

УДК 681.5, 621.3

В. В. Бушер, д-р техн. наук,
Л. В. Мельникова, канд. техн. наук,
А. И. Шестака

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Аннотация. Выполнен обзор актуальных проблем энергопотребления зданий на основании документов, принятых Европейским парламентом по снижению энергопотребления и развитию энергосберегающих технологий. Представлены методики для расчета структуры и построения алгоритмов систем автоматизации и управления зданием с целью повышения его функциональной и энергетической эффективности.

Ключевые слова: энергопотребление, энергосбережение, энергетическая эффективность, система автоматизации зданий, управление техническими системами

V. V. Busher, Scd.,
L.V. Melnikova, PhD.,
A. I. Shestaka

MODERN METHODS OF BUILDING AUTOMATION

Abstract. The problem of building energy consumption is reviewed in the article. This paper describes the methods of structure calculation and logical designs of building management systems to obtain the overall energy performance of a building.

Keywords: energy performance of buildings, power consumption, energy efficiency, building automation system, technical building management

В. В. Бушер, д-р техн. наук,
Л. В. Мельникова, канд. техн. наук,
А. И. Шестака

СУЧАСНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Анотація. Виконано огляд актуальних проблем автоматизації будівель на основі документів, прийнятих Європейським парламентом, що стосуються зменшення енергоспоживання та розвитку енергозберігаючих технологій. Представлено методики для розрахунку структури та побудови алгоритмів систем автоматизації й управління будівлею з метою підвищення її енергетичної ефективності.

Ключові слова: енергоспоживання, енергозбереження, енергетична ефективність, система автоматизації будівель, управління технічними системами

Введение. Потребление электроэнергии коммерческими и жилыми зданиями постоянно увеличивается, опережая потребление энергии на транспорте и в промышленности. Повышение требований к уровню комфорта и увеличение времени нахождения людей внутри помещений, обеспечили растущий тренд потребления энергии зданиями. Системы автоматизации зданий (САЗ) и средства управления техническими системами (УТС) оказывают значительное влияние на энергоэффективность этих зданий. Так, САЗ обеспечивает эффективную автоматизацию управления отоплением, вентиляцией и охлаждением, подачей горячей воды, освещением и пр., что повышает эффективность эксплуатации и снижает энергозатраты в целом по стране.

© Бушер В.В Шестака А.И., Мельникова Л.В., 2013

Цель данной статьи – провести обзор современных стандартов средств и методов автоматизации, применение которых способствует повышению функциональной и энергетической эффективности зданий путем конфигурации режимов их эксплуатации в соответствии с фактической загрузкой и реальными потребностями для исключения избыточного потребления энергии и выделения CO₂.

Материал исследования. Новый европейский стандарт EN15232 [7] является одним из ряда стандартов CEN (Comité Européen de Normalisation, Европейский комитет по стандартизации), созданным в рамках спонсированного Европейским Союзом проекта стандартизации. Цель данного проекта – поддержка исполнения Директивы [2, 5] по энергоэффективности зданий (EPBD) и повышение энергосбережения в странах-членах ЕС.

Стандарт EN15232 представляет методику оценки влияния функций систем автоматизации зданий и средств УТС на энергоэффективность, а также методику определения минимальных требований к таким системам для зданий различной сложности. Сложные интегрированные процессы и функции экономии энергии настраиваются в зависимости от конкретных условий эксплуатации здания и потребностей пользователя, что позволяет не допустить излишнего расхода энергии и выбросов CO₂.

Одной из задач управления техническими системами является накопление и систематизация данных для эффективного обслуживания зданий, а также для оптимального управления энергопотреблением. В результате обработки накопленных данных определяются тенденции энергопотребления в различных временных интервалах и выявляются нерациональные затраты энергии.

Комплексные и интегрированные функции энергосбережения и соответствующие режимы эксплуатации могут быть сконфигурированы для фактического использования зданий в зависимости от реальных требований потребителя и отсутствии излишнего потребления энергии и выделения CO₂.

Согласно стандарту EN 15232 функции систем автоматизации зданий основываются на модели спроса и предложения энергии (рис. 1).



Рис. 1. Модель спроса и предложения энергии

Помещения являются источниками спроса на энергию. Соответствующие уста-

новки вентиляции и кондиционирования, а также освещения, должны гарантировать комфортные условия в помещениях по параметрам температуры, влажности, качества воздуха и освещенности.

