



University of Ioannina



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

- **ЗЕЛЕНЕ WIFI И МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ:МАРШРУТИЗАЦИЯ, СЕНСОРНЕ СЕТИ, АДАПТАЦИЯ, ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ**
GREEN WIFI AND MOBILE SYSTEMS AND NETWORKS: ROUTING, SENSOR NETWORKS, ADAPTATION, HYBRID SYSTEMS
- **ЗЕЛЕНЕ БД И ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: ДОСТУП, ДАТА-ЦЕНТРЫ, АРХИТЕКТУРЫ, УПРАВЛЕНИЕ**
GREEN DATABASES AND CLOUD COMPUTING: ACCESS, DATA CENTERS, ARCHITECTING, MANAGEMENT
- **ЗЕЛЕНЕ ИТ И ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ИУС: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ, ИУС ДЛЯ ИНДУСТРИИ И ВУЗОВ**
GREEN IT AND INDUSTRIAL I&C SYSTEMS: SMART GRID, I&C FOR INDUSTRY AND UNIVERSITIES
- **ЗЕЛЕНЕ ИТ ДЛЯ БИЗНЕСА И ОБЩЕСТВА: ВЕБ ДЛЯ ГРИН, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ИТ-КООПЕРАЦИЯ**
GREEN IT FOR BUSINESS AND SOCIETY: WEB4GREEN, ECONOMIC ISSUES, IT-COOPERATION



ЗЕЛЕНАЯ ИТ-ИНЖЕНЕРИЯ
Том 2. Системы,
индустрия, социум

GREEN IT-ENGINEERING
Volume 2. Systems,
industry, society



ЗЕЛЕНАЯ ИТ-ИНЖЕНЕРИЯ **Том 2. Системы,** **индустрия, социум**

Лекционный материал

GREEN IT-ENGINEERING **Volume 2. Systems,** **industry, society**



2014



**Министерство образования и науки Украины
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»**

ЗЕЛЕНАЯ ИТ-ИНЖЕНЕРИЯ

Том 2. Системы, индустрия, социум

Под редакцией В.С. Харченко

Проект
TEMPUS-GREENCO 530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR
Green Computing and Communication

2014

УДК 004: 504(045)

348

Двохтомне видання (Том 1. Принципи, моделі, компоненти; Том 2. Системи, індустрія, суспільство) вміщує лекційний матеріал з теоретичних і практичних аспектів зеленої ІТ-інженерії для магістерських, докторантських (PhD) курсів і тренінг-модулів, розроблених за проектом TEMPUS-GREENCO Green Computing and Communication (530270-TEMPUS-I-2012-I-UK-TEMPUS-JPCR). Другий том базується на результатах аналізу, досліджень та розробок у сфері зелених (енергозберігаючих) комп'ютерних систем, мереж, ІТ-інфраструктур, їх застосування в індустрії та у контексті зеленої культури суспільства взагалі. Описуються методи і технології для зелених бездротових і мобільних систем і мереж; зелених баз даних і хмарних інфраструктур; енергоефективних індустріальних інформаційно-керуючих і вбудованих систем, енергоінфраструктур; зелених ІТ у контексті економічної ефективності, кооперації бізнесу, науки та соціуму.

Для студентів, аспірантів та викладачів університетів відповідних спеціальностей, інженерів та дослідників у сфері енергоефективних, екологічних і безпечних інформаційних технологій та систем.

Рецензенти: Мохор Владимир Владимирович, начальник отдела Института проблем моделирования в энергетике имени Г.Е. Пухова НАН Украины, доктор технических наук, профессор;

Alex Yakovlev, Professor of Computing System Design Department, University of Newcastle-upon-Tyne (Great Britain), Doctor of Science on Engineering;

Сидоренко Николай Федорович, главный инженер НТ СКБ «Полисит» (Харьков, Украина), заслуженный изобретатель Украины, кандидат технических наук, доцент.

Харченко В.С.

ISBN 978-966-662-361-7

348 Зелена ІТ-інженерія. В 2-х томах. Том 2. Системи, індустрія, соціум / Под ред. Харченко В.С. – Министерство образования и науки Украины, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». - 2014. – 688 с.

Двохтомник (Том 1. Принципи, моделі, компоненти; Том 2. Системи, індустрія, соціум) содержит лекционный материал по зеленой ИТ-инженерии для магистерских, докторантских (PhD) курсов и тренингов, разработанных в проекте TEMPUS-GREENCO Green Computing and Communication (530270-TEMPUS-I-2012-I-UK-TEMPUS-JPCR). Второй том базируется на результатах анализа, исследований и разработок по зеленым (энергоберегающим) ИТ для компьютерных систем, сетей и инфраструктур, их применения в индустрии и в контексте зеленой культуры общества в целом. Описываются методы и средства для: зеленых беспроводных и мобильных систем и сетей; зеленых баз данных и облачных инфраструктур; энергоэффективных индустриальных информационно-управляющих и бортовых систем, энергоинфраструктур; зеленых ИТ в контексте экономической эффективности, кооперации, бизнеса, науки и социума.

Для студентов университетов, аспирантов и преподавателей университетов соответствующих специальностей, инженеров и исследователей в области энергоэффективных, экологических и безопасных ИТ и систем.

Библ. – 519 наименований, рисунков – 228, таблиц – 55.

Рекомендовано к изданию Ученым советом Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» (протокол № 1 от 24 сентября 2014 года).

УДК 004.504(045)

ISBN 978-966-662-361-7

© Харченко В.С.

© Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АКБ – аккумуляторная батарея

АКВИ – автомат контроля и восстановления информации

АМКВИ – автомат межканального обмена, программного контроля и восстановления информации

БД – база данных

БКУР – блок контроля и управления реконфигурацией

БП – базовая плата

БПЛС – беспроводная локальная сеть

(Б)СС – (беспроводная) сенсорная сеть

ГККС – гетерогенная корпоративная компьютерная сеть

ГУ – граничный узел

ИВ – интернет вещей (Internet of Things, IoT)

ИТ – информационная технология

ККС – корпоративная компьютерная сеть

Н(Г)СМ – наземная (гибридная) система мониторинга

ПКС – программно-конфигурируемая сеть

ПО – программное обеспечение

ПР – плата расширения

РС – рабочая станция

СКС – структурированная кабельная система

СМО – система массового обслуживания

СУБД – система управления базой данных

ТД – точка доступа

ЦОД – центр обработки данных

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) – усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием

BIOS (Basic Input/Output System) – базовая система ввода/вывода

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) – случайный множественный доступ с контролем несущей и избеганием коллизий

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) – случайный множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий

DCEP (Data Center Energy Productivity) – показатель энергетической продуктивности ЦОД

DCIE (Data Center Infrastructure Efficiency) – показатель эффективности инфраструктуры дата-центра

DTN (Delay-Tolerant Network) – сети, не чувствительные (толерантные) к задержкам

ESM (Energy-Save Metric) – показатель количества энергии, которое может быть сохранено при переводе простаивающих вычислительных ресурсов в «спящий» режим

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) – Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, ИИЭР

GTD (Getting Things Done) – методология повышения личной эффективности

MIB (Management Information Base) – информационная база менеджмента

OSI (Open Systems Interconnection Basic Reference Model) – базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем

PM (Project Management) – управление проектами

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) – свод знаний по управлению проектами

PPM (Project Management) – управление потоками мощности

PUE (Power Usage Effectiveness) – показатель эффективности использования электроэнергии в ЦОД

RACI (Responsibility Accountable Consulted Informed) – матрица ответственности для процесса отслеживания задач

