

УДК 004.519.217

Е. А. Арсирий, канд. техн. наук,
С. Г. Антощук, В. А. Арсирий, доктора техн. наук

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Разработана концептуальная многоуровневая модель создания информационной технологии поддержки принятия решений по совершенствованию эксплуатируемого энергетического оборудования для повышения эффективности гидроаэродинамических процессов за счет интеграции информации, получаемой на уровнях мониторинга, системного анализа эффективности, моделирования и проектирования, что позволило добиться полного и эффективного использования всей доступной информации о гидроаэродинамических, геометрических, энергетических параметрах эксплуатируемого энергетического оборудования.

Ключевые слова: информационные технологии, системы поддержки принятия решений, моделирование гидроаэродинамики, проектирование и эксплуатация энергетического оборудования, повышение эффективности гидроаэродинамических процессов, интеллектуальный анализ данных

Е. А. Arsiriy, PhD.,
S. G. Antoshchuk, ScD., V. A. Arsiriy, ScD.

THE CONCEPTUAL MODEL FOR INFORMATIONAL SUPPORTING FOR IMPROVING THE EXPLOITED POWER EQUIPMENT

For improving the exploited power equipment it was developed the conceptual multi-level model for informational supporting of decision-making. The decisions are making for improving the efficiency of hydro-aerodynamics processes. The model allows integrating the information obtained on the levels of monitoring, on the levels of system performance analysis, on the levels of modeling and design. Also the model allows using efficiently all available information about the hydro-aerodynamics, geometry, energy parameters.

Keywords: information technology, decision support systems, fluid dynamics simulation, design and operation of power equipment, improving the efficiency of hydro-aerodynamics processes, data mining

О. О. Арсірій, канд. техн. наук,
С. Г. Антощук, В. А. Арсірій, доктори техн. наук

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ЕКСПЛУАТУЄТЬСЯ

Розроблено концептуальну багаторівневу модель створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо вдосконалення енергетичного обладнання, яке експлуатується, для підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів за рахунок інтеграції інформації, що одержується на рівнях моніторингу, системного аналізу ефективності, моделювання та проектування, а це дало змогу добитися повного і ефективного використання всієї доступної інформації про гідроаеродинамічні, геометричні, енергетичні параметри експлуатованого енергетичного обладнання, яке експлуатується.

Ключові слова: інформаційні технології, системи підтримки прийняття рішень, моделювання гідроаеродинаміки, проектування та експлуатація енергетичного обладнання, підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів, інтелектуальний аналіз даних

Введение. Сегодня Украина входит в десятку наиболее энергоемких стран. Снижение энергоемкости является первоочередной задачей. В Энергетической стратегии Украины обозначено, что к 2030 г. страна должна сократить показатель энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП) до 0,74 кВт/\$.

Достижимость этого напрямую связана с

© Арсирий Е.А., Антощук С.Г.,
Арсирий В.А., 2013

эффективностью эксплуатируемого энергетического оборудования, 50 % которого в настоящее время физически и морально устарело. Поэтому актуальным является совершенствование эксплуатируемого энергетического оборудования (ЭЭО), которое может осуществляться либо экстенсивными методами (замена устаревшего оборудования, перепроектирование) либо интенсивными методами (усовершенствование технологий, конструкций). Второй путь более эко-

номически эффективен, поскольку обеспечивается за счет увеличения производительности гидроаэродинамических процессов (ГАДП) без повышения энергетических затрат в нагнетателях. Однако его реализация возможна только при комплексном мониторинге, моделировании и системном анализе эффективности ГАДП в ЭЭО, а также при анализе технико-экономических показателей на двух основных этапах жизненного цикла энергетического оборудования (ЭО): проектировании и эксплуатации. За последние десятилетия для информационной поддержки этих двух этапов разработан ряд программных продуктов (рис. 1).

