

УДК 004.519.217

Е. А. Арсирий, канд. техн. наук

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Разработана иерархическая модель данных системы поддержки принятия решений для интенсификации процессов в гидроаэродинамических системах, отличительной особенностью которой является объединение структурных, топологических, функциональных, информационных, визуальных и интеллектуальных моделей представления элементов и процессов. Это позволило снять неопределенность информации, синтезировать новые структурные модели основных и вспомогательных элементов гидроаэродинамических систем с целью снижения гидроаэродинамических сопротивлений.

Ключевые слова: информационные технологии, системы поддержки принятия решений, моделирование гидроаэродинамики, проектирование и эксплуатация гидроаэродинамических систем, интенсификация процессов, интеллектуальный анализ данных

Ye. A. Arsiry, PhD.

HIERARCHICAL DATA MODEL FOR SUPPORTING DECISION MAKING DURING PROCESSES INTENSIFICATION

Abstract. The hierarchical data model of decision making support system for process intensification in the hydro-aerodynamics systems is developed. A distinctive feature of the model is the integration of structural, topological, functional, information, visual and data mining models of representing the elements and processes. It is allowed to remove the uncertainty of information, synthesize new structural model of the major and minor elements of hydro-aerodynamics systems for reducing hydro-aerodynamic resistance.

Keywords: information technology, decision support systems, fluid dynamics simulation, design and operation of the hydro-aerodynamics systems, process intensification, data mining

O. O. Arsiiriy, канд. техн. наук

ІЕРАРХІЧНА МОДЕЛЬ ДАНИХ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ

Анотація Розроблено ієрархічну модель даних системи підтримки прийняття рішень для інтенсифікації процесів у гідроаеродинамічних системах, відмінною особливістю якої є об'єднання структурних, топологічних, функціональних, інформаційних, візуальних та інтелектуальних моделей уявлень елементів і процесів. Це дозволило зняти невизначеність інформації, синтезувати нові структурні моделі основних і допоміжних елементів гідроаеродинамічних систем з метою зниження гідроаеродинамічних опорів.

Ключові слова: інформаційні технології, системи підтримки прийняття рішень, моделювання гідроаеродинаміки, проектування та експлуатація гідроаеродинамічних систем, інтенсифікація процесів, інтелектуальний аналіз даних

Введение

Анализ показывает, что эксплуатируемые сегодня энергетические объекты, магистральные и разветвленные сети со сложными гидроаэродинамическими элементами физически и морально устарели и по показателям эффективности не соответствуют мировым требованиям. [1]

Наиболее рациональным путем улучшения сложившегося положения является интенсификация процессов гидроаэродинамических систем (ГАДС) путем их переоснащения на основе увеличения количества и качества исследований, связанных с оценкой гидроаэродинамических процессов в существующем оборудовании (без разрушения

конструкций) и с моделированием новых системно-конструктивных решений с учетом новых требований эффективности.

Решить задачу поддержки таких исследований можно за счет разработки проблемно-ориентированной информационной технологии [2].

Однако разработка такой информационной технологии для поддержки принятия решений при интенсификации процессов в ГАДС связана с рядом проблем, основной из которых является междисциплинарный характер исследований. Это значит, что информационная технология должна решать задачу объединения форм представления данных из разных предметных областей (рис. 1). Для этого в данной статье разработан ряд моделей, отражающих предметную

© Арсирий Е.А., 2013

область на разных стадиях жизненного цикла ГАДС.



Рис. 1. Схема объединения форм представления данных в разных предметных областях

Разработанные модели в рамках создаваемой информационной технологии объединены в иерархическую модель данных. При этом выделяют технологические модели на уровне эксплуатации, информационные на уровне информационных технологий, визуальные на уровне комплексного моделирования и интеллектуальные модели на уровне интеллектуального анализа.

Технологические модели

Проведен анализ структурных моделей элементов при эксплуатации ГАДС. По наличию/отсутствию процесса преобразования энергии предложено структурные модели элементов ГАДС разделить на основные и вспомогательные.

