

УДК 004.832:[621.31:532

Е. А. Арсирый, С. Г. Антошук, доктора техн. наук,
Б. Ф. Трофимов, канд. техн. наук

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОАЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕЙСТВУЮЩЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Аннотация. Разработана распределенная проблемно-ориентированная система поддержки принятия решений, которая базируется на новых моделях, методах и информационных технологиях, и позволяет решить важную научно-прикладную проблему повышения эффективности гидроаэродинамических процессов в действующем энергетическом оборудовании.

Ключевые слова: информационные модели, представление знаний, информационные технологии, поддержка принятия решений, эффективность гидроаэродинамических процессов, действующее энергетическое оборудование

**E. A. Arsiriy, ScD., S. G. Antoshchuk, ScD.,
B. F. Trofymov, PhD.**

DECISION MAKING SUPPORT FOR INCREASING EFFICIENCY OF HYDRO-AERODYNAMIC PROCESSES IN ACTIVE POWER EQUIPMENT

Abstract. The article describes to developing distributed problem-driven system of decision making support, which is based on new models, methods and information technologies. The system allows solving vital scientific-applied problem of increasing efficiency on hydro-aerodynamic processes in active power equipment.

Keywords: information models, knowledge representation, information technology, decision support, efficiency of hydro-aerodynamic processes, active power equipment

О. О. Арсірій, С. Г. Антошук, доктора техн. наук,
Б. Ф. Трофимов, канд. техн. наук

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОАЕРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ДІЮЧОМУ ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

Анотація. Розроблено розподілену проблемно-орієнтовану систему підтримки прийняття рішень, яка базується на нових моделях, методах та інформаційних технологіях, та дозволяє вирішити важливу науково-прикладну проблему підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів у діючому енергетичному обладнанні.

Ключові слова: інформаційні моделі, представлення знань, інформаційні технології, підтримка прийняття рішень, ефективність гідроаеродинамічних процесів, діюче енергетичне обладнання

Введение. В настоящее время, когда проблема энергетической независимости Украины вышла на первый план, усиливается роль информационных технологий автоматизации функций производственного и организационного управления для решения ряда проблем по повышению эффективности энергетических предприятий [1, 2, 3]. Одна из наиболее существенных проблем обусловлена противоречием между современными требованиями к повышению эффективности действующего энергетического оборудования (ДЕО) базового уровня, которое обеспечивает гидроаэродинамические процессы (ГП) подъема, сжатия, расширения

и транспортировки жидкостей и газов, и ограниченностью существующих функций производственного и организационного управления этими процессами. Средства автоматизации указанных функций на энергетических предприятиях, как правило, не содержат информационных технологий поддержки принятия решений по повышению эффективности ГП в ДЕО различного уровня функционирования [4, 5, 6, 7]. Это связано, в основном, с отсутствием единого информационного пространства для оценки состояния ГП в ДЕО и слабой формализацией процесса повышения их эффективности при совершенствовании ДЕО. Так, существующие на энергетических предприятиях информационные технологии автоматизации управления предприятием, проектных работ и

© Арсирый Е.А., Антошук С.Г.,
Трофимов Б.Ф., 2014

управления технологическими процессами, несмотря на широкий спектр решаемых задач, не обеспечивают информационной взаимосвязи (интеграции информации) между характеристиками процессов и оборудования на стадиях проектирования и эксплуатации. А имеющиеся на энергетических предприятиях информационные технологии для мониторинга состояния ГП в ДЭО, как правило, используют самостоятельные и несогласованные между собой характеристики и практически не учитывают системный подход, не позволяет формализовать оценку эффективности этих процессов. Ситуацию осложняет ограниченность гидроаэродинамических численных моделей при проектировании энергетического оборудования и при построении соответствующих критериев оценки эффективности его эксплуатации.

Таким образом, дезинтеграция и неопределенность информации и междисциплинарность существующих знаний о состоянии базовых гидроаэродинамических процессов в ДЭО существенно снижают возможности автоматизации основных функций производственного и организационного управления, направленных на повышение эффективности этих процессов, и ограничивают действия лиц, принимающих решения по совершенствованию ДЭО. При таких условиях актуальным является разработка распределенной проблемно-ориентированной системы поддержки принятия решений (СППР) повышения эффективности гидроаэродинамических процессов в ДЭО, которая базируется на исследованиях, связанных с [8, 9, 10, 11]:

- представлением и систематизацией информации о структуре, свойствах и параметры гидроаэродинамических процессов на различных уровнях функционирования ДЭО в едином информационном пространстве;

- мониторингом состояния гидроаэродинамических процессов на уровне энергетических агрегатов и их вспомогательных элементов;

- комплексной аналитико-визуальной обработкой информации данных физического моделирования о состоянии гидроаэродинамических процессов в физических прототипах вспомогательных элементов энергетических агрегатов.

