УДК 004.9:681.518

Василевская А.П.

МОДЕЛИ И МЕТОД ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОАЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Анотация. Для создания метода энергосберегающего функционального проектирования ГАС в САПР разработаны: структурно-параметрические модели генерирующей и сетевой частей гидроаэродинамической системы; когнитивная модель представления параметров структурно-параметрических моделей и модель параметрической оптимизации в САПР гидроаэродинамических систем.

Ключевые слова: *энергосбережение, САПР гидроаэродинамических систем, параметрическая оптимизация, критерий эффективности.*

Василевська О.П.

МОДЕЛІ І МЕТОД ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОАЕРОДИНАМИЧНИХ СИСТЕМ

Анотація. Для створення методу енергозберігаючого функціонального проектування ГАС в САПР розроблені: структурно - параметричні моделі генеруючої та мережевої частин гідро аеродинамічної системи; когнітивна модель представлення параметрів структурно-параметричних моделей і модель параметричної оптимізації в САПР гідроаеродинамічних систем .

Ключові слова: *енергозбереження , САПР гідроаеродинамічних систем , параметрична оптимізація, критерій ефективності.*

Vasylevska O.P.

MODELS AND METHOD OF ENERGY SAVING FUNCTIONAL DESIGN OF HYDRO-AERODYNAMIC SYSTEMS

Abstract. To create a method of energy-efficient functional design HAS in the CAD developed: structural-parametric models generate and network units of hydro-aerodynamic system; cognitive model of representation parameters structural-parametric models and model parametric optimization in CAD of hydro-aerodynamics systems.

Keywords *energy efficiency , CAD of hydro- aerodynamic systems, parametric optimization, efficiency criterion.*

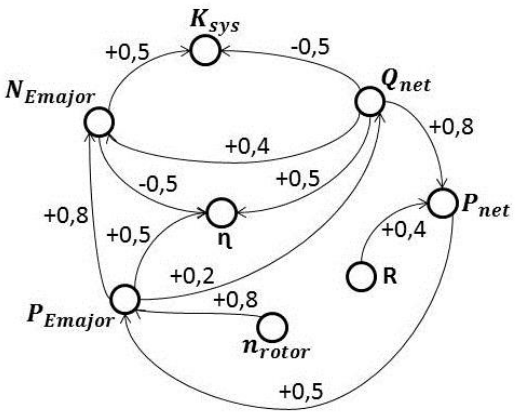
Введение Одним из приоритетных направлений в развитии современных энергосберегающих и экологически чистых технологий является энергосберегающее проектирование систем подъема, сжатия (расширения) и транспортирования рабочих тел (несжимаемых – жидкостей и сжимаемых – газов, воздуха, пара) - гидроаэродинамических систем (ГАС). При эксплуатации таких систем происходит повышение производительности за счет уменьшения интегральных потерь давления в энергетически пассивных технологических и вспомогательных элементах с одновременным уменьшением затрачиваемых энергетических ресурсов в энергетически активном основном элементе, улучшаются также показатели экологии, тепломассообмена и регулирования [1, 2, 3]. Проектирование ГАС выполняют с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР), в которых выделяют подсистемы системотехнического, функционального (инженерного) и конструкторско-технологического проектирования [4]. Подсистема функционального проектирования является основной подсистемой САПР ГАС, в рамках которой решаются следующие задачи [5, 6]:

- с учетом технического задания разрабатываются технические предложения на проектирование системы,

- на основе средств физического или численного моделирования гидроаэродинамических процессов выполняется параметрическое моделирование (modeling) проектирумой ГАС

– для обоснованного выбора технического решения выполняется параметрическая оптимизация созданных моделей (simulation) с учетом критерия эффективности.

Исследования показывают, что перечисленные задачи являются слабо формализованными и их решение в существующих САПР ГАС не учитывает современных требований по энергосбережению [7, 8].