Концептуальная модель поддержки принятия решений

Для информационной поддержки проектирования ЭО широко используются системы автоматизированного проектирования (машиностроительная САПР), позволяющие автоматизировать весь процесс создания нового оборудования, который включает: численное или физическое моделирование ГАДП, анализ проектных гидродинамических параметров и принятия инженерного решения (подсистема Computer Aided Engineering – CAE), разработку конструкторской документации и определение геометрических параметров проектируемого оборудования (подсистема Computer Aided Design – CAD), проектирование технологических процессов монтажа оборудования и разработку технологической документации (подсистема Computer Aided Manufacturing – CAM). Проблемы совместного функционирования перечисленных подсистем решает подсистема управления проектными данными (Product Data Management – PDM)[1 – 3].

Информационная поддержка эксплуатации ЭО осуществляется на основе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Автоматизацию диспетчерских функций (сбор и обработка технологических данных о состоянии ЭЭО) в состав АСУТП обеспечивает система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На основе систем SCADA также разрабатывается программное обеспечение для непосредственного управления

технологическим оборудованием с помощью встроенных компьютерных систем CNC (Computer Numerical Control) на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными). Как правило, современные энергетические АСУТП представляют собой сложную распределенную систему управления (Distributed Control System, DCS) технологическим процессом, отличающуюся разветвленной системой сбора и управления на основе контрольно-измерительных приборов и типовых элементов автоматики, а также децентрализацией обработки данных об энергетических, технических и экономических параметрах процесса [4, 5].

Проведенный анализ возможностей существующих САПР и АСУТП по поддержанию жизненного цикла ЭЭО показал, что несмотря на широкий спектр решаемых задач, отсутствует информационная взаимосвязь (интеграция информации) между двумя основными этапами проектирования и эксплуатации. Наблюдающаяся дезинтеграция информации приводит к ряду негативных последствий:

на уровне системного анализа эффективности ГАДП – к росту ограничений установленной тепловой мощности по тяге и дутью с одновременным увеличением удельных затрат электрической мощности на работу тягодутьевого оборудования, и, как следствие, к неуклонному снижению эффективности ЭЭО;

на уровне комплексного мониторинга ГАДП – к невозможности проведения совместного одновременного анализа геометрических, гидродинамических, энергетических параметров ЭЭО, использования его результатов для оценки гидроаэродинамических сопротивлений отдельных элементов, т.е. определения вклада этих элементов в удельные затраты электрической мощности с целью определения «проблемных» мест;

на уровне комплексного моделирования и анализа структуры ГАДП в отдельных элементах ЭЭО – к невозможности принимать обоснованные решения по их совершенствованию с целью снижения гидроаэродинамических сопротивлений.

Все перечисленное позволяет сделать вывод об *отсутствии в Украине информационной поддержки совершенствования эксплуатируемого энергетического оборудования для повышения эффективности гидроаэродинамических процессов.*

Авторами для решения этой важной прикладной проблемы предлагается создание новой информационной технологии поддержки принятия решений (ИТ ППР) по совершенствованию ЭЭО с целью повышения эффективности ГАДП, концептуальная трехуровневая модель которой показана на рис. 2. Использование разработанной ИТ ППР совместно со средствами машиностроительных САПР и энергетических АСУ ТП позволит интегрировать информацию, полученную на этапах проектирования и эксплуатации, для продления жизненного цикла ЭЭО за счет его совершенствования. На основании этой модели разработана информационная технология поддержки решений по совершенствованию ЭЭО, которая позволит обеспечить и поддерживать следующее:

мониторинг гидроаэродинамических процессов в ЭЭО;

полное и эффективное использование всей доступной информации о гидроаэродинамических, геометрических, энергетических параметрах ЭЭО;

обеспечение единства информационного пространства на этапах проектирования и эксплуатации;

обеспечение единства моделей и методов на разных этапах принятия решений по повышению эффективности ЭЭО;

моделирование гидроаэродинамических процессов в элементах;

интеллектуальный анализ полученных данных и учет неопределенности структуры гидроаэродинамического процесса при совершенствовании ЭЭО;

поддержку принятия решений по совершенствованию ЭЭО.