Разработка системы поддержки принятия решений. Разрабатываемая система по повышению эффективности ГП в ДЭО (рис. 1, а) имеет классическую архитектуру и состоит из подсистем ввода, хранения, анализа данных и принятия решений, объединенных между собой с помощью интерфейсных средств для лица принимающего решения (ЛПР).

Подсистема ввода данных включает блоки комплексного мониторинга функционального состояния агрегатов и комплексного моделирования ГП вспомогательных элементах.

Подсистема хранения данных реализована на основе фреймовой модели базы знаний в виде цифрового макета (ЦМ) ДЭО, который является частью единого информационного пространства энергетического предприятия и объединяет следующие характеристики оборудования: технологические – сервера сбора данных, геометрические и технико-экономические – сервера АСУ и гидроаэродинамические – сервера моделирования.

Подсистема анализа и принятия решений включает блоки информационно-поискового анализа проектных данных на базе реляционной системы управления базами данных (СУБД), оперативного анализа эксплуатационных данных на основе технологий OLAP и интеллектуального анализа визуальных данных о состоянии ГП с использованием методов и алгоритмов Data Mining.

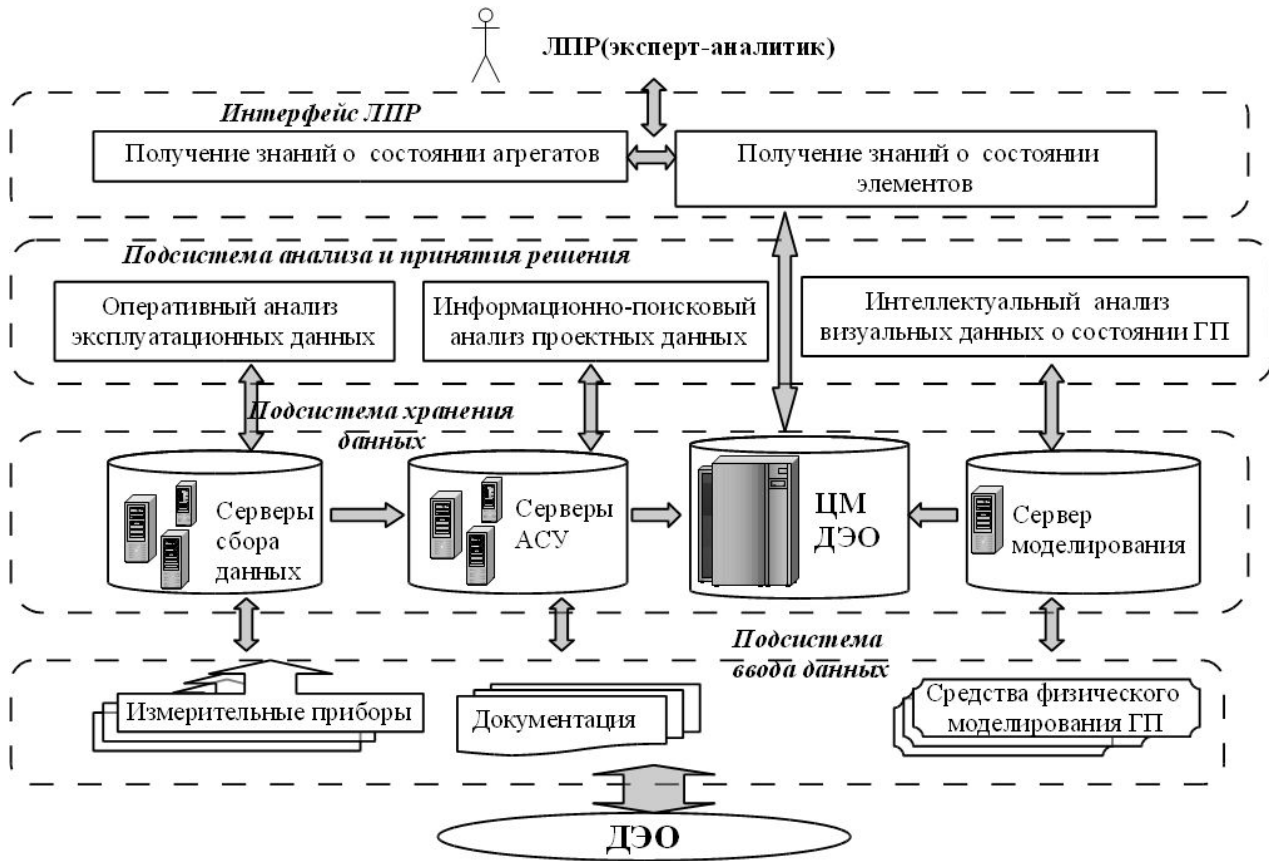
Информационная взаимосвязь перечисленных функционально распределенных подсистем разрабатываемой СППР осуществляется с помощью интерфейса ЛПР на основе разработанного ЦМ ДЭО (рис. 1, а).