а

Матрица смежности параметров		Ksys	NEmajor	Qnet	PEmajor	Pnet	η	R	nrotor
Удельные затраты мощности	Ksys	0	0,5	-0,5	0	0	0	0	0
Затраты мощности	NEmajor	0	0	0,4	0,8	0	0	0	0
Подача рабочего тела	Qnet	0	0	0	0,2	0	0	0	0
Давление	PEmajor	0	0	0	0	0,5	0	0	0,8
Потери давления	Pnet	0	0	0,8	0	0	0	0,4	0
КПД	η	0	-0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
Сопротивление	R	0	0	0	0	0	0	0	0
Обороты электродвигателя	nrotor	0	0	0	0	0	0	0	0

б

Пошаговое моделирование увеличения производительности		Проектное решение 2					Проектное решение 1			
		0	1	2	3	4	0	1	2	3
Удельные затраты мощности	Ksys	0,0	0,0	0,0	-5,0	-9,0	0,0	0,0	8,0	12,5
Затраты мощности	NEmajor	0,0	0,0	-2,0	-3,0	-6,0	0,0	0,0	16,4	10,4
Подача рабочего тела	Qnet	0,0	0,0	3,0	4,5	10,5	0,0	0,0	1,6	3,0
Давление	PEmajor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	6,0
Потери давления	Pnet	0,0	-15,0	-14,9	-14,5	-14,5	0,0	0,0	0,0	11,3
КПД	η	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,0	0,0	2,4	4,0	5,0
Сопротивление	R	**-10,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Обороты электродвигателя	nrotor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**10,0**	0,0	0,0	0,0

в

Рис. 2. Когнитивная модель представления параметров ГАС для оценки энергоэффективности проектных решений по повышению производительности ГАС
(а – орграф, б – матрица смежности параметров, в – результаты моделирования)

С другой, стороны принятие второго решения приводит к росту подачи Q_{Net} на 10,5%, снижению потерь давления P_{net}, давления P_{Emajor} затрат мощности N_{Emajor} и удельных затрат мощности $Ksys_{H-A}$ на 14,3%, 8%, 6% и 9% соответственно. Таким образом второе проектное решение является энергосберегающим потому, что при росте производительности ГАС на 13,5% удельные затраты мощности снижаются на 9% Однако значение КПД основного элемента K_{Emajor} в этом случае снижается на 5% .

Таким образом, с помощью разработанной когнитивной модели представления параметров усовершенствованных структурно-параметрических моделей генерирующей и сетевой частей гидроаэродинамической системы количественно оценена энергоэффективность проектных решений и обоснована целесообразность использования удельных затрат мощности в качестве критерия энергосбережения в САПР гидроаэродинамических систем

Шаг 5. С учетом разработанных структурно-параметрических моделей сетевой (2) и генерирующей (3) частей ГАС, а также когнитивной модели представления их параметров формализована постановка задачи параметрической оптимизации при проектировании ГАС. Сформулирован энергосберегающий критерий по значениям сопротивлений в энергетически пассивных элементах согласно, которому удельные затраты мощности в проектируемой ГАС должны стремиться минимуму:

$$K_{Sys_{H-A}} \quad \frac{N_{Emajor}(Q_{Emajor}, n_{Rotor})}{Q_{Sys_{H-A}}} \bullet\bullet_R \; o\min \quad (5)$$

при следующих условиях:

$$\begin{cases} P_{Emajor}(Q_{Emajor}, n_{Rotor}) \\ P_{Net}\left(\sum_{i}^{n}\left(\int_{Emino\Gamma} \int_{Etechnolog} \int_{Emino\Gamma_1}\right), Q_{Net}\right) \quad (a) \\ Q_{Emajor} \quad Q_{net} \quad 1{,}1Q^{*}_{Sys_{H-A}} \quad (b) \end{cases}$$

(6)

Таким образом, энергосберегающему проектному решению соответствует рабочая точка ***C*** на рис 1, б, образованная пересечением характеристик давления в основном элементе P_{Emajor} и интегральных потерь давления в сети P_{net} (6-а) для заданного значения подачи рабочего тела $1{,}1Q^{*}_{Sys_{H-A}}$ в системе (6-б) с учетом сформулированного критерия минимизации удельных затрат мощности (5).

