

Новікова К.Ю., Михайловська Т.В., Михальов О.І. **Fuzzy - ідентифікація теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння** // Системные технологии. Ре-

гиональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (75). - Днепропетровск, 2011. - с.170 - 174.

Робота присвячена fuzzy – ідентифікації теплофізичних параметрів при моделюванні твердіння. Вперше для побудови системи нечіткої ідентифікації теплофізичних параметрів застосовується нечіткий підхід, який імітує інженерну інтуїцію та дозволяє робити розрахунок прийнятності проектного рішення, аналізувати параметри твердіння.

Бібл.7.

УДК 629.4

Скалозуб В. В., Бардась О. О., Скалозуб М. В. **Про наближену декомпозицію NP-повних задач управління складними системами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 1 (80). – Дніпропетровськ, 2011. – с. 1 – 10.

Розроблено наближений метод послідовної декомпозиції дискретних комбінаторних задач управління складними системами. В якості прикладів розглянуті задачі вибору черговості обробки составів поїздів на сортувальних станціях і планування ремонтів множин технічних об'єктів.

Бібл. 8, іл. 4.

УДК 539.3

Akhundov V. M., Skripochka T.A. **Design of the weld-fabricated rubber-metallic hinge. Coaxial twisting** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.3 - 8.

Research of the coaxial twisting of resilient element of the welded rubber metallic hinge, being a hollow cylinder from rubber or poliuretan is presented. on the basis of numeral method there are distributing of deformations and tensions on the thickness of cylindrical element, allowing to expose prochnostnye properties of hinge. An effect, reverse in relation to the effect of Poyntinga and consisting in an origin in the crossrunners of twirled, is demonstrated. Deformation descriptions of hinge, a questioner a specific twisting moment and axial force depending on the corner of rollup of hinge, are certain.

Bibl.8, ill.6.

UDC 621.928.13

Belodedenko S.V., Kononov D.A., Pelykh I.V. **Determination of the frequencies of free oscillation dinamicheskiiaktivnogo sieve** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.9 - 14.

We consider the new design dynamic active screen vibrating screen, designed to drop stuff metallurgical charge. The method of determining the geometric dimensions of the elements of the sieve. The basis of this technique is the condition that the frequencies of free oscillations and the driving force (shaft speed - imbalance). The sizes of the elements of screening surface, designed to drop stuff limestone.

Bibl. 6, il. 2 Tab. 1.

UDC 681.876.2

Michalev A.I., Guda A.I. **Comparative analysis of the two criteria for Van der Pol nonlinear dynamic system adaptive-searching identification** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.15 - 20.

This article is devoted to comparison of two adaptive-searching identification systems for Van-Der-Pole system, based on two criteria. Questions about search speed and precision in different modes are researched.

Ill. 6. bibl. 7.

UDC 669.162:621

Usenko V. A., Kovshov V. N., Petrenko V. A., Kuprikov R. A., Vylupko E.E., Sulimenko S.E. **Optimization of work of a blast furnace at the expense of definition of optimum conditions mutual gas distribution in the top and bottom zones** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.21 - 27.

Theoretical researches of distribution of gas streams are conducted in the top and bottom zones. Technological elimination of factors for the purpose of improvement of parameters of mathematical models is spent. The adequate mathematical description of distribution of gas streams and losses of pressure by methods regression and correlation analyses is received. Compromise optimization of factors of the bottom and top zones by a method of Lagrange, with the subsequent interpretation of results is executed. Technological recommendations about a parity of parameters of loading are offered and burning zones are long.

Lib.1, fig.4, tab.2.

UDC 629.7.023

Kondratiev A.V. **The concept of optimum design of aerospace products made of polymer composites** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.28 - 34.

Theoretical and some basic practical results, including a developed concept of optimizing the main parameters responsible designs of aerospace engineering polymer composite materials, which includes five interrelated components: design, production technology, operation, environment and safety of industrial activity.

Bibliogr. 4, Fig. 5.

UDC 621.774

Pilipenko S.V. **Development of the method for calculating parameters of the cold tube rolling in CTR and CTRR mills using lines of Bezier while developing the longitudinal profile of the working deformation cone** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.35 - 40.

Method for calibrating the tool of the cold tube rolling mills using Bezier`s lines is considered. The presented method ensures: decreasing value of relative deformation along the working cone; description of the form of the groove curve development by means of one dependence; ensuring the smooth connection of sections of roll pass design. Using the controlling coefficients included in proposed dependence of roll pass design for tool, it is possible to select any necessary schedule of deformation along the cone. The force parameters of the process are controlled by means of mathematical model. The present method requires additional practical researches.

Bibl. 6.