Кроме того, разработанная СППР по повышению эффективности ГП в ДЭО учитывает функционально распределенный характер процесса принятия решений по совершенствованию ДЭО на основе трех информационно связанных между собой информационных технологий поддержки принятия решений (ИТ ППР) при проведении комплексных:

- мониторинга состояния ГП в сложных концептуальных объектах ДЭО – энергетических агрегатах на основе анализа норма-

тивно-справочной проектной и оперативной эксплуатационной информации об агрегатах;
 – моделирования ГП в простых концептуальных объектах ДЭО – вспомогательных элементах на основе анализа нормативно-справочной проектной, оперативной эксплуатационной информации, а также инфор-

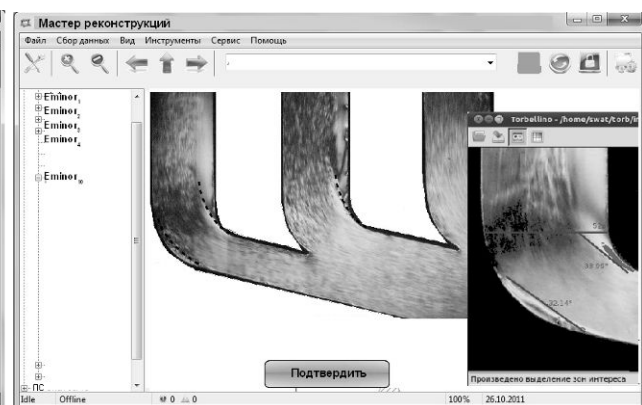
мации полученной при физическом моделировании;
 – аналитико-визуальной обработки данных физического моделирования ГП в прототипах вспомогательных элементов энергетических агрегатов для синтеза их модифицированного физического прототипа.



а



б



в

Рис. 1. Система поддержки принятия решений по повышению эффективности ГП в ДЭО:
 а – структура СППР; б – экранная форма мониторинга состояния ГП в агрегатах;
 в – экранная форма комплексного моделирования ГП в элементах

Информационные технологии поддержки принятия решений при комплексном мониторинге и моделировании ГП

В соответствии с разработанными ИТ ЛПП комплексных мониторинга и моделирования состояния ГП в энергетических агрегатах и их вспомогательных элементах процесс принятия решений ЛПП по совершенствованию ДЭО с целью повышения эффективности ГП можно представить в виде последовательности состоящей из четырех шагов.

Шаг 1. Из иерархически упорядоченных списков агрегатов (рис. 1, б) ЦМ ДЭО выбирается наименование анализируемого агрегата и ЛПП (эксперт-аналитик) получает доступ к нормативно-справочной из сервера автоматизированной системы управления (рис. 1, а) и оперативной из серверов сбора данных информации. Оперативные данные записываются в ЦМ ДЭО в усредненном виде за определенный временной период. Сравнение затрат мощности по норме и фактических (оперативных) позволяет признать анализируемый агрегат проблемным.

Шаг 2. Из иерархически упорядоченных списков элементов входящих в состав проблемного агрегата в ЦМ ДЭО (рис. 1, б) выбирается наименование анализируемого элемента. Сравнение значений гидроаэродинамических сопротивлений по норме (нормативно-справочная информация) и фактических (оперативная информация) позволяет признать анализируемый элемент проблемным.