При проведении *комплексного мониторинга* ЭЭО предложено рассматривать как многокомпонентную систему (S), состоящую из основного элемента $Emajor$ и множества вспомогательных элементов $Eminor$, взаимное расположение которых

предложено представлять кортежем следующего вида:

$$S = \langle MV, Emajor, MP, R \rangle, \quad (1)$$

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

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

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

Представление многокомпонентной системы S в виде кортежа (1) позволило определить недостатки методики анализа проектных решений на этапе инженерного проектирования ЭО (рис. 2). и определить ее недостатки.

Для полного и эффективного использования всей доступной информации о гидроаэродинамических и энергетических параметрах ЭЭО с целью анализа эффективности ГАДП предложено использовать *функциональные H- и P-модели*, в которых в качестве контролируемых величин используются значения напора или давления соответственно [6].

Согласно *H-модели* значение расхода рабочего тела Q^* в системе S определяется по рабочей точке из следующего выражения:

$$H_{Emajor}(Q) = \sum_{i=1}^{m+k} \Delta H_{Eminor(i)}(Q), \quad (2)$$

где $H_{Emajor}(Q)$ – экспериментально построенная зависимость напора в $Emajor$ при различных значениях расхода согласно данным изготовителя оборудования; $\Delta H_{Eminor(i)}(Q)$, $i=1, \dots, m+k$ – значения потерь напора в $Eminor(i)$ при заданных значениях расхода.

При этом потери напора для множества $Eminor$ определяются по эмпирической формуле Дарси-Вейсбаха $\Delta H = \zeta V_{cp}^2 / 2g$, где ζ – независимый справочный коэффициент гидроаэродинамического сопротивления, $V_{cp}^2 / 2g$ – величина скоростного (динамического) напора, которая экспериментально

приравняется к значению расхода рабочего тела Q^* .

Коэффициент эффективности ГАДП при расходе Q^* в проектируемом ЭО определяется как

$$\eta_{Emajor} = Q^* H_{Emajor}(Q^*) / N_{Emajor}(Q^*), \quad (3)$$

где H_{Emajor} – создаваемый напор; N_{Emajor} – удельные затраты мощности в $Emajor$.

При этом система считается эффективной, если подобран такой режим работы $Emajor$ (по числу оборотов двигателя – n и диаметру рабочего колеса – D), при котором η_{Emajor} принимает максимальное значение:

$$\eta_{Emajor} = \max_{n,D} \{ \eta_{Emajor}(Q, H_{Emajor}, N_{Emajor}) \}. \quad (4)$$

Многочисленные исследования показали, что Н-модель невозможно использовать на уровне системного анализа для оценки эффективности ГАДП в ЭЭО по следующим причинам:

на этапе эксплуатации ЭО технически сложно (отсутствуют необходимые приборы) построить напорную характеристику $H_{Emajor}(Q)$ и получить значения потерь напора $\Delta H_{Eminori}(Q)$;

значение коэффициента эффективности ГАДП η_{Emajor} определяется по напорной характеристике только $Emajor$, при этом потери напора в $Eminor$ учитываются только опосредовано через экспериментально определяемую величину расхода рабочего тела Q^*

значения гидроаэродинамических сопротивлений ζ в $Eminor$ выбираются из справочников, принимаются неизменными в течении всего срока эксплуатации ЭО и в дальнейшем не исследуются.