К структурным моделям *основных элементов (E_{major})* относятся модели элементов, в которых происходит преобразование одного вида энергии в другой. Выделены следующие типы структурных моделей *E_{major}* (Ma): турбины, двигатели, котлы, печи, домны, нагнетатели (насосы, вентиляторы, компрессоры, дымососы) и др. При этом проектной характеристикой нагнетателей является полный напор $H_{E_{major}}$, определяемый фирмой изготовителем.

К структурным моделям *вспомогательных элементов (E_{minor})* относятся модели элементов, которые обеспечивают технологические особенности процессов преобразования энергии. Выделены следующие типы структурных моделей *E_{minor}* (Mi): входные и выходные участки труб и каналов, оборудования (патрубки); участки труб и каналов с внезапным расширением или сужением сечения (шайбы, диафрагмы), с плавным

расширением сечения (диффузоры) или сужением (конфузоры), с изменением направления потока – повороты (колена, отвод), со слиянием или разделением потока (тройники, крестовины, распределительные коллекторы), с препятствиями (насадки, решетки, сетки, пористые слои); трубопроводная арматура и лабиринты (клапаны, задвижки, затворы, уплотнения, компенсаторы); различные аппараты (очистительные аппараты, теплообменники).

Показано, что проектными характеристиками вспомогательных элементов сложной формы являются коэффициенты местных гидродинамических сопротивлений ζ_m , которые выбираются из справочников, а также потери на трение $\zeta_{тр}$, возникающие в относительно прямых элементах ГАДС. Потери на трение зависят от длины прямого участка. Сумма ζ_m и $\zeta_{тр}$ составляет гидродинамическое сопротивление ζ .

Для описания взаимосвязанного характера протекания физических процессов между структурными моделями элементов ГАДС рассмотрены четыре возможных топологических модели (схемы компоновок) R (rule lay-out).

На основании топологических моделей для анализа эффективности ГАДС разработана *функциональная «Н-модель»* ГАДС, особенностью которой является оценка ГАДС с точки зрения напорных (Н) характеристик основного и вспомогательных элементов. В соответствии с этой моделью критерий оценки эффективности ГАДС – показатели мощности и КПД основного элемента, определяемые по напорным характеристикам (согласно каталогам). Проведенные исследования оборудования по Н-модели показали, что реальная эффективность ГАДС отличается от модельной, поскольку не учитывает влияние старения и износа оборудования на гидроаэродинамические процессы.

Для устранения этого была предложена *функциональная «Р-модель»* ГАДС, особенностью которой – оценка ГАДС с точки зрения характеристик гидроаэродинамических сопротивлений основных и вспомогательных элементов. В этом случае критерием оценки эффективности ГАДС является давле-

ние/разряжение (P), измеряемое (манометрами/вакуумметрами) в любой точке системы. Преимуществом этой модели является возможность оценки реальной эффективности ГАДС. Поэтому данную модель целесообразно использовать для определения возможностей снижения потерь путем уменьшения сопротивлений элементов при интенсификации.

Информационные модели

При создании информационной технологии поддержки принятия решений с учетом происходящих информационных процессов на основе выше рассмотренных моделей (структурных, функциональных и топологических) разработаны соответствующие им информационные модели с точки зрения визуализации результатов моделирования при гидроаэродинамических процессах.

Информационную модель основного элемента (*Emajor*) ГАДС согласно Р-модели предложено представлять кортежем следующего вида:

$$Emajor = \langle Ma, G, n, D, P, Q, \zeta, N \rangle \quad (1),$$

где Ma – тип структурной модели основного элемента; G – конструкторский чертеж основного элемента; n – число оборотов рабочего колеса; D – диаметр рабочего колеса; P – создаваемое давление; Q – расход рабочего тела; ζ – гидроаэродинамическое сопротивление; N – электрическая мощность. При этом $P_{Emajor}^{lim} = k(\pi Dn)^2$ – предельное давление основного элемента, где k – коэффициент расчета.

Информационную модель вспомогательного элемента (*Eminor*) ГАДС согласно Р-модели предложено представлять кортежем так:

$$Eminor = \langle Mi, G, Q, \zeta, \Delta P \rangle \quad (2)$$

где Mi – тип структурной модели основного элемента; ΔP – потери давления.