Шаг 3. На экспериментальном стенде проводится серия экспериментов по физическому моделированию ГП в проблемном вспомогательном элементе с целью анализа причин высокого гидроаэродинамического сопротивления. Лицо, принимающее решение получает доступ к данным каждого эксперимента по его номеру из списка (рис. 1, в). По каждому эксперименту согласно разработанной параметрической модели вспомогательного элемента в базе данных на сервере моделирования (рис. 1, а) имеется следующая информация:

- геометрические модели исходного и модифицированного физических прототипов анализируемого вспомогательного элемента;
- значения гидроаэродинамических сопротивлений в них;

– данные о состоянии ГП в физическом прототипе элемента согласно информационной модели ГП.

Лицо, принимающее решение анализирует полученные экспериментальные данные согласно разработанных классификационных правил и при положительном решении подтверждает его принятие. При этом окончательные данные моделирования из базы данных на сервере моделирования перезаписываются в ЦМ ДЭО (рис. 1, а), уточняя значения соответствующих полей, и становятся доступными для дальнейшего анализа.

Шаг 4. Для принятия окончательного решения по совершенствованию элемента на основе анализа собранной (интегрированной) в ЦМ ДЭО информации ЛПП вводит дополнительные сведения о сложности реализации и согласований по предлагаемой реконструкции вспомогательного элемента и возможной ее окупаемости. При этом значение окупаемости зависит от прогнозируемого снижения гидроаэродинамического сопротивления. В результате формируется матрица решений

Информационная технология комплексной аналитико-визуальной обработки данных физического моделирования ГП

В соответствии с разработанной информационной технологией комплексной аналитико-визуальной обработкой данных (ИТ КАВОД) физического моделирования ГП в прототипах вспомогательных элементах энергетических агрегатов процесс принятия решений ЛПП при создании модифицированного прототипа вспомогательного элемента со сниженным гидроаэродинамическим сопротивлением можно представить в виде последовательности состоящей из четырех шагов.

Шаг 1. Получение информационной модели гидроаэродинамических структурных примитивов (ГСП) – $IPrim$, которая связывает визуальные $Data_{VP}$ и интеллектуальные данные $Data_{IP}$ и имеет вид:

$$IPrim = \langle Meta_{IP}, Data_{VP}, Data_{IP} \rangle, \quad (1)$$

где $Meta_{IP}$ – заголовок информационной модели, который содержит общую информацию о ГСП и имеет вид

$$Meta_{IP} = \langle Id, d_w, d_H, F, K \rangle, \quad (2)$$

где d_w, d_H – экспериментально определяемые горизонтальный и вертикальный размер ГСП в пикселях, зависящие от режима получения ГП; Id – идентификатор; F – множество групп статистических, спектральных, структурных и структурно-спектральных признаков; K – номер класса.

Визуальные данные ГСП $Data_{VP}$, представляют собой элементарный, непроецируемый фрагмент визуальных данных ГП, в котором обеспечивается псевдостационарность ГП согласованная с режимом их получения определим как:

$$Data_{VP} = \{B_{ij}\}, \quad i = \overline{1, d_w}, \quad j = \overline{1, d_H},$$

где B_{ij} – значение интенсивности (яркости) освещенности точки (пикселя) изображения с координатами i и j .

Интеллектуальные данные ГСП $Data_{IP}$, являющиеся результатом интеллектуального анализа $Data_{VP}$ определим как

$$Data_{IP} = \{Bk_{ij}\}, \quad i = \overline{1, d_w}, \quad j = \overline{1, d_H},$$

где Bk_{ij} – зависящее от K значение псевдоцвета пикселя изображения с координатами i и j .

Для получения визуальных данных ГСП $Data_{VP}$ ЛПР из экспериментальных данных сервера моделирования выбирает подлежащие анализу визуальные данные ГП. Условия их получения содержатся в данных заголовка и отображаются соответствующих полях формы «Кластеризация» интерфейса ЛПР (рис. 2, а). На основе предварительного анализа данных заголовка ЛПР задает параметры (размеры карты Кохонена [12] и размеры ГСП) для выделения кластеров ГСП. В результате проведения кластеризации визуальные данные $Data_{VP}$ из разных кластеров ГСП сохраняются виде набора изображений в отдельных каталогах. Далее они подвергаются

интеллектуальному анализу для получения групп признаков, которые записываются в соответствующие поля заголовка $Meta_{IP}$ (2) (рис. 2, б). При установке соответствующих флажков формируется файл обучающей выборки, который содержит вектора необходимых признаков ГСП для построения классификатора на следующем шаге.