Поэтому в рамках разработанной концептуальной модели поддержки принятия решений для информационной поддержки уровня системного анализа ГАДП в ЭЭО и формализации принятия решений в терминах измеряемых величин давления (P) разработана функциональная Р-модель. Согласно Р-модели значение расхода рабочего тела Q^* в системе S определяется по рабочей точке давления из следующего выражения:

$$P_{Emajor}(Q) - \sum_{j=1}^k | - \Delta P_{Eminor_j^*}(Q) | = \sum_{i=1}^m \Delta P_{Eminor_i^*}(Q), \quad (5)$$

где $\Delta P_{Eminor_i^*}(Q)$, $i=1, \dots, m$ – измеряемые значения потерь давления при различных значениях расхода во вспомогательных элементах $Eminor_i \in MV$ согласно (1);

$\Delta P_{Eminor_j^*}(Q)$, $j=1, \dots, k$ – измеряемые значения потерь давления при различных значениях расхода в вспомогательных элементах $Eminor_j \in MP$ согласно (1). При этом

$P_{Emajor}(Q)$ – аналитическая зависимость давления, создаваемого в $Emajor$ для обеспечения требуемого расхода рабочего тела в системе S , получаемая следующим образом:

$$P_{Emajor}(Q) = P_{Emajor}^{lim} - \Delta P_{Emajor}(Q), \quad \text{где}$$

$P_{Emajor}^{lim} = k(\pi D n)^2$ – величина предельного давления в $Emajor$, не зависящая от расхода рабочего тела.

Потери давления ΔP на любом участке многокомпонентной системы можно измерить с помощью эксплуатационных приборов и затем определить из соотношения Дарси-Вейсбаха $\zeta = 2\Delta P / \rho V_{cp}^2$ величину гидроаэродинамического сопротивления – ζ .

Системный коэффициент эффективности ГАДП при расходе Q^* в ЭЭО согласно функциональной Р-модели

$$\eta_{process} = Q^* P_{process}(Q^*) / N_{Emajor}(Q^*), \quad (6)$$

где $P_{process}$ – показание прибора для заданного расхода после последнего (или перед первым) вспомогательным элементом системы S (1).

При этом система считается эффективной, если подобран такой режим работы системы (по значениям гидроаэродинамических сопротивлений в элементах), при котором $\eta_{process}$ принимает максимальное значение:

$$\eta_{process} = \max_{\zeta} \{ \eta_{process}(Q, P_{process}, N_{Emajor}) \}. \quad (7)$$

Разработанная методика оценки эффективности позволяет обоснованно принимать решения по необходимости совершенствования оборудования, находить “проблемные” элементы системы S .