Преимущества усовершенствованной модели параметрической показаны для методики функционального проектирования ГАС в САПР (см. рис 1, б). Как видим, при снижении сопротивлений (3) энергетически

пассивных элементов характеристика давления сети P_{netC} располагается правее ее первоначального аналога P_{netA} и значение коэффициента $K_{Sys_{H-A}}$ снижается с 1,22 до 1,077 (11,4%).

Выводы

Таким образом, для создания метода энергосберегающего функционального проектирования ГАС в САПР: структурно-параметрические модели генерирующей и сетевой частей гидроаэродинамической системы. когнитивная модель представления параметров структурно-параметрических моделей и модель параметрической оптимизации в САПР гидроаэродинамических систем.

Разработанные метод и модели реализованы в виде автоматизированного рабочего мести проектировщика, апробация которого при решении ряда практических задач при проектированию ГАС показала снижение удельных затрат мощности в среднем на 20-25%.

Список использованной литературы

1. Арсирий Е. А. Интеллектуальный анализ при комплексном моделировании для повышения надежности работы энергетического оборудования / Е. А. Арсирий, С. Г. Антощук, В. А. Арсирий, В. И. Кравченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харьков: – 2012. – Вып. 6(58). – С. 89–94.

2. Андріанова І. І. Економічний аналіз енерго і ресурсозберігаючих інновацій для теплової енергетики / І. І. Андріанова, В. А. Арсірій // Актуальні проблеми економіки. – Національна академія управління, К.: – 2010. – Вип. 11. – 15с.

3. Арсирий Е. А. Иерархическая модель данных для поддержки принятия решений при интенсификации процессов / Е. А. Арсирий // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одесса: – 2013. – Вып 10 (86). – С. 133 – 138

4. Норенков И. П. Автоматизированное проектирование. Учебник для вузов – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, М.: – 2000. – 207с.

5. Арсирий Е.А. Оценка состояния сложных процессов при реинжиниринге энергетического оборудования / Е. А. Арсирий, С. Г. Антощук, О. Ю. Бабилунга, В. А. Арсирий //Системи обробки інформації, Зб. наук. пр. / Харк. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба – Харьков: – 2015. – Вып.2(127). – С. 139 – 142.

6. Арсирий В. А. Повышение эффективности оборудования с использованием FST-технологии / В. А. Арсирий // Тр. Одесского политехнического ун-та. – Одесса: – 2003. – Вып. 2. – С. 187 – 191.

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

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

9. Simon H.A. The new science of management decision. Englewood Cliffs,N.Y., Prentice – Hall Inc., 1975.

10. Арсирий Е.А. Система поддержки принятия решений по повышению эффективности гидроаеродинамических процессов в действующем энергетическом оборудовании / Е. А. Арсирий, С. Г. Антощук, Б. Ф. Трофимов // Електронні та комп'ютерні системи Вып. 16(92). – Одесса: – 2014. – С. 128-136.

11. Матюшин, В.А. Особенности внедрения информационных систем управления ТОиР / В.А. Матюшин, И.Н. Антоненко // Техническое обслуживание и ремонт. – Киров: – 2010. – Вып 1. – 60с.