Шаг 2. Выбор и адаптация нейросетевого классификатора выполняется для получения интеллектуальных данных ГСП $Data_{IP}$ (1) (рис. 2, в). С помощью данной диалоговой формы ЛПР выбирает из списка проектов нейронных сетей на сервере моделирования необходимый проект с заданной топологией многослойного персептрона и параметрами его обучения. Проекты получены на этапе предварительных исследований. Далее проводится его адаптация (обучение / до обучение) с использованием файла обучающей выборки, полученного на предыдущем шаге.

Шаг 3 Получение информационной модели ГП – $IEminor_G$, которая связывает визуальные $Data_{VE}$ и интеллектуальные данные $Data_{IE}$ и имеет вид

$$IEminor_G = \langle Meta_{VE}, Data_{VE}, Data_{IE} \rangle, \quad (3)$$

где $Meta_{VE}$ – заголовок информационной модели содержит общую информацию о режиме получения визуальных данных ГП $Data_{VE}$ на экспериментальном стенде физического моделирования и имеет вид

$$Meta_{VE} = \langle Re, E, L, Dw, Dh, R_s, R_c \rangle, \quad (4)$$

где Re – число Рейнольдса ($10^4 \leq Re \leq 10^6$) задает параметры моделируемого ГП с учетом подобия его реальному процессу; E – выдержка в диапазоне ($1/30 \div 1/2000$ сек); L – мощность освещения в диапазоне ($25 \div 1000$ Вт); Dw – горизонтальный размер изображения в пикселях; Dh – вертикальный размер изображения в пикселях; R_s – пространственное разрешение в пикселях на дюйм (ppi); R_c – цветовое разрешение 1 или 3 байта.

Визуальные данные о состоянии ГП $Data_{VE}$, являются изображениями искусственных поверхностей распределения интенсивности освещенности (цветности), которые однозначно характеризуют поле градиентов скоростей (давлений) ГП в физическом прототипе вспомогательного элемента. Динамические искусственные поверхности распределения градиентов скоростей (давлений) ГП получены путем использования метода визуализации дискретных структур потока, который принадлежит к классу поляризационно-оптических методов визуализации прозрачных рабочих тел на основе использования оптически активной жидкости [13]. Визуальные данные о состоянии ГП $Data_{VE}$ определены как

$$Data_{VE} = \{B_{ij}\}, i = \overline{1, Dw}, j = \overline{1, Dh},$$

где B_{ij} – зависящее от R_C значение интенсивности (яркости) освещенности пиксела изображения с координатами i и j .

Интеллектуальные данные ГП $Data_{IE}$ представляют собой знания, извлекаемые визуальных данных ГП $Data_{VE}$ и с учетом (3) определены как объединение интеллектуальных данных ГСП $Data_{IP}$:

$$Data_{IE} = [R_{IE}] \bigcup_{i=1}^X \bigcup_{j=1}^Y Data_{IP_{i,j}}, \quad (5)$$

где $X = (Dw \cdot R_S) / d_w, Y = (Dh \cdot R_S) / d_H$ – количество ГСП по горизонтали и вертикали соответственно; R_{IE} – правило их объединения.

Для получения $Data_{IE}$ ЛПР с помощью диалоговой формы (рис. 2, г) выбирает изображение (визуальные данные ГП), задает шаг дискретизации его на фрагменты в соответствии с информацией о размерах ГСП, полученных при кластеризации на Шаге 1 (рис. 3, а). Далее каждого из полученных фрагментов изображений вычисляются признаки, на основе которых формируется тестовую выборку. Выборка подается на нейросетевой классификатор, который принимает решение [14, 15]. На основе принятых решений формируется интеллектуальные данные ГП $Data_{IE}$, представляющие собой карту решений (рис.3, б).

Шаг 4. Синтез модифицированного прототипа вспомогательного элемента. На последнем шаге на основе полученных $Data_{IE}$ выполняется синтез модифицированного физического прототипа с использованием морфологической обработки состоящей из: удаления связанных неинформативных областей, определения связанных информативных областей; определения внутренней границы связанных информативных областей; получения с помощью аппроксимации аналитического описания огибающей внутренних границ связанных областей, а также получения модифицированного физического прототипа вспомогательного элемента с помощью добавления вставок-легал выполненных с учетом коэффициента масштабирования (1, 2, 3, 4 – зоны вставок-легал на рис. 3, в).