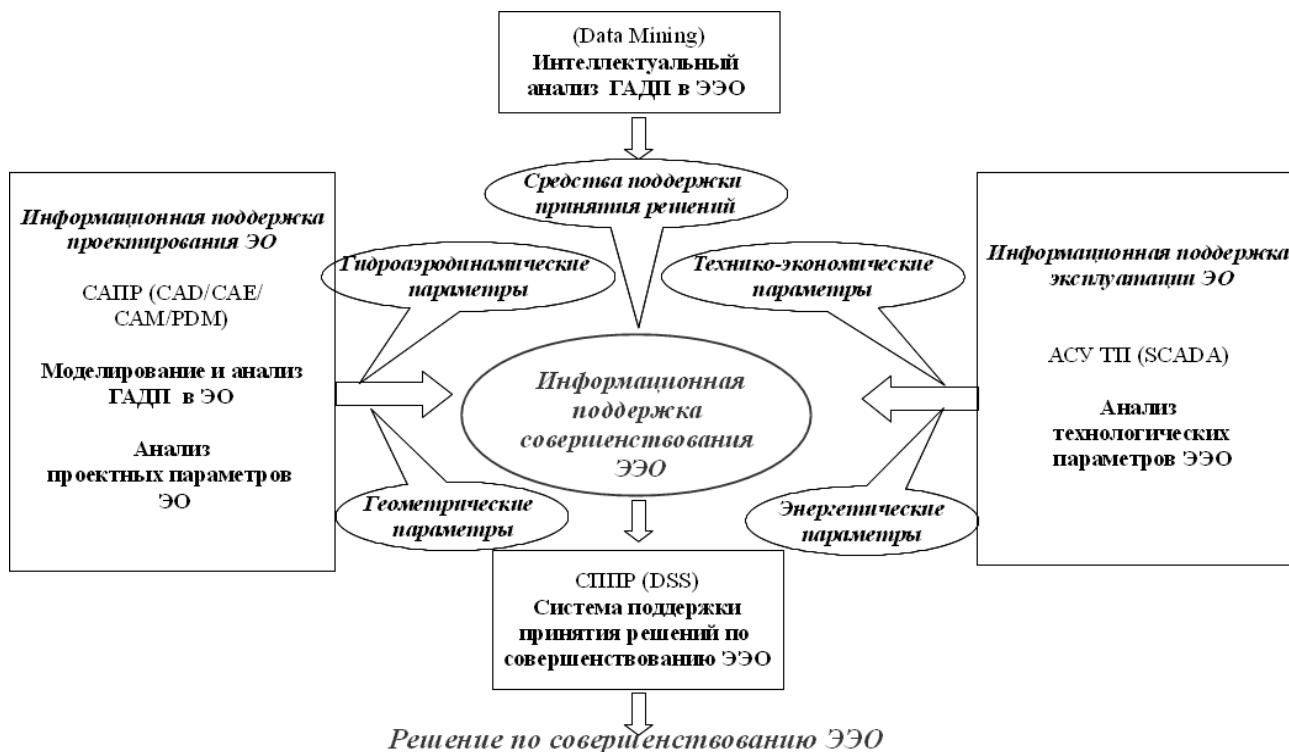


Рис. 1. Информационная поддержка совершенствования эксплуатируемого энергетического оборудования