R&D (Research and Development) – исследования и разработки

RMON (Remote Network MONitoring) – протокол мониторинга компьютерных сетей

RTU (Remote Terminal Unit) – удаленные терминалы

SLA (Service-Level Agreement) – соглашение о качестве услуг

SMART (Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology) – технология самоконтроля и составления диагностических отчетов

SWOT (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Treats) – анализ слабых и сильных сторон, возможностей и угроз

TRA (Technology Readiness Assessment) – оценка готовности технологии

TRL (Technology Readiness Level) – уровень готовности технологии

UIC (University-Industry Cooperation) – кооперация университетов и индустрии

USN (Ubiquitous Sensor Networks) – всепроникающие сенсорные сети

WBS (Work Breakdown Structure) – иерархическая структура работ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Детальное введение к изданию приведено в первом томе. Во втором томе книги излагаются вопросы, относящиеся к использованию зеленых информационных технологий (ИТ) на уровне систем, сетей, инфраструктур, описываются примеры их индустриального применения, экономические аспекты и аспекты кооперации ИТ-индустрии и университетов. Приведенный материал покрывает учебные курсы, разработанные в рамках проекта TEMPUS-GreenCo. Далее кратко описываются особенности проекта, дается характеристика содержания первого и второго томов, авторский коллектив.

Концепция проекта. В Украине и других постсоветских странах магистерские программы в области зеленых ИТ к моменту подачи проекта отсутствовали, хотя некоторые вопросы энергосбережения для ИТ-систем изучались в объеме отдельных тем и курсов, проводились исследования и разработки, которые не были объединены единой парадигмой. Поэтому концептуальным решением состояло не только в том, чтобы обобщить имеющийся опыт национальной и западных высших школ, адаптировать и разработать соответствующие курсы, а и создать, и внедрить уникальную образовательную программу, которая:

- имела бы вертикально-интегрированную трехуровневую структуру «магистратура – докторантура – инженерный тренинг-центр);
- покрывала все основные домены ИТ-систем: от кристалла до облачных инфраструктур;
- учитывала жизненный цикл зеленых ИТ;
- включала не только инженерные, а социальные аспекты зеленых ИТ;
- естественным образом продолжала проекты и программы в области критического компьютеринга и ИТ-безопасности;
- могла адаптироваться под различные информационные технологии и приложения.

Создаваемое методическое обеспечение для проекта включает лекционные материалы, практикумы (лабораторные исследования, мини-проекты, семинары, тренинги), тесты, рекомендации по самостоятельному изучению курсов.

Еще одним концептуальным положением проекта является его инновационность, поскольку:

- курсы строятся на основе результатов исследований и разработок его авторов, представляющих университеты и научные центры разных стран;
- получаемые результаты должны быть частью развивающейся кооперации с ИТ-индустрией и другими сферами и способствовать созданию start-up и spin-off компаний;

- разрабатываемые магистерские и докторские курсы, а также тренинговая часть проекта ориентируется на получение коммерческого успеха посредством предоставления услуг по дистанционному образованию, вебинаров и т.д.

Консорциум. Концепция, основные задачи и структура проекта TEMPUS-GreenCo (Green Computing and Communication) были разработаны кафедрой компьютерных систем и сетей ХАИ совместно с коллегами из Ньюкаслского университета (грантхолдер – профессор Chris Phillips). Проект подавался в феврале 2012г., был отобран в сентябре и стартовал в декабре 2012г. со сроком завершения декабрь 2015г. Структура консорциума сформировалась исходя из схемы (4 + 1) x 3, т.е. в проект его основными разработчиками были приглашены по 5 участников от стран Евросоюза, Украины и Российской Федерации. Каждая из сторон включает группы 4 университетов и 1 академического института. При этом также учитывались требования к обеспечению регионального и доменного покрытия.

В консорциум вошли:

а) от Евросоюза: University of Newcastle upon Tyne, UK; Leeds Metropolitan University, UK; Zilinska Univerzita v Ziline, Slovakia; University of Ioannina, Greece; Institute of Information Science and Technologies, National Research Council of Italy;

б) от Украины: National Aerospace University “KhAI”, Odessa National Polytechnic University, Donbass State Technical University, Uzhgorod National University, G.Ye. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, National Academy of Science of Ukraine, Ministry of Education and Science of Ukraine;

в) от Российской Федерации: Belgorod State Technological University, North-Caucasus State Technical University, Perm National Research Polytechnic University, Saratov State University, Institute of Problems of Precision Mechanics, Russian Academy of Sciences.

Задачи проекта. Задачами проекта являются:

а) разработка 4 учебных курсов для магистров: Основы зеленых ИТ, Технологии зеленого компьютеринга, Технологии зеленых коммуникаций, Технологии зеленых регуляторов и робототехники;

б) разработка 7 учебных курсов для аспирантов (докторантов): Стандарты в области зеленых ИТ, Исследования и разработки в области зеленых FPGA-систем, Исследования и разработки в области зеленых мобильных систем, Исследования и разработки в области беспроводных систем и сетей, Исследования и разработки в области зеленого ПО, Исследования и разработки в области зеленых облачных технологий, Исследования и разработки в области смарт-грид систем;

в) разработка 3 тренинг-курсов: Техники и утилиты для зеленого компьютеринга, Техники и утилиты для зеленых коммуникаций, Техники и утилиты для кооперации и менеджмента в области зеленых ИТ.

Магистерские курсы формируют понятийную базу зеленых ИТ и дают обзор существующих технологий в области энергосберегающего компьютеринга, сетевых решений и решений для АСУ ТП и робототехнических систем. Докторантская часть включает курсы по исследованиям и разработкам по наиболее «горячим» направлениям зеленых ИТ на уровне кристаллов, систем, сетей и инфраструктур. Кроме того, здесь изучается нормативная база в данной и смежных областях.

Тренинг-модули ориентируются на прикладные аспекты – инженерные методики и инструментальные средства разработки, внедрения и менеджмента для зеленых ИТ-систем.

Кроме разработки учебных курсов еще одной важной задачей проекта является разработка концепции и создание двух центров подготовки докторантов, так называемых PhD-инкубаторов (в Украине – на базе ХАИ, в Российской Федерации – на базе Белгородского государственного технологического университета). В данной книге этот вопрос в явном виде не рассматривается. Однако, излагаемые темы, с одной стороны, базируются и на результатах исследований, проводившихся аспирантами и докторантами партнерских университетов и институтов, с другой, – могут быть отправной точкой для исследований и разработок в области зеленых ИТ.

Структура. Данная книга имеет целью предоставить теоретические и прикладные материалы для лекционной части курсов проекта TEMPUS-GreenCo. Структура книги отражает структуру, представленную на рис. 0.5, и состоит из 36 разделов, разделенных на восемь частей, которые, в свою очередь, формируют на два тома (рис.0.6). Сплошными линиями показаны логические связи от первой части (основные понятия и принципы) к другим разделам, пунктирными – связи между частями внутри томов и между томами.

Каждый из разделов завершается выводами, вопросами для самоконтроля и списком литературы. Ссылки на литературу нумеруются в пределах раздела.

Характеристика содержания. В первом томе были изложены первые четыре части книги. Первая часть посвящена изложению основных понятий и принципов зеленых ИТ и объединяет разделы 1-3. Во второй части описываются результаты, относящиеся к аппаратным и программируемым компонентам. (разделы 4-7), в третью часть вошли разделы, посвященные зеленому программному обеспечению (разделы 8-12). Разделы, образующие часть IV, описывают математические модели и методы улучшения энергоэффективности ИТ-систем (разделы 13-15).

Второй том состоит из пятой-восьмой частей.