12. Арсирий В.А. Повышение эффективности оборудования с использованием FST-технологии // Тр. Одес. Политехн. ун-та. — Одесса: – 2003. – Вып. 2. – С. 187 — 191

Получено 06.04.16

References

1. Arsiriy E. A., Antoshchuk S.G., Arsiriy V. A., Kravchenko V. Intelektualniy analiz pri kompleksnom modelirovanii dlya povisheniya nadejnosti raboti energeticheskogo oborudovaniya [Intelligent analysis for complex simulation to improve the reliability of power equipment] *(Kharkov Radioelektronni i kompyuterni systemi Publ).* – 2012. –Vol.6(58). – P. 89–94. *(In Russian)*

2. Andrianova I. I., Arsiriy V. A. Ekonomichny analiz enegro i resursozberigayuchih innovatsiy dlya teplovoї energetiki [Economic analysis of energy and resource-saving innovations for heating energetics] *(Kiev Natsionalna akademiya upravlinnya Publ., Aktualni problemi ekonomiki Publ).* – 2010. –Vol.11. – 15 p. *(In Ukrainian)*

3. Arsiriy E. A. Ierarhicheskaya model dannih dlya poddergki prinyatiya resheniy pri intensifikacii processov [The hierarchical data model to support decision making at the intensification of the processes] *(Odessa Elektronni ta komp'yuterni systemi Publ).* – 2013. – Vol.10 (86). – P. 133 – 138. *(In Russian)*

4. Norenkov I. P. Avtomatizirovannoe proektirovanie. Uchebnik dlya vuzoz. [Computer-aided design. Textbook for high schools] *(Moscow MGTU im. N.E.Baumana Publ).* – 2000. – 207p. *(In Russian)*

5. Arsiriy E. A., Antoshchuk S. G., Babilunga O. Y., Arsiriy V. A. Ocenka sostoyaniya slojnih processov pri reingenirenge energeticheskogo oborudovaniya [Assessment of complex processes in the reengineering power equipment] *(Sistemi obrobki Informacii, Sb. nauk. pr. Publ, Harkov. Un-t Povitr. Sil im. Ivana Kozheduba Publ).* – 2015. – Vip.2(127). – P. 139 - 142. *(In Russian)*

6. Arsiriy V. A. Povishenie effektivnosti oborudovaniya s ispol'zovaniem FST-technologiy [Increasing the efficiency of the equipment using the FST-technology] *(Odessa, Tr. Odesskogo politechnicheskogo un-ta Publ).* – 2003. – Vip. 2. – P. 187 – 191. *(In Russian)*

7. Trakhtengerc E.A. Komputernaya poddergka prinyatiya resheniy [Computer support of decision-making] *(Moscow, Sinteg Publ).* – 1998. – 376 p. – ISBN 5–89638–003–8–M. *(In Russian)*

8. Trakhtengerc E. A. Prinyatie resheniy na osnove komp'uternogo analiza [The adoption decision based on computer analysis] *(Moscow IPU RAN Publ).* – 1996. – 69 p. *(In Russian)*

9. Simon H.A. The new science of management decision. *(Englewood Cliffs,N.Y., Prentice – Hall Inc.).* – 1975. *(In English)*

10. Arsiriy E. A. Systema podderjki prinyatiya pesheniy po povisheniyu effektivnosti gidroaerodinamicheskih processov v deystvuyuschem energeticheskom oborudovanii [Decision Support System to improve the efficiency of hydro-aerodynamic processes in the existing energy equipment] *(Odessa Elektrotehnichni ta komp'yuterni systemi Publ).* – Vol.16(92), 2014. – P. 128-136. *(In Russian)*

11. Matyushin V. A., Antonenko I. N. Osobennosti vnedreniya informacionnih system upravleniya TOiR [Features of the implementation of management information systems TOiR] *(Kirov Tekhnicheskoe obslujivanie I remont Publ).* – 2010. – Vol.1. – 60p. *(In Russian)*

12. Arsiriy V. A. Povishenie effektivnosti oborudovaniya s ispol'zovaniem FST-tekhnologiy [Increasing the efficiency of the equipment using the FST-technology] *(Odessa, Tr. Odes. Poltekhn. Univer. Publ)* – 2003. – Vip. 2. – P. 187 — 191 *(In Russian)*

Василевская
Александра Петровна
аспирант
Одесского национального политехнического университета
тел. 0677489030,
sauterelle@mail.ru