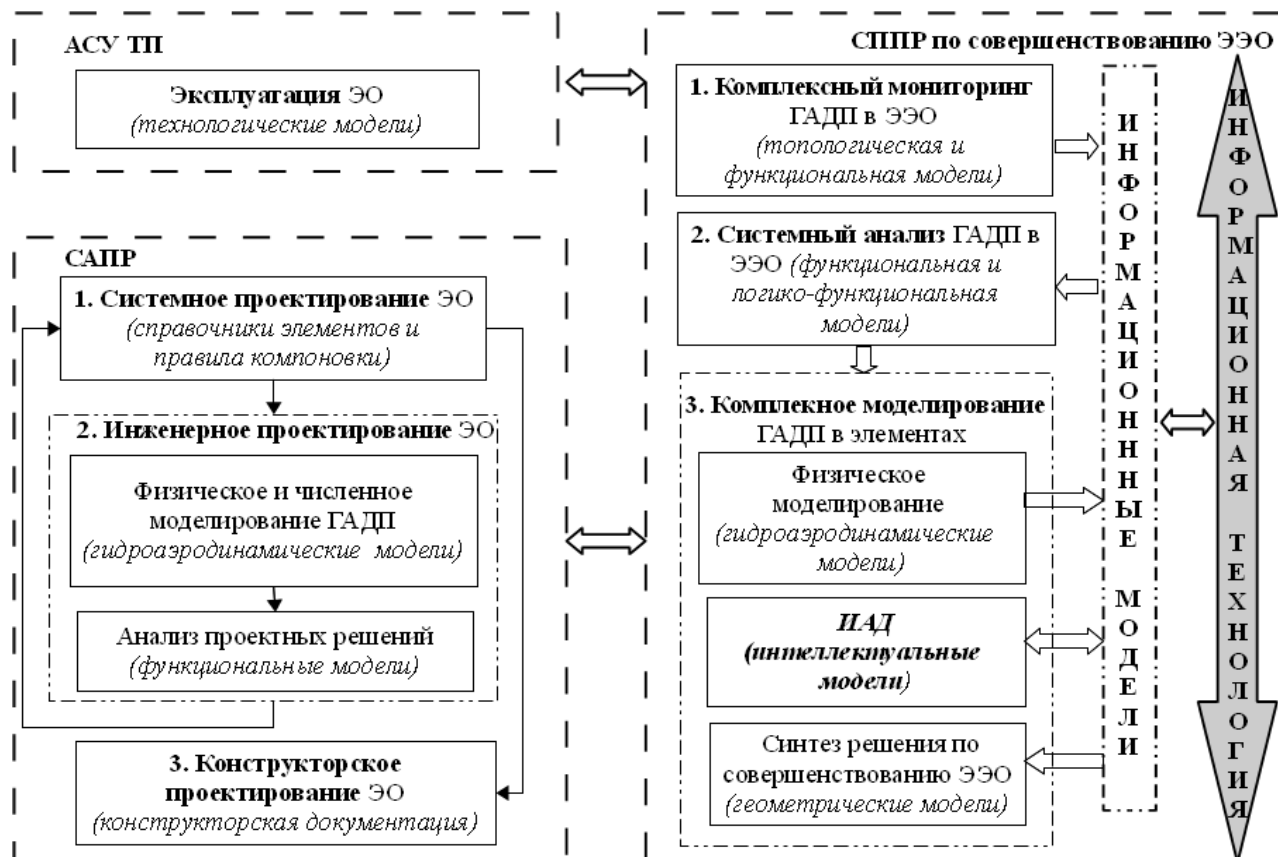


Рис. 2. Концептуальная модель информационной поддержки принятия решений по совершенствованию ЭЭО с целью повышения эффективности ГАДП

Такой подход позволил формализовать задачу принятия решений по совершенствованию оборудования в терминах измеряемых величин, что дало возможность сформулировать требование к задаче мониторинга и системного анализа ГАДП в ЭЭО.

Авторами для эффективного принятия решения при проектировании геометрии «проблемных» элементов системы S предложено комплексное моделирование, преимуществом которого является быстрое и обоснованное получение решения по совершенствованию элемента на основе интеллектуального анализа полученных данных и учета неопределенности структуры гидроаэродинамического процесса [7, 8].

Вывод

Разработанная на базе предложенной концепции информационная технология поддержки принятия решений позволила эффективно использовать разработанные модели, создать единое информационное пространство при поддержке решений по совершенствованию оборудования с учетом основных этапов проектирования и эксплуатации жизненного цикла ЭО. Ее использование при решении ряда практических задач позволило получить следующие положительные результаты [9 – 12]:

увеличена тепловая мощность отопительных котлов для снятия ограничений мощности по тяге и дутью на 15 – 30 %, при этом удельные затраты на работу тягодутьевых механизмов снижены более, чем на 50 %;

увеличена тепловая мощности энергетических котлов на 10 – 25 %, снижены удельные затраты мощности более, чем на 35 %, а также количество вредных выбросов при работе котлов на 5 %;

снижен уровень шума в термостатическом клапане на 10 % с одновременным уменьшением его габаритных размеров на 20 %.

Список использованной литературы

1. Goloshumova V. N Using the CAE Technologies of Engineering Analysis for Designing Steam Turbines at ZAO Ural Turbine Works [Text] / [V. N. Goloshumova, V. V. Kortenko, V. L. Pokhoriler and others] // Thermal Engineering. – 2008. – Vol. 55. – Iss. 8. – P. 681 – 683.

DOI : 10.1134/S0040601508080090.

2. Li J. Knowledge Based Engineering in Complicated Product Design [Text] / J. Li, Y. Yang, F. Wei // GSAM 2012: International Conference on Intelligent System and Applied Material. – 2012. – Vol. – 466 – 467. – P. 1135 – 1139.

DOI : 10.4028 /www.scientific.net/ AMR.466-467.1135.

3. Mihai G. A. Modern PLM Integrated Design Tools that Meet the of Principles of Concurrent Engineering [Text] / G. A. Mihai, D. Luiza, G. Daniela // 9-th WSEAS International Conference on System Science and Simulation in Engineering. – ICOSSE'10. – 2010. – P. 143 – 148.