В пятую часть вошли разделы, посвященные зеленым сетевым и мобильным технологиям. В разделе 16 описываются методы снижения энергозатрат в компьютерных сетях, включая различные алгоритмы управления трафиком и создания сетей, толерантным к временным задержкам. Раздел 17 систематизирует решения (интерфейсы, протоколы, платформы) в области энергоэффективных и так называемых всепроникающих сенсорных сетей, используемых для экологического мониторинга и других приложений.

В разделах 18 и 19 приводятся экспериментальные результаты и предлагаемые решения по адаптивным беспроводным сетям на основе управления шириной окна доступа, энергетическими характеристиками с учетом количества, размещения и типов абонентов и использования мобильных точек. Разделы 20, 21 посвящены зеленым технологиям для мобильных систем: первый из них – обзору программно-аппаратных решений для снижения энергопотребления и разработке ПО, поддерживающего энергосберегающие режимы в мобильных устройствах; второй – анализу и исследованию характеристик гибридных мобильно-облачных систем.

Технологии зеленых баз данных (раздел 22) и облачных технологий (разделы 23-26) описываются в **шестой части**. В первом разделе данной части проведен анализ методов оптимизации операций и приведены результаты экспериментального оценивания разных вариантов хранения иерархических данных в БД по критериям производительности и затрат. В последующих разделах: описываются принципы построения зеленых облачных ИТ-инфраструктур (раздел 23); анализируются энергосберегающие дата-центры и облачные решения на основе платформы OpenStack (раздел 24); описываются гибридные облачные архитектуры на основе пиринговых сетей и исследуются их математические модели, а также формулируется концепция распределенной Cloud-системы, объединяющей технологии Grid (распределенной децентрализованной) и Cloud (централизованной) системы с поддержкой технологии виртуализации) (раздел 25); предлагаются методы планирования безопасных и энергоэффективных вычислений в гибридном облаке при разных вариантах его организации (раздел 26).

Седьмая часть дает описание промышленных ИТ-систем, реализующих зеленые технологии в разных приложениях: беспроводных системах мониторинга и управления энергосистемами и инфраструктурами (раздел 27), пакетах для проектирования энергоэффективных АСУ с примерами их применения для систем цементного производства (раздел 28), энергоэффективных системах

управления холодильными агрегатами на основе применения законов управления дробного порядка (раздел 29), информационно-управляющих системах для энергообеспечения университета (раздел 30), системе управления электропитанием магнитных элементов линейного ускорителя электронов на основе энергоэффективных микроконтроллеров MSP430 (раздел 31), АСУ переработки твердых отходов (раздел 32), энергоэффективных отказоустойчивых бортовых системах автоматического управления летательных аппаратов (раздел 33).

Завершающая **восьмая часть** включает материалы по экономическим и социальным аспектам зеленых ИТ. В разделе 34 описаны существующие решения для зеленых веб-систем и дан обзор веб-ресурсов поддерживающих зеленые технологии и движения. Раздел 35 дает описание основ экономического анализа разработки, производства и применения зеленых ИТ-систем. В заключительном разделе 36 описываются модели и направления кооперации университетских ИТ-кафедр и индустрии, включая совместные разработки в области зеленых ИТ.

Каждый из томов завершается заключением, в котором уточняются связи изложенного материала с учебными курсами.

Авторский коллектив. Материалы книги подготовлены участниками консорциума, представителями других университетов Украины, которые принимали участие в семинарах по проекту, а также конференции DESSERT, НТС «КриКТехС». При указании авторов разделов их ученая степень и ученое звание, а также организация описываются только при первом упоминании.

Разработка структуры и научное редактирование книги выполнено д.т.н., профессором Харченко В.С. (кафедра компьютерных систем и сетей ХАИ); им также написаны введение, предисловие ко второму тому, заключение к обоим томам.

Д.т.н., профессор Нестеренко С.А., к.т.н., доцент Шапорин Р.О., и Нестеренко Ю.С. (Одесский национальный политехнический университет) написали подразделы 16.1-16.4 раздела 16 (**часть V**), подраздел 16.5 написала к.т.н., доцент Лукашенко В.В. (Национальный авиационный университет, Киев). К.т.н., доцент Плахтеев А.П., к.т.н., профессор Орехов А.А. (ХАИ) и Плахтеев П.А. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет) подготовили раздел 17, Горбенко А.В., Тарасюк О.М. – разделы 18, 21, Яновский М.Э. (ХАИ) и Харченко В.С. – раздел 19, д.т.н., профессор Туркин И.Б., Вдовитченко А.В. и Аль-Кхшаб Синан Самир (ХАИ) – раздел 20.

Подразделы 22.1 (п.22.1.1), 22.2 (**часть VI**) написали совместно д.ф.-м.н., профессор Буй Д.Б., д.ф.-м.н., професор, академик НАН Украины

Редько В.Н, к.ф.-м.н. Сильвейструк Л.Н. (Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко), к.ф.-м.н. Кахута Н.Д. (Университет экономики и права «Крок», Киев) и д.ф.-м.н., д.т.н., профессор Скобелев В.Г. (Институт проблем математики и механики НАН Украины, Донецк), пп.22.1.2, 22.3, 22.4 – к.т.н., доцент Фурманов А.А., Смутенко С.А. и Трубилко А.В. (ХАИ). Раздел 23 написан Меленцом А.В. совместно с Харченко В.С., раздел 24 – Г.Г. Наркайтисом (Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского), раздел 25 – Яновским М.Э., Яновской О.В. (ХАИ), раздел 26 – к.т.н., с.н.с. Поночевным Ю.Л. (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка) и Харченко В.С.

К.т.н., доцент Брежнев Е.В. совместно с Погребяком Н.М. и Химиченко В.И. (ХАИ) подготовил раздел 27 (**часть VII**). Сотрудники Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова д.т.н., профессор Рубанов В.Г., к.т.н., доцент Бажанов А.Г. и д.т.н., профессор Магергут В.З. написали раздел 28; Рубанов В.Г. и Кариков Е.Б. – раздел 29; Рубанов В.Г., к.т.н., доцент Белоусов А. В. и Кошлич Ю.А. – раздел 30. К.т.н., доценты Шамраев А.А. и Коваленко А.А. (Харьковский национальный университет радиоэлектроники) написали раздел 31, д.т.н., профессор Кондратенко Ю.П., к.т.н. Козлов А.В. (Черноморский государственный университет имени Петра Могилы) – раздел 32, к.т.н., доцент Юрченко Ю.Б. (ХАИ) совместно с Харченко В.С. – раздел 33.

Раздел 34 (**часть VIII**) написали к.т.н. Боярчук А.В. (ХАИ) и Харченко В.С., раздел 35 – к.т.н., доцент Узун Д.Д. (ХАИ), раздел 36 – д.т.н., профессор Скляр В.В., Харченко В.С. совместно со Старовым А.А. (Stony Brook University, Нью-Йорк, США).

Благодарности. Большую помощь при материалов книги и разработке курсов оказали партнеры по проекту Professor Chris Phillips, Professor Alex Yakovlev, Professor Alexandr Romanovsky (University of Newcastle-upon-Tyne), Professor Colin Pattinson, Dr Ah-Lian Kor (Leeds Metropolitan University), Dr Mario Fusani, Professor Stefania Gnesi, Felicita Di Giandomenico (Institute of Information Science and Technologies, National Research Council of Italy), Professor Evangelos Evangelou, Dr Iosif Androulidakis, Dr Theodoros Koukoulis (University of Ioannina), Professor Vitaly Levashenko, Dr Elena Zaitseva (Zilinska Univerzita v Ziline).