При проведении моделирования для основных и вспомогательных элементов вводится понятие подобия.

Определение 1. Структурно-подобными называются элементы, чертежи которых можно привести друг к другу с помощью масштабирования. Структурно-подобные

элементы обозначаются $G' \xrightarrow{m} G$, где m – некоторый коэффициент масштабирования ($0,04 \leq m \leq 2,5$).

Информационную модель функционирования основного и вспомогательного элемента с точки зрения параметров гидроаэродинамических потоков можно характеризовать числом Рейнольдса следующим образом: $Re = Vd\rho/\mu$, где V – скорость потока; $V=Q/S$, Q – объемная скорость потока; S – площадь поперечного сечения в моделируемом элементе; $d \in G$ – геометрический размер элемента; ρ – плотность среды; μ – динамическая вязкость.

Определение 2. Функционально-подобными называются элементы, у которых числа Рейнольдса в гидроаэродинамических потоках находятся в диапазоне турбулентности [$10^4 \leq Re \leq 10^6$]. Функционально-подобные элементы обозначаются $Re' \cong Re$.

Определение 3. Функционально-подобными называются ГАДС, состоящие из структурно и функционально подобных основных и вспомогательных элементов.

Структурную модель ГАДС предложено представлять кортежем следующего вида:

$$C = \langle MV, Emajor, MP, R \rangle, \quad (3)$$

где MV – множество вспомогательных элементов, находящихся в зоне разрежения; MP – множество вспомогательных элементов, находящихся в зоне давления; R – правило объединения основного и вспомогательных элементов. При этом

$$MV = [R] \bigcup_{i=1}^m Eminor_i \text{ и } MP = [R] \bigcup_{j=1}^k Eminor_j, \text{ где}$$

$[R] \bigcup$ – правило объединения $Eminor$; m, k – количество элементов.

Информационную модель функционирования ГАДС согласно «Р- модели» (рис. 2) предложено представлять кортежем

$$P_{\bar{A}\bar{A}\bar{A}\bar{N}} = \langle IN, Q^*, OUT \rangle, \quad (4),$$

где IN – входной параметр; Q^* – рабочая точка для определения расхода; OUT – выходной параметр. При этом входным параметром является кортеж

$$IN = \left\langle P_{E_{major}}, -\Delta P_{E_{minor}_1}, -\Delta P_{E_{minor}_2}, \dots, -\Delta P_{E_{minor}_m}, \Delta P_{E_{minor}_1}, \Delta P_{E_{minor}_2}, \dots, \Delta P_{E_{minor}_k} \right\rangle,$$

где $P_{E_{major}}(Q)$ – функциональная зависимость давления от расхода в основном элементе E_{major} ; $\Delta P_{E_{minor}_i}(Q)$, $i=1, \dots, m$ – функциональные зависимости потерь давления от расхода в вспомогательных элементах $E_{minor}_i \in MV$; $\Delta P_{E_{minor}_j}(Q)$, $j=1, \dots, k$ – функциональные зависимости потерь давления от расхода в вспомогательных элементах $E_{minor}_j \in MP$.

Точка давления Q^* для определения расхода в ГАДС, вычисляется из следующего выражения:

$$P_{E_{major}}(Q) - \sum_{i=1}^k \left| -\Delta P_{E_{minor}_i}(Q) \right| = \sum_{i=1}^m \Delta P_{E_{minor}_i}(Q). \quad (5)$$

Выходным параметром является кортеж

$$OUT = \langle P_{E_{major}'}, P_{E_{major}''}, N_{E_{major}} \rangle,$$

где $P_{E_{major}'}$ – показание вакуумметра (зона разрежения) основного элемента E_{major} ; $P_{E_{major}''}$ – показание манометра (зона давления); $N_{E_{major}}$ – значение мощности основного элемента E_{major}