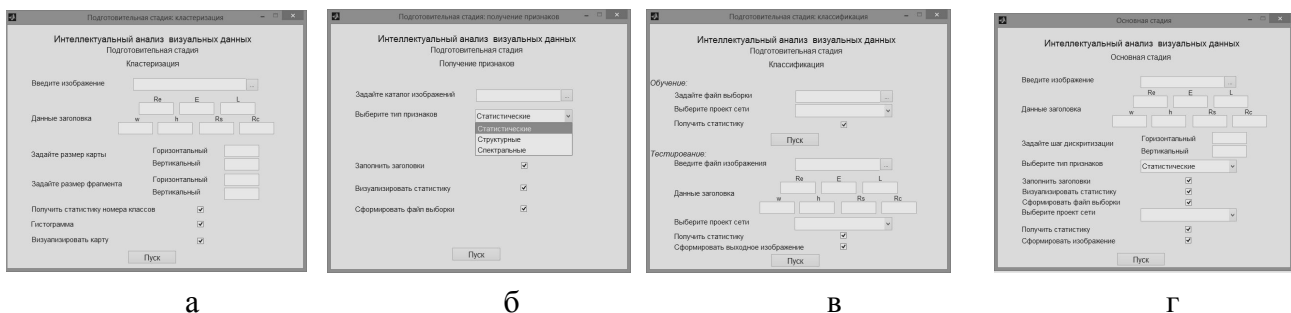


Рис. 2. Экранные формы ИТ КАВОД физического моделирования ГП:
 а – кластеризация; б – получение признаков; в – классификация;
 г – получение информационной модели ГП

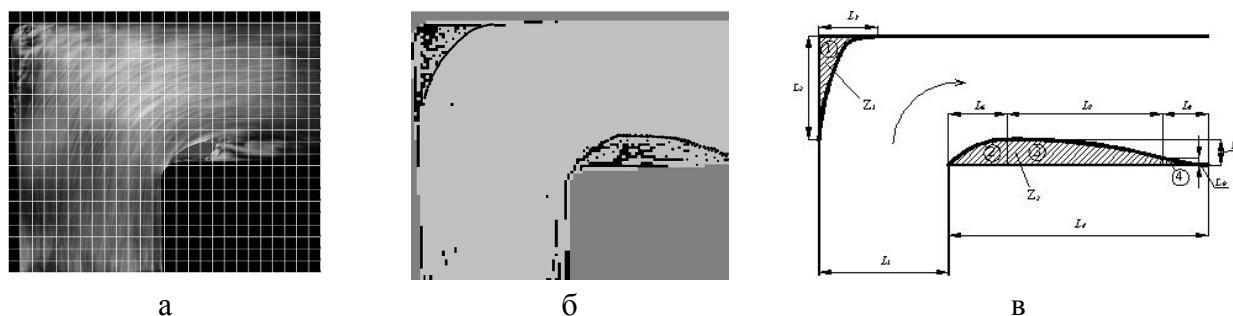


Рис. 3. Результаты использования ИТ КАВОД физического моделирования ГП в прототипе

вспомогательного элемента поворот потока на 90 град:

а – дискретизация; б – интеллектуальные даны ГП; в – добавление вставок лекал

Вывод

Таким образом, созданная авторами СППР дает возможность автоматизировать процесс принятия решений по повышению эффективности ГП в ДЭО за счет предоставления ЛПР более полной информации о состоянии ГП в энергетических агрегатах и их вспомогательных элементах, а также разработки рациональных сценариев организационного и производственного управления проведением их реконструкции.

В результате автоматизации разработки и реализации рациональных сценариев организационного и производственного управления при проведении реконструкции вспомогательных элементов повышены на 13 МВт тепловая мощность котельной установки и на 0,5 МВт электрическая мощность турбинной установки. Одновременно понижены удельные затраты мощности на 34 % и абсолютные расходы на 7 – 9% при работе основных элементов – дутьевых вентиляторов и дымососов. Кроме того, повышение эффективности аэродинамических процессов в электрофильтрах позволило снизить выбросы вредных веществ котельной установки с 255 до 47 мг / МВт при норме 50 мг / МВт

Список использованной литературы

1. Матюшин В. А. Особенности внедрения информационных систем управления ТООП / В. А. Матюшин, И. Н. Антоненко // Информатизация и системы управления в промышленности. – М. : – 2010. – № 1 (25), <http://isup.ru/articles/1/443/05.10.14>.

2. Егоров С. Я. Аналитические и процедурные модели компоновки оборудования промышленных производств: монография / С. Я. Егоров. – М. : Изд-во «Машиностроение-1», 2007. – 104 с.