За плодотворное обсуждение результатов, которые изложены в книге, выражаем также благодарность всем коллегам по проекту, участникам:

- постоянно действующего научно-технического семинара «КриКTexС»;
- профильных секций конференции DESSERT (Sevastopol, 2012; Kiev, 2014);

- международных семинаров по зеленому и безопасному компьютерингу (1-4th WS GreenSCom, Kharkiv, 2012; Žilina, Slovakia, 2013, 2014; Belgorod, 2013);

- семинаров и школ по проекту TEMPUS-GreenCo (Sevastopol, 2012; Kiev, 2013; Krompachy, 2014).

Рецензирование издания выполнили доктор технических наук, профессор Мохор В.В. (Институт проблем моделирования в энергетике имени Г.Е. Пухова НАН Украины); Professor, DrS Alex Yakovlev (University of Newcastle-upon-Tyne); заслуженный изобретатель Украины, кандидат технических наук, доцент Сидоренко Николай Федорович (НТ СКБ «Полисвит», Харьков, Украина). Научный редактор и авторы книги выражают благодарность рецензентам за ценную методическую помощь и конструктивные предложения, которые высказывались в процессе обсуждения материала.

Персональная признательность научного редактора за креативность и плодотворные дискуссии при формировании и реализации идей в области зеленой ИТ-инженерии коллегам по кафедре ХАИ и ряду проектов д.т.н., профессору Горбенко А.В., д.т.н., профессору Скляру В.В. и к.т.н., доценту Брежневу Е.В., а также одесским коллегам – д.т.н., профессору Дрозду А.В. и д.т.н., профессору Маевскому Д.А.

Авторы выражают также благодарность Харченко Л.Д. за большую работу по технической подготовке рукописи и компьютерной верстки, Ильяшенко О.А. – за помощь в поддержке коммуникаций с авторским коллективом двухтомника, Лысенко И.Б. – за многолетнюю конструктивную, качественную и оперативную работу по изданию книг и всех материалов по проектам TEMPUS, Татьяне Козиной – за разработку прекрасного дизайна обложек всех проектных книг.

Авторский коллектив и участники проекта признательны студентам и аспирантам университетов, которые не только прониклись идеями зеленой ИТ-культуры, а и развернули работу по новым проектам. Это касается, в частности, организаторов и участников студенческой лаборатории по беспроводным и мобильным технологиям, открытой на кафедре компьютерных систем и сетей ХАИ в начале 2014 года, слушателей кафедрального студенческого клуба Student Safety and Security System Club.

Предназначено для студентов университетов, аспирантов и преподавателей университетов соответствующих специальностей, инженеров и исследователей в области энергоэффективных, экологических и безопасных ИТ и систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты. В данном томе изложены материалы, касающиеся зеленых ИТ, используемых для мобильных и беспроводных систем, компьютерных сетей, облачных инфраструктур, а также описаны индустриальные системы, в которых реализованы принципы зеленого компьютеринга. В частности:

- рассмотрены методы снижения энергозатрат в компьютерных сетях, алгоритмы управления трафиком и создания сетей, толерантным к временным задержкам;

- проанализированы решения (интерфейсы, протоколы, платформы) в области повышения энергоэффективных сенсорных сетей, используемых в системах экологического мониторинга;

- предложены решения по беспроводным сетям с параметрической и функционально-пространственной адаптацией;

- исследованы программно-аппаратные средства снижения энергопотребления в мобильных устройствах и гибридные мобильно-облачные системы;

- проанализированы методы оптимизации операций и хранения иерархических данных в БД по критериям производительности и затрат;

- описаны и исследованы принципы построения зеленых облачных ИТ-инфраструктур, энергосберегающих дата-центров и решений на основе платформы OpenStack, архитектуры распределенной Cloud-систем, а также методы планирования безопасных и энергоэффективных вычислений в гибридном облаке;

- даны примеры индустриальных ИТ-систем, реализующих зеленые технологии в беспроводных системах мониторинга и управления энергоинфраструктурами, пакетов для проектирования энергоэффективных АСУ, энергоэффективных отказоустойчивых бортовых системах управления летательных аппаратов;

- рассмотрены экономические и социальные аспекты зеленых ИТ, решения для зеленых веб-систем и веб-ресурсы, поддерживающие зеленый бизнес и социум, а также направления кооперации науки и индустрии в этой области.

Проведенный анализ, исследования и разработки авторов позволили не только представить теоретические аспекты энергосберегающих и энергоэффективных ИТ-систем, а и оценить реальный эффект их применения.

Безусловно, очень важными являются экономические аспекты внедрения зеленых ИТ, поскольку наличие бизнес-эффекта делает их особенно перспективными, учитывая динамику развития и

использования информационных технологий и коммуникаций. Эти технологии являются весьма привлекательными с точки зрения кооперации университетской и академической науки и промышленных компаний, поскольку создают хорошую почву для развертывания стартапов и спин-офф проектов.

Использование материала для курсов. Материалы разделов второго тома завершают формирование трехуровневой структуры по зеленым ИТ: магистратура – докторантура – тренинги. Ниже в таблице приведено соответствие разделов книги и курсов, разработанных в рамках проекта TEMPUS-GreenCo.

Практические вопросы каждого из курсов излагаются в отдельных учебных пособиях. Методическое обеспечение в целом включает лекционные материалы, практикумы (лабораторные исследования, мини-проекты, семинары, тренинги), тесты, рекомендации по самостоятельному изучению курсов.

Некоторые из разделов используются в нескольких учебных курсах (или модулях). Кроме того, на их основе могут формулироваться новые задачи и развиваться исследования в магистерских и кандидатских (докторских) диссертациях в рамках создаваемых PhD- инкубаторов.

К настоящему времени защищены несколько диссертаций, связанных с разработкой безопасных веб-систем с учетом ресурсных ограничений, средств принятия решений по организации вычислений в мобильных устройствах и облачной инфраструктуре по критерию минимизации энергозатрат, оптимизации компьютерных и сенсорных сетей, мониторинга энерго (смарт грид) систем и др.

Общие итоги. Таким образом, изложенные в двух томах материалы, основанные на анализе существующего опыта партнеров по проекту, других университетов и компаний, занимающихся вопросами энергосберегающих и экологических ИТ, собственных исследований разработок, позволили сформулировать основные понятия, принципы и предложить комплекс методов и средств, объединенных единой концепцией зеленой ИТ-инженерии.

Данная книга в комплексе с целевыми пособиями по курсам образует методическое обеспечение для вертикально-интегрированной трехуровневой структуры «магистратура – докторантура – тренинги), поддерживает основные домены ИТ-инженерии (от кристаллов программируемой логики до облачных инфраструктур) и учитывает жизненный цикл зеленых ИТ-систем. Важно, что его неотъемлемой частью являются междисциплинарные и инновационные аспекты бизнес-кооперации и зеленой ИТ-культуры.