UDC 004.9

Bisikalo O.V., Kravchuk I.A. **Use of morphological analysis in problems of distance education** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.41 - 47.

Morphological analysis is considered as a component of linguistic analysis of textual information. Recent research directions of morphological analysis are reviewed. Use of the new method of morphological analysis, based on a statistical determination of morphemes from the dictionary of language images, in distance education systems is proposed. Analysis of information redundancy after introduction of relations through which the thesaurus has been implemented is done.

Bibl. 10, ill. 1.

UDC 004.8:004.912

Bodyanskiy Ye.V, Shubkina O.V. **Semantic annotation of text documents using modified probabilistic neural network** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.48 - 55.

Semantic annotation of text documents, which is based on the text objects (defined in vector form) assignment to different ontological concept, is considered. In this paper a method for semantic annotation based on modified probabilistic neural network, which is used for text mining and is a hybrid of the standard probabilistic neural network and a general regression neural network, is proposed. Due to this, it becomes possible to determine the probability for an incoming text object to each of the potentially possible classes of ontology and generate semantic annotations. This method provides the ability to process information

as it becomes available in sequential mode, characterized by simplicity of implementation and speed of information processing.

Ref. 8, fig. 1, tabl. 1.

UDC 621.396.969

Drobakhin O.O., Alekseev V.V., Zvegintcev A.V. **Application of microwave methods for detection of hidden elements of metal framework** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.56 - 61.

Data of multifrequency measurements, combined with a transverse scan, obtained experimentally in the frequency range of 8-12 GHz by the measuring and computing complex have been used for 2D-image forming for the object in the form of an I-beam. The frequency for single-frequency scanning method has been chosen.

Bibl. 2, im. 5.

UDC 620.179

Malaychuk V.P., Fedorovich A.I. **Reducing the influence of various types of interference with the singular spectrum analysis** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.62 - 66.

One of ways of reduction of influence of handicaps on results of the control is formation Hankel's matrixes and their singular-spectral analysis. Such analysis used for reduction of influence of handicaps by selection of own numbers and formation smoothed samples measurements. By carrying out the computational experiments, the possibility of reducing the influence of additive and modulation noise in strongly correlated sequence with different distribution laws of probability. Investigated the quality of the restoration of noisy sequences of different number of eigenvalues of Hankel.

Bibl. 2.

UDC 614.841

Musienko M.P., Didook V.A. **Conceptual model of a machine-building complex with a uniform technological and fire-security network of data gathering** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.67 - 77.

Data under the analysis of existing information models of machine-building complexes is cited. Advantages and lacks of considered models are considered. The principle of use of methods of the system analysis for search of the new model uniting technological and fire-security parts of a network of a machine-building complex is described. Results of research are resulted in the form of modified model CIM. The developed model allows to simplify essentially working out new or to make modernization of an old machine-building complex.

B. 4, pic. 5, t. 2.

UDC 658.012.011:004.3

Slesarev V. **Integrated systems of multi-operation metallurgical production management on the example of tubes rolling** / V V Slesarev, T A Zheldak // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.78 - 85.

The paper underlined the need for a multi-step metallurgical industries of the principle of integration of production and economic systems. In particular, we show how such an integrated order processing system can operate in a tube-rolling production. The estimation of economic and social effects of the possible implementation of the development in industrial practice.

Bibl. 7, fig. 2, Table. 0.

UDC 669.168

Hrapach Y.A., Govorukha V.B., Sharaeva V.L. **Development of information system for short-term forecast of economic indicators** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.86 - 90.

The work is dedicated to the design and creation of software tools for forecasting statistics in socio-economic sphere. Five methods of forecasting data are used to solve this problem: the method of exponential smoothing, Holt's method, the method of double smoothing Brown, Box-Jenkins method and the method of moving average.

Bibl. 4.

UDK 004.89

Shatovska T.B. Kamenieva I.V., Bobrov A.S. **Learning about learning project** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.91 - 98.

Learning system this is empirically and theoretically research how the interactions between the learning of the individual and that of the organisation is reflected in the form of preferred learners styles and their relations to the organisational learning/teaching approaches, processes and paradigms. Based on that reflection, our system will propose how learning/teaching can be supported by current ICT in the form of formal and automatic learner and organizational modelling and intelligent computer supported consulting about optimal individual and organisational teaching/learning methods, approaches and paradigms.

Bibl. 11.

UDK 378.016:004

Musienko M.P., Chornomaz I.K. **Methods of treatment of electronic textbooks in the computer systems of distant education with the limited resources** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.99 - 106.