ISBN 978–5–94275–339–9.

3. Андрианова І. І. Економічний аналіз енерго і ресурсозберігаючих інновацій для теплової енергетики / І. І. Андрианова, В. А. Арсірій // Актуальні проблеми економіки. – К. : Національна академія управління. – 2010. – № 11. – 15 с. ISSN 193-6788.

4. Программный комплекс (ПК) icDPM (Direct Part Marking) [Электронный ресурс] : система информационной поддержки жизненного цикла изделий, основанная на технологиях и средствах автоматической идентификации – Режим доступа : <http://intelcom.ru/?icdpm> (01.10.14).

5. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений / Э. А. Трахтенгерц. – М. : Синтег, 1998. – 376 с. ISBN 5–89638–003–8–М.

6. Трахтенгерц Э. А. Принятие решений на основе компьютерного анализа / Э. А. Трахтенгерц. – М. : ИПУ РАН, 1996. – 69 с.

7. Simon H.A., and Kadane J.B., (1975), Optimal Problem-Solving Search: All-or-none Solutions, *Artificial Intelligence*, Vol. 6(3), pp. 235 – 247.

8. Арсірій Е. А. Иерархическая модель данных для поддержки принятия решений при интенсификации процессов / Е. А. Арсірій // Електронні та комп'ютерні системи. – 2013. – № 10 (86). – С. 133 – 138.

9. Arsiriy E.A., Antoshchuk S.G., Arsiri V.A., and Groysman T.V., (2011), Improving the Efficiency of MLP Back Propagation Learn-

ing at the Classification of Quasi-Stationary Signals, *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS'2011*, 1, art. no. 6072775, pp. 365 – 368,

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-82955165035&partnerID=40&md5=95ed6c20c3fc8080212709550bda5e23> DOCUMENT TYPE: *Conference Paper* SOURCE: *Scopus*.

10. Арсирий Е. А. Разработка моделей элементов гидроаэродинамических систем на основе средств интеллектуальной визуализации / Е. А. Арсирий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Энергосберегающие технологии и оборудование. – 2013. – № 3/8(63). – С. 4 – 8.

11. Арсирий Е. А. Интеллектуальный анализ при комплексном моделировании для повышения надежности работы энергетического оборудования [Е. А. Арсирий, С. Г. Антошук, В. А. Арсирий, В. И. Кравченко] // Науково-технічний журнал «Радіоелектронні і комп'ютерні системи». – Харків : «ХАІ». – 2012. – № 6 (58). – С. 89 – 95

12. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты /Т. Кохонен : пер 3-го англ. Изд. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 – 655с. : ил. ISBN 978-5-94774-352-4 (русск.), ISBN 3-540-67921-9(англ)

13. Milton Van Dyke, (1982), *An Album of Fluid Motion: Assembled by Milton Van Dyke The Parabolic Press Stanford, California*, 182 p.

14. Горбань А. Н. Нейроинформатика / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кардин. – Новосибирск : Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с. ISBN 5–02–031410–2.

15. Смолин Д. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций / Д. В. Смолин – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с. ISBN 5–9221–0513–2.

Получено 01.10.14

References

1. Matyushin V.A., and Antonenko I.N. *Osobnosti vnedreniya informatsionnykh sistem upravleniya TOiR*, [Information Systems

Maintenance and Repair Implementation Features], (2010), *Informatizatsiya i Sistemy Upravleniya v Promyshlennosti*, Moscow, Russian Federation, No. 1 (25), <http://isup.ru/articles/1/443/> (05.10.14) (In Russian).

2. Egorov S.Ya. *Analiticheskie i protsedurnye modeli komponovki oborudovaniya promyshlennykh proizvodstv: monografiya* [Analytical and Procedural Models of Equipment Layout of Industrial Production: a Monograph], (2007), Moscow, Russian Federation, Izd-vo “Mashinostroenie–1”, 104 p. (In Russian). ISBN 978–5–94275–339–9.

3. Andrianova I.I., and Arsirii V.A. *Ekonomichnii analiz energo i resursovberigayuchikh innovatsii dlya teplovoi energetiki* [Economic Analysis Energy Saving Innovations for Thermal Energy], (2010), *Aktual'ni Problemi Ekonomiki*, Kiev, Ukraine, *Natsional'na Akademiya Upravlinnya*, No. 11, 15 p. (In Ukrainian). ISSN 193-6788.