Таблица соответствия разделов и курсов проекта (том 1)

Части и разделы книги		Магистерские курсы				Докторантские курсы							Тренинг- курсы		
		MC1 Foundations	MC2 Green Computing	MC3 Green Communication	MC4 Green Regulators	PC1 Standards Green IT	PC2 R&D Green FPGA	PC3 R&D Green Mobs	PC4 R&D Green Wi-Fi	PC5 R&D Green SW	PC6 R&D Green Cloud	PC7 R&D Smart Grid	TC1 T&T Green Computing	TC2 T&T Green Communication	TC3 T&T Management
Введение		+													
Часть I	Раздел 1	+			+										
	Раздел 2	+													
	Раздел 3	+				+									+
Часть II	Раздел 4		+				+								
	Раздел 5						+						+		
	Раздел 6							+					+		
	Раздел 7												+		
Часть III	Раздел 8	+								+					
	Раздел 9									+					+
	Раздел 10									+			+		
	Раздел 11									+			+		
	Раздел 12									+					
Часть IV	Раздел 13	+													
	Раздел 14			+								+		+	
	Раздел 15		+												

Таблица соответствия разделов и курсов проекта (том 2)

Части и разделы книги		Магистерские курсы				Докторантские курсы							Тренинг- курсы		
		MC1	MC2	MC3	MC4	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	TC1	TC2	TC3
Часть V	Раздел 16			+					+					+	
	Раздел 17			+					+					+	
	Раздел 18								+					+	
	Раздел 19								+						
	Раздел 20		+				+							+	
	Раздел 21						+								
Часть VI	Раздел 22										+				
	Раздел 23										+				
	Раздел 24										+			+	
	Раздел 25			+							+				
	Раздел 26										+				+
Часть VII	Раздел 27											+		+	
	Раздел 28				+										+
	Раздел 29				+									+	
	Раздел 30											+			+
	Раздел 31		+										+		
	Раздел 32				+										+
	Раздел 33		+										+		
Часть VI	Раздел 34										+				+
	Раздел 35	+													+
	Раздел 36														+

Перспективы. Дальнейшее целенаправленное и результативное развитие зеленой ИТ-инженерии возможно по двум основным стратегическим направлениям, которые можно условно назвать стратегиями «вглубь» и «вширь».

Первая из них связана с исследованиями и разработками собственно самих ИТ, направленными на минимизацию энергопотребления и

максимизацию энергоэффективности ИТ-систем при выполнении требований к другим характеристикам. Речь идет о производительности, точности, надежности, безопасности. При этом должна рассматриваться вся вертикаль «компоненты-системы-инфраструктуры» и учитываться все этапы жизненного цикла. Здесь следует, на наш взгляд, уроки развития методологий в других проблемных отраслях.

Например, в области технической диагностики цифровых, а затем и аналоговых систем концепция контроле(тесто)пригодности и диагностируемости была сформулирована и внедрена несколькими десятилетиями позже разработки собственно методов синтеза самих систем. К такой концепции пришли, когда стало понятно, что разработка средств контроля и диагностирования для созданных систем более затратна и менее эффективна, чем разработка и встраивание таких средств при создании самих систем. Поэтому по аналогии можно говорить не только об «озеленении» существующих и появляющихся ИТ и систем, где они используются, а и о разработке «естественно» зеленых ИТ, т.е. о такой разработке и разработке таких технологий и систем, когда энерго(ресурсо)критерии рассматриваются как ключевые с первых дней их создания.

Очень важным здесь является также:

- точное оценивание энергозатрат, особенно когда речь идет о программных средствах и о дифференциации таких затрат для системного ПО и прикладных программ. Для этого необходимо совершенствовать использование существующих (встроенных) средств, разрабатывать и внедрять новые методы и средства измерений для энергетически критичных систем (мобильных, автономных и др.);

- разработка методов системного проектирования зеленых ИТ-систем, которые дополняют компонентный уровень и позволяют реализовать парадигму создания «зеленых систем из незеленых (или недостаточно зеленых) компонент». Эта задача особенно интересна и важна для отказоустойчивых – компонентно-избыточных систем, в которых парадигма фон Неймана реализуется в ее первоначальной формулировке.

Вторая стратегия предполагает интеграцию зеленой ИТ-инженерии не только с направлениями экологических и безопасных ИТ-технологий, а более широкий контекст развития устойчивого компьютеринга (sustainable computing) как части устойчивого развития цивилизации в целом. Ее устойчивое развитие невозможно без устойчивой кооперации образования, науки, технологий, бизнеса и культуры.

Зеленая ИТ-инженерия будет становиться все более важным инструментом в реализации сформулированных заповедей «сохрани», «не навреди», «приумножь».

АНОТАЦІЯ

УДК 004:504(045)

Зелена ІТ-інженерія. У 2х томах. Том 2. Системи, індустрія, соціум / За ред. Харченко В.С. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ім. М.Е. Жуковського «ХАІ». - 2014. – 688 с.

ISBN 978-966-662-361-7

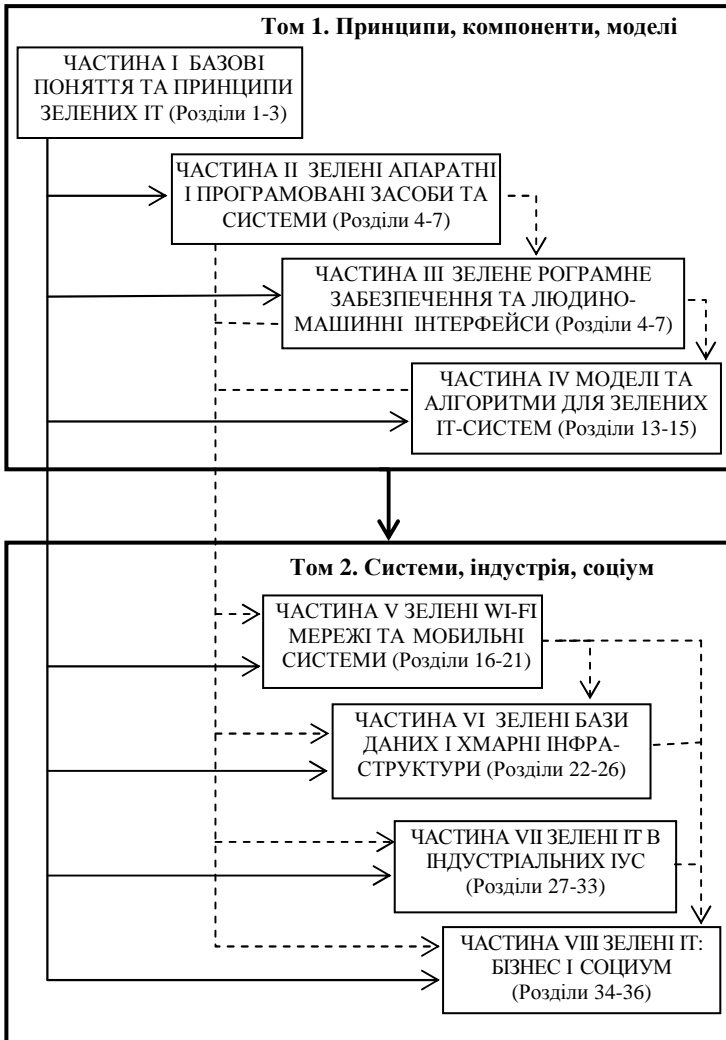
Двохтомне видання (Том 1. Принципи, моделі, компоненти; Том 2. Системи, індустрія, суспільство) презентує лекційний матеріал, який вміщує теоретичні та практичні складові зеленої ІТ-інженерії для магістерських, докторантських (PhD) курсів і тренінг-модулів, які розроблені за проектом TEMPUS-GREENCO Green Computing and Communication (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Другий том базується на матеріалах аналізу, досліджень та розробок у сфері зелених (енергозберігаючих) комп'ютерних систем, мереж та ІТ-інфраструктур та їх застосування в індустрії та контексті зеленої культури суспільства взагалі. Описуються методи і технології оцінювання, які стосуються: зелених бездротових і мобільних систем і мереж (маршрутизація у мережах, сенсорні мережі, адаптивні та гібридні системи); зелених баз даних і хмарних інфраструктур (оптимізація операцій доступу і зберігання даних, дата-центрів, архітектуровання та управління); енергоефективних технологій та індустріальних інформаційно-керуючих систем (смарт-енергогрід, АСУ технологічними процесами, системи енергозабезпечення університетів, енергокритичні відмовостійкі бортові системи); зелених інформаційних технологій у контексті економічної ефективності, кооперації бізнесу, науки та соціуму (веб для зеленого суспільства, економічні моделі, моделі та інструменти кооперації).