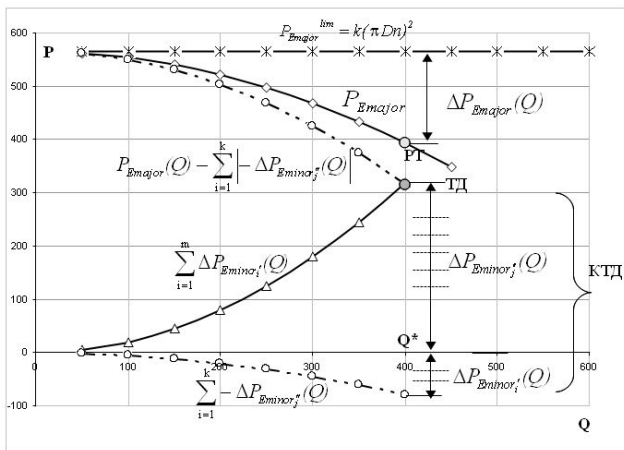


Рис. 2. Схема взаимосвязи параметров информационной модели функционирования ГАДС согласно Р-модели

Определение 4. Критерием эффективности ГАДС при расходе Q^* , определенном на основании информационной модели (4), будем называть

$$\hat{E}\ddot{I}\ddot{A} \ddot{A}\ddot{A}\ddot{N} = Q^* P_{E_{minor}_k} / N_{E_{major}} \quad (6),$$

где $P_{E_{minor}_k}$ – показание манометра перед последним вспомогательным элементом, расположенным в зоне давления

Определение 4. Критерием эффективности ГАДС при расходе Q^* , определенном на основании информационной модели (4), будем называть

$$\hat{E}\ddot{I}\ddot{A} \ddot{A}\ddot{A}\ddot{N} = Q^* P_{E_{minor}_k} / N_{E_{major}}, \quad (6)$$

где $P_{E_{minor}_k}$ – показание манометра перед последним вспомогательным элементом, расположенным в зоне давления.

Введенные модели позволяют реально оценивать энергетическую эффективность существующего оборудования, выявлять резервы уменьшения сопротивлений элементов при интенсификации

Визуальные и интеллектуальные модели

Для выявления и исследования влияния гидроаэродинамических процессов на гидравлические сопротивления в структурных моделях E_{major} и E_{minor} сложной формы разработаны средства комплексного моделирования, которые позволяют получить визуальные и интеллектуальные модели

Определение 5. Визуальной моделью VME основного или вспомогательного элемента ГАДС будем называть изображение в виде распределения оптической плотности, которое однозначно характеризует поле градиентов скоростей (давлений) гидродинамического потока в моделируемом элементе.

Определение 6. Визуальной моделью VMP гидродинамического структурного примитива (ГСП) будем называть элементарный, производный фрагмент изображения VME размер которого обеспечивает псевдостационарность и согласован с разрешающей способностью средств регистрации комплексного моделирования.

Определение 7. Интеллектуальной моделью IME основного или вспомогательного элемента ГАДС будем называть упорядоченное объединение ГСП

$$IME = [RE] \bigcup_{i=1}^n VMP_i, \quad (7)$$

где; $[RE] \bigcup$ – контекстно-зависимые процедуры объединения VMP ; n – количество VMP .

Определение 8. Интеллектуальной моделью ГСП будем называть выражение в логико-аналитическом виде:

$$IMHSP = \langle Id_k, VMP_k, F_k, K \rangle, \quad (8)$$

где Id_k – идентификатор; F_k – набор признаков; K – номер класса.

Набор признаков можно представить кортежем

$$F = \langle F_{sta}, F_{spe}, F_{str}, F_{str-spe} \rangle, \quad (9),$$

где $F_{sta}, F_{spe}, F_{str}, F_{str-spe}$ – множества признаков соответственно статистических, спектральных, структурных, структурно спектральных.

Интеллектуальная модель элементов ГАДС (8) отличается учетом логической структуры, что позволило создать методику интеллектуальной визуализации [3] с целью определения рациональных параметров моделей (1) и (2).