The methods, the models of transformation of large volumes of educational information (on the example of multimedia electronic textbooks) under the set small size for the computer educational systems with the limited resources have been pointed out in the article. The new semantic model of presentation of educational material has been worked out. The usage of device of indexes treatment has been also offered, and the algorithmic providing of its work was worked out. Four methods of transformation of electronic textbook under the set border size have been developed. They are: at transformation of all textbook, certain chapters; forming of textbook at some beforehand known and unknown terms.

Bibl.6, pic.3.

UDC 004.031.43

Onoprienko O.I. Barashkov V.S. **Remote support system of certification «DiplomA»** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.107 - 112.

There were considered the main problems that arise in the process of certification of specialists. Proposed solution that allows us to become available to write graduate work remotely. The system allows you to distribute themes of the graduation projects among students, to plan work and split it into separate tasks, assign control measures. Also, the described system provides a means to exchange files and messages between users. Also, for ease of reference documents available tools to automatically generate orders for the externship and certification.

Bibl.6.

UDC 681.142.2

Zhuravlev V.N., Zhukovitsky I.V. **Model of impulse control speech process** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.113 - 122.

We consider the problem, the essence of which lies in the detection and analysis of the psycho-physiological impulse control speech processes, allowing to increase the reliability model of a speech message source.

Bibl. 10.

UDC 622.647.82:51.001.57

Larionov G.I., Braginec D.D., Kiriya R.V. **On result analyses of imitation modeling bunker-unloading work** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.123 - 129.

The procedure of sequence approximation method for result analyses of imitation modeling bunker-unloading work is presented. As a result, mathematic model in form of general Kobe-Douglas function is obtained. A mathematic model relative deflection and imitation modeling don't exceed value 2,5%, that is permit able for engineer methods.

Refs. 3, ill. 2, table. 1.

UDC 519.873

Peschansky A.I., Kovalenko A.I. **Stationary Characteristics of a Single-server System with Losses and Service Quality Control** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.130 - 140.

Semi-Markovian model of the single-server queue system with losses and service quality control executed at the moment of next request income has been built. An explicit form of system stationary characteristics has been defined under the assumption that time periods between requests income and request service time are random values with distribution functions of general kind.

Bibl. 8.

UDC 669,168

Mikhalyov A.I., Kuznetsov V.I., Kovalik N.M., Teplyakova G.L. **Integrating multicriteria analysis methods and their application in decision support system** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.141 - 153.

Application of multicriteria analysis methods for educational purposes and practical problems within a decision support system is considered. The algorithm method, which combines the analytic hierarchy weighted sums and matrix solutions, and model of multicriteria dynamic diagnostics are proposed.

Ref. 9, fig. 4.

Kuklich N.R. **Methods and models of information search, analysis and processing of text collections** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.154 - 159.

The developed system, despite the presence of the full functionality needed for the task is fairly simple and intuitive interface. Thus, the user does not take long to understand the program, as there is no need of any tutorial. How to use the functions can be understood intuitively. Speed of documents analysis is high enough and the definition of good faith does not take much time. All this will allow the program to spread wide between schools, universities and other places that have the need to define whether text file unique or not.

Lib.7.

UDK 622.647.82:51.001.57

Kirya R.V. **Mathematical model of functioning of usrednyayushego bunker in the conditions of coal mines** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.159 - 169.

On the basis of the theory of uninterrupted marcov processes the mathematical model of the functioning of middlening bunkers of mining conveyor transport is worked out. Minimum productivity of bunker unloading in the regime of maintenance in it the protective load layer is determined. The results of theoretical investigations were compared with the results of imitative modeling.

Refs. 8, ill. 2

UDC 530.1:681.3.068

Novikov K.Y., Mikchaylovskaya T.V., Mikchalev A.I. **Fuzzy - identification thermophysical parameters for modeling the solidification** // System technologies. N 4(75) - Dnipropetrovsk, 2011.- P.170 - 174.

Work is devoted to fuzzy - the identification of thermal parameters in modeling solidification. First for the construction of fuzzy identification of thermal parameters used fuzzy approach, which simulates engineering intuition and allows calculation of the acceptability of design solutions, analyze the curing parameters.

Bibl.7.

UDK 629.4

Skalozub V. V., Bardas A. A., Skalozub M. V. **About the approximate decomposition of the NP-complete problems of managing complex systems** // System technologies. Regional mezhvuzovskiy collection of the studies. – Release 1 (80). – Dnepropetrovsk, 2011. – p. 1 – 10.

Developed an approximate method for sequential decomposition of discrete combinatorial problems of managing complex systems .. As examples, the problem of choosing the order of processing the trains in marshalling yards and planning repairs sets of technical objects.

Bibl. 8, il. 4.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

Белодеденко Сергей Валентинович - д.т.н., профессор кафедры машин и агрегатов металлургического производства НМетАУ.

Кононов Дмитрий Александрович - к.т.н., доцент кафедры машин и агрегатов металлургического производства НМетАУ.