Книга призначена для студентів, аспірантів та викладачів університетів відповідних спеціальностей, інженерів та дослідників у сфері енергоефективних, екологічних і безпечних інформаційних технологій та систем.

Бібл. – 519 найменування, рисунків – 228 таблиць – 55.

Структура книги



ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
ПЕРЕДМОВА	5
ЧАСТИНА V ЗЕЛЕНІ WI-FI МЕРЕЖІ ТА МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ	12
РОЗДІЛ 16 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ У ГЕТЕРОГЕННИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	12
РОЗДІЛ 17 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ У СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГА	50
РОЗДІЛ 18 ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ WI-FI МЕРЕЖ	80
РОЗДІЛ 19 МОДЕЛІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АДАПТИВНИХ WI-FI СИСТЕМ.....	113
РОЗДІЛ 20 ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....	137
РОЗДІЛ 21 ГІБРИДНІ МОБІЛЬНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ .	187
ЧАСТИНА VI ЗЕЛЕНІ БАЗИ ДАНИХ І ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ	200
РОЗДІЛ 22 ОПТИМІЗАЦІЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ЗЕЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	200
РОЗДІЛ 23 ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ЗЕЛЕНИХ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	236
РОЗДІЛ 24 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ДАТА-ЦЕНТРИ І РІШЕННЯ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ OPENSTACK	272
РОЗДІЛ 25 ГІБРИДНІ ХМАРНІ СИСТЕМИ	289
РОЗДІЛ 26 ПЛАНУВАННЯ БЕЗПЕЧНИХ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ГІБРИДНІЙ ХМАРНІЙ СИСТЕМІ.....	314
ЧАСТИНА VII ЗЕЛЕНІ ІТ ТА ІНДУСТРІАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО- КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ.....	351
РОЗДІЛ 27 БЕЗДРОТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ІНДУСТРІАЛЬНИХ СИСТЕМ І ЕНЕРГОІНФРАСТРУКТУР	351
РОЗДІЛ 28 СТВОРЕННЯ АСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ	381

РОЗДІЛ 29 СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ УПРАВЛІННЯ ДРОБОВОГО ПОРЯДКУ	423
РОЗДІЛ 30 ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УНІВЕРСИТЕТА	464
РОЗДІЛ 31 ІНДУСТРИАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ MSP430.....	492
РОЗДІЛ 32 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ВІДМОВОСТІЙКІ БОРТОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	516
РОЗДІЛ 33 КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЕКОПРОГЕНЕЗІСА.....	553
ЧАСТИНА VIII ЗЕЛЕНІ ІТ: БІЗНЕС І СОЦІУМ	583
РОЗДІЛ 34 ЗЕЛЕНИЙ ВЕБ ТА ВЕБ ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО СОЦІУМУ	583
РОЗДІЛ 35 АНАЛІЗ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	608
РОЗДІЛ 36 ЗЕЛЕНІ ІТ: КООПЕРАЦІЯ УНІВЕРСИТЕТІВ Й ІНДУСТРІЇ	634
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	668

ABSTRACT

UDC 004:504(045)

Green IT-Engineering. Two-volume edition, Vol.2. Systems, industry, society
/ Kharchenko V. (edit) – Department of Education and Science of Ukraine, National aerospace university named after N. Zhukovsky “KhAI”. - 2014. – 688 p.

ISBN 978-966-662-361-7

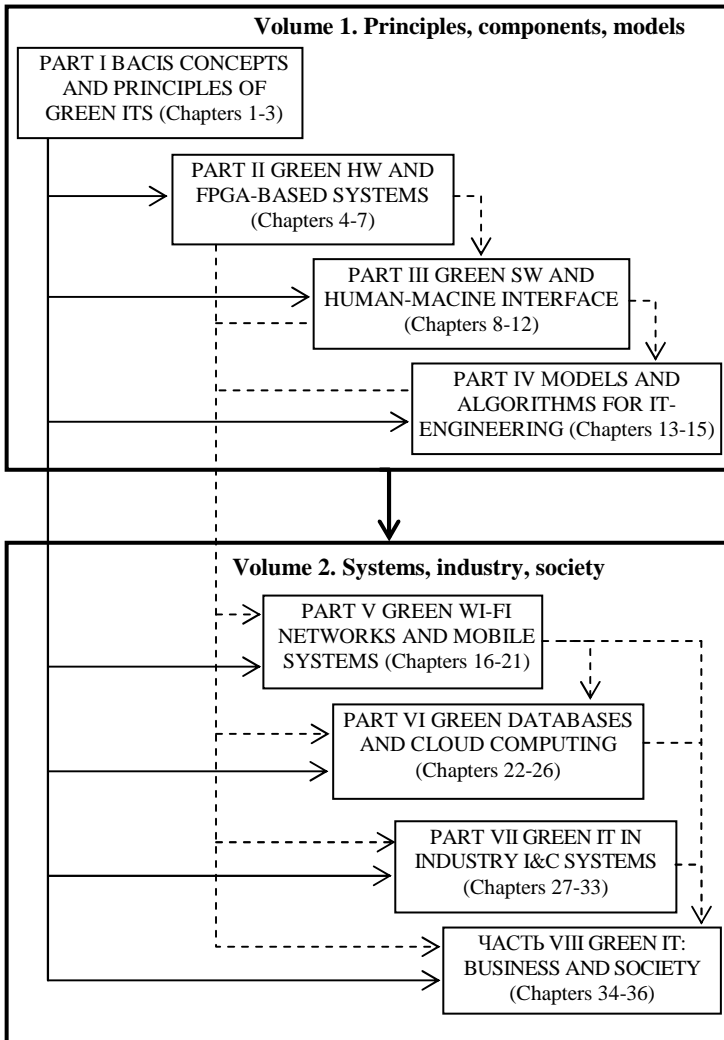
Two-volume edition (Volume 1. Principles, models, HW&SW; Volume 2. Systems, industry, society) presents lecture material including theoretical and practice issues of green IT-engineering for MSc-courses, PhD-Courses and training modules developed in frameworks of the project TEMPUS-GREENCO Green Computing and Communication (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Volume 2 contains material based on the outcomes of analysis, research and development in the area of green (energy saving) computer systems, networks, cloud IT-infrastructure and their application in industry and in context of green culture of society as a whole. The methods, technologies and cases related to the following directions are described: green Wi-Fi and mobile systems and networks (routing in networks, sensor networks, adaptation, hybrid systems); green databases and cloud computing (access and storage of data, data centers, architecting, management); green IT and industrial instrumentation and control (I&C) systems (smart grid, I&C for industry and universities); green IT for business and society (web for green, economic issues, IT-cooperation).

A book is intended for MSc- and PhD-students and university lecturers of corresponding specialties, engineers and researchers in the area of energy saving, ecological and safe information technologies.

Ref. – 519 items, figures – 228, tables – 55.