ISSN : 1792507X ISBN: 978-960474230.

4. Prickett P. A SCADA Based Power Plant Monitoring and Management System [Text] / P. Prickett, G. Davies, R. Grosvenor // 5-th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Lecture Notes in Computer Science. KES 2011. – 2011. – Vol. 688. – PART 3. – P. 433 – 442.

DOI : 10.1007/978-3-642-23854-3_46.

5. Morosan A. A. SCADA System Designed for Making more Efficient Production in Flexible Manufacturing System [Text] / A. Morosan, F. Sisak // 13-th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics. CINTI 2012. – P. 409 – 413.

ISBN : 978-146735206-2Source.

DOI : 10.1109/ CINTI. 2012.6496801.

6. Арсирий Е. А. Иерархическая модель данных для поддержки принятия решений при интенсификации процессов [Текст] / Е. А. Арсирий // Электротехнические и компьютерные системы. – 2013. – № 10 (86). – С. 133 – 138.

7. Арсирий Е. А. Разработка моделей элементов гидроаэродинамических систем на основе средств интеллектуальной визуализации [Текст] / Е. А. Арсирий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Энергосберегающие технологии и оборудование. – 2013. – 3/8(63). – С.4 – 8.

8. Arsiry E. A. Improving the Efficiency of MLP Back Propagation Learning at the Classification of Quasi-Stationary Signals [Text] / [E. A. Arsiry, S. G. Antoshchuk, V. A. Arsiry and

others] // 6-th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems : Technology and Applications, 1, art. no. 6072775(2011). IDAACS'2011 – 2011. – P. 365 – 368.

URL : <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-82955165035&partnerID=40&md5=95ed6c20c3fc8080212709550bda5e23>.

9. Арсирый Е. А. Интеллектуальный анализ при комплексном моделировании для повышения надежности работы энергетического оборудования [Текст] / [Е. А. Арсирый, С. Г. Антошук, В. А. Арсирый и др.] // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків : ХАІ. – 2012. – № 6 (58). – С. 89 – 95.

10. Арсирый Е. А. Интенсификация работы газовой турбины за счет совершенствования аэродинамических процессов [Текст] / [Е. А. Арсирый, А. С. Мазуренко, В. А. Арсирый и др. // FORUM ENERGETYKOW GRE 2012 : Politechnika Opolska, Instytut Elektrowni i Systemow Pomiarowych. – 2012. – 86 p.

11. Arsiry E. Reduction of Noise and Vibration of Turbo Machinery due to Improvement of Flowing Part [Text] / E. Arsiry, V. Arsiry // International Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas. Institute of Turbomachinery Technical University of Lodz. – SYMKOM'08. – 2008. – P. 101 – 106.

12. Arsiry E. The Physical Method of Visual Diagnostics of Flow Structure [Text] / E. Arsiry, V. Arsiry // XII International Scientific Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. – 2009. – Z. 54. – N 266. – P. 5 – 8.

Получено 25.08.2013

References

1. Goloshumova V. N. Using the CAE Technologies of Engineering Analysis for Designing Steam Turbines at ZAO Ural Turbine Works [Text] / V. N. Goloshumova, V. V. Kortenko, V. L. Pokhoriler and others] // Thermal Engineering. – 2008. – Vol. 55. – Iss. 8. – P. 681 – 683 [in Russian].
DOI :10.1134/S0040601508080090 Print ISSN 0040-6015.

2. Li J. Knowledge Based Engineering in Complicated Product Design [Text] / J. Li, Y. Yang, F. Wei // International Conference on Intelligent System and Applied Material. – GSAM 2012. – 2012. – Vol. 466. – 467. – P. 1135 – 1139 [in English].

DOI : 10.4028 /www.scientific.net/ AMR.466-467.1135.