Вывод

Разработана иерархическая модель данных для информационной технологии поддержки принятия решений при интенсификации процессов в ГАДС, отличительной особенностью которой является объединение моделей данных из разных предметных областей, что позволило уточнять технологические модели основных и вспомогательных элементов ГАДС на базе разработанных визуальных и интеллектуальных моделей с целью снижения гидроаэродинамических сопротивлений [4, 5, 6].

Список использованной литературы

1. Арсирий, В. А. Повышение эффективности газотурбинных установок за счет совершенствования аэродинамики проточных частей. / В. А. Арсирий, А. С. Мазуренко, Е. А. Арсирий // Труды Одесского политехн. ун-та. – 2004. – Вып. 2/22. – С. 79 – 83.

2. Арсирий, Е. Интенсификация работы газовой турбины за счет совершенствования аэродинамических процессов [Арсирий Е., Мазуренко А., Арсирий В., Кравченко В.] // Politechnika Opolska, Instytut Elektrowni i Systemów Pomiarowych FORUM

ENERGETYKOW GRE 2012, 25-27.04.2012 – Szczyrk, Poland.

3. Арсірій, О. О. Аналіз зображень гідродинамічних потоків на основі самоорганізованих карт Кохонена / О. О. Арсірій, С. Г. Антощук, О. П. Василевська // Електронні та комп'ютерні системи. – 2012. – № 03 (78). – С.132 – 135.

4. Arsiry, E Reduction of Noise and Vibration of Turbo Machinery due to Improvement of Flowing Part / E. Arsiry, V. Arsiry // International Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas “SYMKOM’08”– Institute of Turbomachinery Technical University of Lodz, Lodz, 15-17 September, 2008.

5. Arsiry, E. The physical method of visual diagnostics of flow structure/ E. Arsiry, V. Arsiry // XII International Scientific Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. Rzeszow-Lviv-Kosice.-17-19 September 2009 – Rzeszow, Poland : – Z.54. – N 266. – P. 5 – 8.

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

Получено 23.04.2013

References

1. Arsiry, V. A. Increasing the efficiency of gas and turbine stations due to flowing parts aerodynamics inhansing / V. A. Arsiry, A. S. Mazurenko, Ye. A. Arsiry // Works of Odes'kyi Politechnichniy Universytet PRATSI. –2004. – Magazine 2/22. – P. 79 – 83. [in Russian].

2. Arsiry, Ye. Intencification of gas turbine work due to aerodynamics processes inhansing [Arsiry Ye., Mazurenko A., Arsiry V., Kravchenko V.] // Politechnika Opolska , Instytut Elektrowni i Systemów Pomiarowych FORUM ENERGE-TYKOW GRE 2012 25-27.04.2012 – Szczyrk , Poland [in English].

3. Arsiriy, O. O. The Images Analysis of Hydrodynamic Flow on Self-Organizing Kohonen Maps / O. O. Arsiriy, S. G. Antoshchuk, O. P. Vasilevskaya // *Electrotechnic and Computer System*. – 2012. – № 03 (78). – P. 132 – 135 [in Ukrainian].

4. Arsiriy, Ye. Reduction of Noise and Vibration of Turbo Machinery due to Improvement of Flowing Part / Ye. Arsiriy, V. Arsiry // *International Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas “SYMKOM’08”*– Institute of Turbomachinery Technical University of Lodz, Lodz, 15–17 September, 2008 [in English].

5. Arsiriy, Ye. The physical method of visual diagnostics of flow structure / Ye. Arsiriy, V. Arsiry // *XII International Scientific Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. Rzeszow–Lviv–Kosice.* -17-19 September 2009. – Rzeszow, Poland: – Z.54. – N 266. – P.5 – 8 [in English].

6. Arsiriy, Ye. A. . Intellectual analysis while complex modeling to increase energetic devices reliability/ [Arsiriy, Ye. A., Antoshchuk, S. G., Arsiriy, V. A., Kravchenko, V. I.] // *Radioelectronic and Computer System*. – 2012. – № 6 (58). –P. 89 – 95 [in Russian].



Арсирый Елена Александровна,
канд. техн.наук,доцент,
Одесского нац.
политехн. ун-та
e-mail: arsiriy@te.net.ua