Structure of the book



CONTENT (Volume 2)

ABBREVIATION.....	3
PREFACE.....	5
PART V GREEN WI-FI AND MOBILE SYSTEMS AND NETWORKS	12
CHAPTER 16 POWER-EFFICIENT METHODS OF TRAFFIC CONTROL IN HETEROGENEOUS COMPUTER NETWORKS	12
CHAPTER 17 POWER-EFFICIENT SENSOR NETWORKS IN MONITIRING SYSTEMS	50
CHAPTER 18 QUALITY OF SERVICE AND POWER-EFFICIENCY OF WI-FI NETWORKS	80
CHAPTER 19 MODELS AND SOFTWARE FOR ADAPTIVE WI-FI NETWORKS	113
CHAPTER 20 SOFTWARE - HARDWARE DECISIONS FOR ENERGY- SAVING MOBILE DEVICES	137
CHAPTER 21 HYBRID MOBILE POWER-EFFICIENT SYSTEMS	187
PART VI GREEN DATABASE AND CLOUD COMPUTING	200
CHAPTER 22 OPTIMIZATION OF DATABASE FOR GREEN INFORMATION TECHNOLOGY	200
CHAPTER 23 ORGANIZATION AND REALIZATION OF GREEN CLOUD COMPUTING	236
CHAPTER 24 ENERGY SAVING DATA CENTRES AND OPENSTACK- BASED DECISIONS.....	272
CHAPTER 25 HYBRID MOBILE CLOUD SYSTEMS	289
CHAPTER 26 SCHEDULING OF SECURE AND GREEN CLOUD COMPUTING.....	314
PART VII GREEN IT AND INDUSTRIAL INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS.....	351
CHAPTER 27 WI-FI TECHNOLOGIES FOR ENERGY-EFFICIENT INDUSTRY SYSTEMS AND INFRASTRUCTURES.....	351

CHAPTER 28 DEVELOPMENT OF INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS USING GREEN IT AND SOFTWARE.....	381
CHAPTER 29 DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT AUTOMATION SYSTEMS USING LAWS OF FRACTION ORDER CONTROL	423
CHAPTER 30 INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS FOR ENERGY SAVING AND LIFE SUPPORT OF UNIVERSITY	464
CHAPTER 31 INDUSTRY APPLICATION OF ENERGY-EFFICIENT MICROCONTROLLER MSP430	492
CHAPTER 32 ENERGY CRITICAL FAULT-TOLERANT ON-BOARD COMPUTER SYSTEMS	516
CHAPTER 33 COMPUTER-BASED CONTROL SYSTEM FOR POWER- SAVING WASTE REPROCESSING (ECOPYROGENESIS).....	553
PART VIII GREEN IT: BISENESS AND SOCIETY	583
CHAPTER 34 GREEN WEB AND WEB FOR GREEN SOCIETY	583
CHAPTER 35 ECONOMIC ANALYSIS OF GREEN IT-BASED DECISIONS.....	608
CHAPTER 36 GREEN IT: UNIVERSITY AND INDUSTRY COOPERATION	634
CONCLUSION	668

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	3
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ЧАСТЬ V ЗЕЛЕННЫЕ WI-FI СЕТИ И МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ..	12
РАЗДЕЛ 16 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ	12
16.1 Задачи энергоэффективного управления трафиком в гетерогенных компьютерных сетях.....	13
16.2 Модели гетерогенных компьютерных сетей	14
16.3 Методы энергоэффективного управления трафиком компьютерных сетей	23
16.4 Структура системы управления трафиком в гетерогенных компьютерных сетях	28
16.5. Особенности энергоэффективного управления трафиком в сетях, нечувствительных к задержкам	31
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	44
Литература.....	47
РАЗДЕЛ 17 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА.....	50
17.1 Применение сенсорных сетей в системах мониторинга.....	51
17.2 Задача объединения сенсорных сетей.....	55
17.3 Энергоэффективные интерфейсы и протоколы СС	60
17.4 Энергоэффективные компоненты и платформы сенсорных сетей....	64
17.5 Эксперименты с элементами сенсорных сетей	71
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	76
Литература.....	77
РАЗДЕЛ 18 КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕТЕЙ WI-FI	80
18.1 Парадигма создания энергоэффективных беспроводных сетей	81
18.2 Модель оценки пропускной способности беспроводных компьютерных сетей.....	83
18.3 Анализ методов повышения пропускной способности беспроводных сетей при наличии высокоскоростных и низкоскоростных абонентов	88
18.4 Модель оптимальной ширины окна конкуренции	90
18.5 Метод повышения пропускной способности беспроводной сети на основе адаптации ширины окна конкуренции низкоскоростных абонентов	103
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	108

Литература.....	110
РАЗДЕЛ 19 МОДЕЛИ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АДАПТИВНЫХ WI-FI СИСТЕМ.....	113
19.1 Мотивация использования адаптации в беспроводных технологиях.....	114
19.2 Задачи размещения и способы адаптации точек доступа.....	115
19.3 Задачи повышения готовности беспроводных локальных сетей.....	120
19.4 Модели беспроводных локальных сетей со статическими и мобильными точками доступа	121
19.5 Адаптивные беспроводные локальные сети.....	129
19.6 Программная поддержка адаптивных беспроводных локальных адаптивных сетей	131
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	133
Литература.....	135
РАЗДЕЛ 20 ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	137
20.1 Мобильные приложения и проблема энергосбережения	138
20.2 Программно-аппаратные средства адаптивного управления энергопотреблением	141
20.3 Методы снижения энергопотребления мобильных устройств	147
20.4 Перспективы разработки ПО для понижения энергопотребления мобильных устройств	153
20.5 Инструментальные средства энергетического профилирования приложений	156
20.6 Методики улучшения энергоэффективности	162
20.7 Анализ результатов реинжиниринга мобильного приложения с целью оптимизации энергопотребления	162
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	183
Литература.....	185
РАЗДЕЛ 21 ГИБРИДНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ	187
21.1 Энергоэффективность компьютерных систем и центров обработки данных.....	188
21.2 Энергоэффективное предоставление Cloud-услуг для мобильных клиентов.....	192
21.3 Аспекты энергоэффективного взаимодействия в Cloud-системах.....	194
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	196
Литература.....	198
ЧАСТЬ VI ЗЕЛЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ОБЛАЧНЫЙ КОМПЬЮТИНГ	200

РАЗДЕЛ 22 ОПТИМИЗАЦИЯ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ЗЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	200
22.1 Задачи оптимизации операций и структур в базах данных в контексте зеленых ИТ	201
22.2 Оптимизация операций в базах данных	204
22.3 Методы хранения иерархических данных	218
22.4 Исследование методов хранения иерархических данных	222
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	225
Литература.....	228
РАЗДЕЛ 23 ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ЗЕЛЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	236
23.1 Проблемы энергоэффективности и безопасности облачных вычислений.....	237
23.2 Зеленые облачные вычисления.....	244
23.3 Система энергоэффективного хранения и обработки данных о потенциально опасных объектах	258
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	269
Литература.....	270
РАЗДЕЛ 24 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ДАТА-ЦЕНТРЫ И РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ OPENSTACK.....	272
24.1 Проблема энергосбережения в информационно-коммуникационных технологиях	273
24.2 Подходы к развитию энергосберегающих облачных вычислений..	274
24.3 Энергосберегающие дата-центры.....	276
24.4 Экономия энергии в сетях и протоколах	279
24.5 Взаимодействие Интернет-приложений	280
24.6 Проекты в рамках облачных технологий.....	282
24.7 Анализ вариантов использования облака Hadoop.....	283
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	285
Литература.....	287
РАЗДЕЛ 25 ГИБРИДНЫЕ ОБЛАЧНЫЕ СИСТЕМЫ.....	289
25.1 Эволюция распределенных архитектур	290
25.2 Классическая сетевая архитектура Cloud-систем	292
25.3 Распределенные Cloud-системы	307
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	310
Литература	312
РАЗДЕЛ 26 ПЛАНИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ГИБРИДНОМ ОБЛАКЕ..	314

26.1 Проблема энергоресурсов и способы ее решения при масштабировании датацентров.....	315
26.2 Ограничения на перенос в публичное облако по информационной безопасности.....	319
26.3 Формализация задачи безопасного и энергоэффективного публичного облака	321
26.4 Цели аудита требований к информационной безопасности при выполнении задач в гибридном облаке	329
26.5 Сценарии распределения потока задач между частным и публичным облаком	332
26.6 Показатели качества решения задач в гибридном облаке.....	334
26.7 Основные типы моделей	335
26.8 Примеры типовых моделей гибридных вычислений.....	337
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	347
Литература.....	348

ЧАСТЬ VII ЗЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ.....