3. Mihai G. A. Modern PLM Integrated Design Tools that Meet the of Principles of Concurrent Engineering [Text] / G. A. Mihai, D. Luiza, G. Daniela // 9-th WSEAS International Conference on System Science and Simulation in Engineering, International Conference on System Science and Simulation in Engineering. – ICOSSSE'10. – 2010. – P. 143 – 148 [in English].

ISSN : 1792507X ISBN: 978-960474230.

4. Prickett P. A. SCADA Based Power Plant Mmonitoring and Management System [Text] / P. Prickett, G. Davies, R. Grosvenor // 15-th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems Lecture Notes in Computer Science. – KES 2011. – 2011. – Vol. 6883. – Iss. – PART 3. – P. 433 – 442 [in English].

ISSN : 03029743 ISBN: 978-364223853-6.

5. Morosan A. A. SCADA System Designed for Making More Efficient Production in Flexible Manufacturing System [Text] / A. Morosan, F. Sisak // 13-th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics. – CINTI 2012. – 2012. – P. 409 – 413 [in English].

ISBN : 978-146735206-2Source.

6. Arsiry E. Hierarchical Data Model for Supporting Decision Making During Processes Intensification [Text] / E. Arsiry // Electrotechnic and Computer System. – 2013. – № 10 (86). – P. 133 – 138 [in Russian].

7. Arsiry E. Developing of Hydroaerodynamic Systems' Elements Based on Intellectual Visualization [Text] / E. Arsiry // Eastern European Journal of Enterprise Thechnologies. – 2013. – 3/8(63). – P. 4 – 8.

8. Arsiry E. A. Improving the Efficiency of MLP Back Propagation Learning at the Classification of Quasi-Stationary Signals / [E.A. Arsiry, S.G. Antoshchuk, V. A. Arsiri and others] // 6-th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Comput-

ing Systems : Technology and Applications, 1, art. no. 6072775. – IDAACS'2011. – 2011. – P. 365 – 368 [in English].

9. Arsiriy V. A. Intellektual'nyy Analiz Pri kompleksnom Modelirovaniy Dlya Povysheniya Nadezhnosti Raboty Energeticheskogo Oboru-Dovaniya [Text] / [V. A. Arsiriy, S. G. Antoshchuk, O. O. Arsiriy and others] // Radioelectronic and Computer System. – 2012. – № 6 (58). – P. 89 – 95 [in Russian].

10. Arsiriy V. Intensifikatsiya Raboty Gazovoy Turbiny po Schet Overshenstvovaniya Aerodinamicheskii Protsesov [Text] / [V. Arsiriy, A. Mazurenko, V. Kravchenko and others] // FORUM ENERGETYKOW GRE : Politechnika Opolska, Instytut Elektrowni i Systemow Pomiarowych. – 2012. – 2012. – 86 p. [in Russian].

11. Arsiriy E. Reduction of Noise and Vibration of Turbo Machinery due to Improvement of Flowing Part [Text] / E. Arsiriy, V. Arsiry // International Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas – Institute of Turbomachinery Technical University of Lodz. – SYMKOM'08. – 2008 [in English].

12. Arsiriy E. The Physical Method of Visual Diagnostics of Flow Structure [Text] / E. Arsiriy, V. Arsiry // XII International Scientific Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering. Rzeszow-Lviv-Kosice. – 2009 – Rzeszow, Poland : – Z.54. – N 266. – P. 5 – 8 [in English].



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



Антошук Светлана Григорьевна, д-р техн. наук, проф. директор ин-та компьютер систем, зав. каф. информационных систем Одесск. нац. политехн. ун-та,
+38048-7348-584
asg@ics.opu.ua



Арсирый Василий Анатольевич, д-р техн. наук, проф., зав. каф. кондиционирования воздуха и механики жидкости Одесской гос. академии строительства и архитектуры,
e-mail: arsiry@te.net.ua