Ахундов В.М.

Скрипочка Т.А.

Пелых Игорь Владимирович - инженер-технолог ПАО «Евраз - ДМЗ им. Г.И. Петровского».

Михалёв Александр Ильич - д.т.н., проф., зав. каф. ИТС НметАУ.

Гуда Антон Игоревич - к.т.н., доц. каф. ИТС НметАУ.

Усенко Владимир Анатольевич - аспирант НметАУ.

Ковшов Владимир Николаевич - д.т.н. проф. НметАУ.

Петренко Виталий Александрович - д.т.н. проф. НметАУ.

Сулименко Сергей Евгеньевич - к.т.н. НметАУ.

Куприков Роман Алексеевич - аспирант НметАУ.

Вылупко Егор Евгеньевич - аспирант НметАУ.

Кондратьев Андрей Валерьевич – старший преподаватель, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

Григоренко В.У. - д.т.н., проф. кафедры ОМТ, НМетАУ.

Пилипенко С.В. - к.т.н., доц. кафедры ОМТ, НМетАУ.

Бісікало Олег Володимирович - к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет.

Кравчук Ірина Анатоліївна - Вінницький національний технічний університет.

Бодянский Евгений Владимирович – д.т.н., профессор, кафедра искусственного интеллекта, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Шубкина Ольга Васильевна – аспирант, кафедра искусственного интеллекта, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Дробахин Олег Олегович – заведующий кафедрой прикладной и компьютерной радиофизики Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара, д.ф.-м.н., профессор.

Алексеев Вячеслав Владимирович – м.н.с. кафедры прикладной и компьютерной радиофизики Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара.

Звегинцев Алексей Валериевич – студент четвертого курса кафедры прикладной и компьютерной радиофизики Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара.

Федорович А.И. - Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара.

Малайчук Валентин Павлович - профессор, доктор технічних наук, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

Мусиенко Максим Павлович – д.т.н., профессор, кафедры информационных технологий и программных систем Черноморского государственного университета им. Петра Могилы.

Дидук Виталий Андреевич – аспирант кафедры компьютеризированных и информационных технологий в приборостроении Черкасского государственного технологического университета.

Слесарев Володимир Вікторович – д.т.н., професор, завідувач кафедри системного аналізу і управління, декан факультету інформаційних технологій,

Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”.

Желдак Тімур Анатолійович – к.т.н., доцент, докторант кафедри системного аналізу і управління, Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”.

Храпач Юлія Александрова – к.т.н.доцент кафедри комп'ютерних технологій і вищої математики ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”.

Говоруха Владимир Борисович - к.ф.-м.н., заведуючий кафедрою вищої математики і інформатики Академії таможенної служби України.

Шараева Валентина Леонидовна - студентка ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”.

Шатовская Татьяна Борисовна - доцент каф. ПОЭВМ, Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Каменева Ирина Витальевна - аспирант каф. ПОЭВМ, Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Бобров Андрей Сергеевич - студент каф. ПОЭВМ, Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Чорномаз Иван Константинович – соискатель кафедры компьютеризированных и информационных технологий в приборостроении Черкасского государственного технологического университета.

Онопrienko Оксана Ивановна - студент, ХНУРЭ.

Барашков Вячеслав Сергеевич - студент, ХНУРЭ.

Журавлёв Владимир Николаевич - Запорожский национальный технический университет.

Жуковицкий Игорь Владимирович – д.т.н., профессор Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта.

Ларионов Григорий Иванович - к.т.н., ст. научн. сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.

Брагинцев Дмитрий Дмитриевич - мл. научн. сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.

Кирия Руслан Виссарионович - к.т.н., ст. научн. сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.

Песчанский Алексей Иванович - д.т.н., профессор кафедры высшей математики Севастопольского национального технического университета.

Коваленко Анна Игоревна - студентка факультета радиоэлектроники Севастопольского национального технического университета.

Кузнецов Владимир Иванович - к.т.н., доцент кафедры ИТС НметАУ.

Ковали Н.М. - студентка 4 – ого курса кафедры ИТС НметАУ.

Теплякова Г.Л. - студентка 4 – ого курса кафедры ИТС НметАУ.

Куклич Никита Романович - студент, ХНУРЭ.

Новикова Екатерина Юрьевна - к.т.н., доцент кафедры ИТС НметАУ.

Михайловская Татьяна Витальевна - к.т.н., доцент кафедры ИТС НметАУ.

Скалозуб Владислав Васильевич – д.т.н, проф, зав.кафедры КИТ Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна (ДНУЗТ).

Бардась Александр Александрович- ассистент ДНУЗТ.

Скалозуб Марина Владиславовна - аспирант ДНУЗТ.