4. The Program Complex (PC) icDPM (Direct Part Marking) [Electronic Resource]: the System of Information Support of CI Life Cycle of Products Based on the Technologies and tools for Automatic Identification (Mode access) <http://intelcom.ru/?icdpm>.

5. Trakhtengerts E.A. *Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya reshenii* [Computer Support Decision-Making], (1998), Moscow, Russian Federation, *Sinteg*, 376 p. ISBN 5–89638–003–8–M (In Russian).

6. Trakhtengerts E.A. *Prinyatie re-shenii na osnove komp'yuternogo analiza* [Making Decisions Based on Computer Analysis], (1996), Moscow, Russian Federation, *IPU RAN*, 69 p. (In Russian).

7. Simon H.A., and Kadane J.B., (1975), *Optimal Problem-Solving Search: All-or-none Solutions*, *Artificial Intelligence*, Vol. 6(3), pp. 235 – 247.

8. Arsirii E. A. *Ierarkhicheskaya model' dannykh dlya podderzhki prinyatiya reshenii pri intensivatsii protsessov* [Hierarchical data Model for Supporting Decision Making During Process Intensification], (2013), *Elektronni ta Komp'yuterni Sistemi*, No. 10 (86), pp. 133 – 138 (In Russian).

9. Arsiriy E.A., Antoshchuk S.G., Arsiri V.A., and Groysman T.V., (2011), Improving the Efficiency of MLP Back Propagation Learning at the Classification of Quasi-Stationary Signals, *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS'2011*, 1, art. no. 6072775, pp. 365-368.

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-82955165035&partnerID=40&md5=95ed6c20c3fc8080212709550bda5e23> DOCUMENT TYPE: *Conference Paper SOURCE: Scopus.*

10. Arsirii E.A. Razrabotka mo-delei elementov gidroaerodinamicheskikh sistem na osnove sredstv intellektual'noi vizualizatsii [Development of Models of Elements Hydro-Aerodynamics Systems Based on Intelligent Visualization Tools], (2013), *Vostochno-Evropeiskii Zhurnal Peredovykh Tekhnologii. Energosberegayushchie Tekhnologii i Oborudovanie*, No. 3/8(63), pp.4 – 8 (In Russian).

11. Arsirii E.A., Antoshchuk S.G., Arsirii V.A, and Kravchenko V.I Intellektual'nyi analiz pri kompleksnom modelirovaniii dlya povysheniya nadezhnosti raboty energeticheskogo oborudovaniya [Intelligent Analysis for Complex Modeling to Improve the Reliability of Power Equipment], (2012), *Naukovo-Tekhnichnii Zhurnal "Radioelektronni i Komp'yuterni Sistemi"*, Kharkiv, Ukraine, "KhAI", No. 6 (58), pp. 89 – 95 (In Russian).

12. Kokhonen T. Samoorganizuyushchiesya karty; per 3-go angl. Izd. [Self-Organizing Maps], (2008), Moscow, Russian Federation. *Laboratoriya Znaniy*, 655 p. ISBN 978-5-94774-352-4 (In Russian), ISBN 3-540-67921-9 (In English).

13. Milton Van Dyke, (1982), An Album of Fluid Motion: Assembled by Milton Van Dyke *The Parabolic Press Stanford*, California, 182 p.

14. Gorban' A.N., Dunin-Barkovskii V.L., and Kardin A.N. Neuroinformatika [Neuroinformatics], (1998), Novosibirsk, Russian Federation, *Nauka. Sibirskoe Predpriyatie RAN*, 296 p. ISBN 5-02-031410-2 (In Russian).

15. Smolin D. Vvedenie v iskusstvennyi intellekt: konspekt lektsii [Introduction to Artificial Intelligence: Lecture Notes], (2004), Mos-

cow, Russian Federation, *FIZMATLIT*, 208 p. (In Russian). ISBN 5-9221-0513-2.



Арсирый
Елена Александровна,
д-р техн. наук, доц., каф.
информационных систем
Одесского нац.
политехнического ун-та.
E-mail:
arsiriy@te.net.ua



Антошук
Светлана Григорьевна,
д-р техн. наук, проф.,
директор ин-та компьютерных систем
Одесского нац. политехнического
ун-та.
Тел.:+38048-7058-584,
E-mail:
asg@ics.opu.ua



Трофимов
Борис Федорович
канд. техн. наук, ст. преподаватель каф.
информационных систем
Одесского нац. политехнического
ун-та.
E-mail:
btrofimoff@gmail.com