351

РАЗДЕЛ 27 БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ЭНЕРГОИНФРАСТРУКТУР

351

27.1 Основные этапы развития энергетических инфраструктур	352
27.2 Беспроводные технологии в современных средствах автоматизации энергетики	361
27.3 Опыт применения беспроводных технологий при разработке энергоэффективных решений для промышленных приложений	364
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	377
Литература.....	379

РАЗДЕЛ 28 СОЗДАНИЕ АСУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

381

28.1 Анализ задач и методов разработки асу с использованием методов искусственного интеллекта.....	382
28.2 Метод создания интеллектуальной системы управления на основе зеленых технологий для минимизации ресурсов.....	387
28.3 Процесс проектирования систем на базе программно-технических средств	408
28.4 Примеры применения программных комплексов для решения задач проектирования ИУС.....	410
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	420

Литература.....	421
РАЗДЕЛ 29 СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АСУ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ДРОБНОГО ПОРЯДКА ..	423
29.1 Законы управления агрегатами в свете зеленых технологий.....	424
29.2 Математические модели сложных объектов в классе передаточных функций дробного порядка	425
29.3 Исследование динамики систем дробного порядка с использованием различных законов управления	446
Выводы и вопросы для самоконтроля	460
Литература.....	461
РАЗДЕЛ 30 ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА	464
30.1 Зеленые информационные технологии в решении проблем безопасности и энергоэффективности в системах жизнеобеспечения учебных заведений.....	465
30.2 Опыт применения зеленых технологий для реализации и эксплуатации ИУС жизнеобеспечением университета	470
30.3 Green-концепция в реализации Web-базированного доступа к технологическим параметрам ИУС жизнеобеспечения университетом.	481
30.4 Использование ИУС жизнеобеспечения университета в учебном процессе	487
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	488
Литература.....	490
РАЗДЕЛ 31 ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ MSP430	492
31.1 Обзор рынка современных GREEN-микроконтроллеров.....	493
31.2 Особенности архитектуры микроконтроллеров со сверхнизким потреблением серии MSP430.....	496
31.3 Применение микроконтроллеров семейства MSP430 в индустриальных приложениях	503
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	513
Литература.....	514
РАЗДЕЛ 32 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЕ БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	516
32.1 Методы контроля и обеспечения надежности.....	517
32.2 Обеспечение заданного времени функционирования с учетом энергопотребления.....	523

32.3 Практическая реализация энергоэффективных отказоустойчивых систем.....	524
32.4 Выбор и обоснование структурной схемы системы	537
32.5 Межузловое интерфейсное взаимодействие в САУ	541
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	545
Литература.....	548
РАЗДЕЛ 33 КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭКОПИРОГЕНЕЗИСА	553
33.1 Проблема переработки отходов и требования к системам контроля и управления	554
32.2 Принципы построения и функционирования технологического комплекса ЭПГ	555
33.3 Показатели эффективности технологического комплекса ЭПГ	558
33.4 Структурная организация и реализация КСКУ технологическим комплексом ЭПГ	559
33.5 Компьютеризированная система контроля и управления технологическим комплексом «ЭКОПИР-18М».....	569
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	578
Литература.....	580
ЧАСТЬ VIII ЗЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: БИЗНЕС И СОЦИУМ.....	583
РАЗДЕЛ 34 ЗЕЛЕНЫЙ WEB И WEB ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО СОЦИУМА	583
34.1 Введение в зеленый Web	584
34.2 Концепция и архитектура зеленого Web	587
34.3 Рекомендации зеленого Web инжиниринга для администраторов	588
34.4 Рекомендации зеленого Web инжиниринга для разработчиков	592
34.5. Рекомендации зеленого Web инжиниринга по графическому интерфейсу	594
34.6 Рекомендации пользователям зеленого Web.....	598
34.7 Зеленый Интернет-бизнес и его продукты	598
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	605
Литература.....	607
РАЗДЕЛ 35 АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	608
35.1 Актуальность задач оценки экономической целесообразности использования зеленых ИТ	609

35.2 Позиционирование решений на основе зеленых ИТ в контексте экономической и инновационной деятельности предприятий	610
35.3 Схема анализа социально-экономической целесообразности применения зеленых технологий.....	614
35.4 Методы количественного анализа социально-экономической целесообразности применения зеленых ИТ	617
35.5 Пример реализации методики количественного анализа экономической целесообразности внедрения решений на основе зеленых ИТ	622
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	631
Литература.....	632
РАЗДЕЛ 36 GREEN IT: КООПЕРАЦИЯ УНИВЕРСИТЕТОВ И ИНДУСТРИИ	634
36.1 Анализ современного состояния кооперации университетов и индустрии	635
36.2 Направления кооперации университетов и индустрии в области зеленых информационных технологий.....	637
36.3 Составляющие кооперации университетов и индустрии	638
36.4 Преимущества, барьеры и драйверы кооперации университетов и индустрии	641
36.5 Методы и инструменты кооперации университетов и индустрии ..	644
36.6 Модели кооперации университетов и индустрии	661
Выводы и вопросы для самоконтроля.....	664
Литература.....	666
Заключение	668
Анотація.....	673
Зміст	675
Abstract.....	677
Content.....	679

Авторы:

В.С. Харченко, А.Г. Бажанов, А.В. Белоусов, А.В. Боярчук,
Е.В. Брежнев, Д.Б. Буй, А.В. Вдовитченко,
А.В. Горбенко, Е.Б. Кариков, Н.Д. Кахута, А.А. Коваленко,
А.В. Козлов, Ю.П. Кондратенко, Ю.А. Кошлич,
В.В. Лукашенко, В.З. Магергут, А.В. Меленец,
Г.Г. Наркайтис, С.А. Нестеренко, Ю.С. Нестеренко,
А.А. Орехов, А.П. Плахтеев, П.А. Плахтеев, Н.М. Погребак,
Ю.Л. Поночовный, В.Н. Редько, В.Г. Рубанов,
Л.Н. Сильвейструк, Аль-Кхшаб Синан Самир, В.В. Скляр,
В.Г. Скобелев, С.А. Смусенок, А.А. Старов, О.М. Тарасюк,
А.В. Трубилко, И.Б. Туркин, Д.Д. Узун, А.А. Фурманов,
В.И. Химиченко, А.А. Шамраев, Р.О. Шапорин,
Ю.Б. Юрченко, М.Э. Яновский, О.В. Яновская

Зеленая ИТ-инженерия. Том 2. Системы, индустрия, социум (російською мовою)

Редактор

В.С. Харченко

Комп'ютерна верстка

Л.Д. Харченко

Зв. план, 2014

Підписаний до друку 03.09.2014

Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.

Умов. друк. арк. 39,99. Уч.-вид. л. 40,78. Наклад 300 прим.

Замовлення 42. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

"Харківський авіаційний інститут"

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Віддруковано ФОП Лисенко І. Б.

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17, моторний корпус, к. 147

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи в державний реєстр
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК №2607 от 11.09.06 р.