Энергия подается в соответствии с потребностями пользователя, что позволяет максимально сократить ее потери при генерации и распределении.

Описанные в стандарте функции систем автоматизации зданий согласованы с моделью спроса и предложения. Соответствующие функции энергоэффективности рассматриваются от уровня помещений до уровня распределения и генерации энергии.

Влияние функций САЗ на энергоэффективность здания определяется сравнением двух расчетов потребности в энергии с учетом различных функций автоматизации. Расчет влияния функций САЗ на энергоэффективность здания можно выполнять подробно либо упрощенно (по коэффициентам). Рис. 2 иллюстрирует применение этих двух способов.

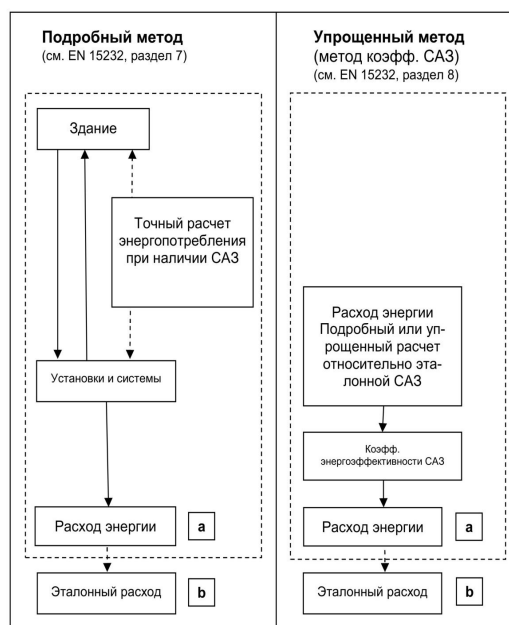


Рис. 2. Схемы подробного и упрощенного метода расчета влияния САЗ на энергоэффективность здания:

a – расход энергии на отопление, охлаждение, вентиляцию, горячее водоснабжение и освещение;
b – эталонная энергия – общая энергия с разделением на энергоносители (природный газ, нефть, электричество и т.д.)

Ниже рассмотрен важный вопрос наличия потенциала энергосбережения различных эксплуатационных профилей в зданиях

разного типа. Потенциал энергосбережения зависит от типа здания. Причина этого заключается в так называемых «эксплуатационных профилях», на которых основывается стандарт EN 15232.

Рассмотрим классы энергоэффективности систем автоматизации зданий.

Класс D. Соответствует неэффективным с точки зрения энергопотребления САЗ (рис. 3). Такие системы должны быть модернизированы в существующих зданиях, а новые здания не смогут строить с применением этих систем. Характерные признаки:

- без сетевых функций автоматизации,
- без электронных контроллеров в помещениях,
- контроль расхода энергии не ведется.

Класс энергоэффективности D

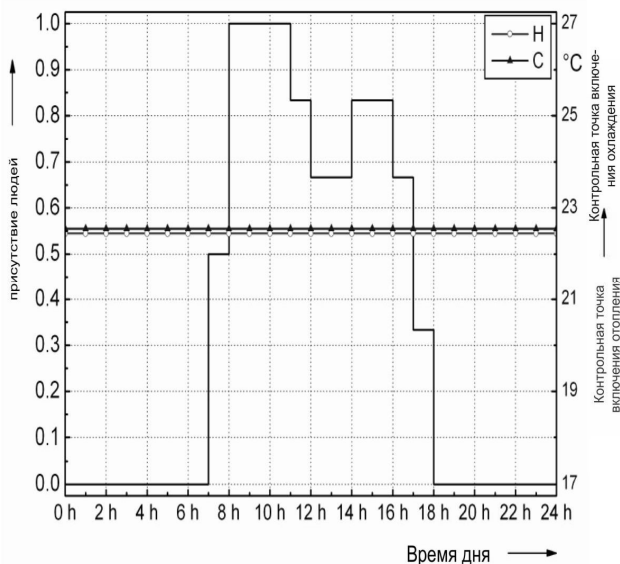


Рис. 3. Эксплуатационный профиль офисного здания. Класс D

Класс D наименее энергоэффективен. Потенциал энергосбережения (здесь и ниже может быть визуально интерпретирован как зазор, площадь циклограммы между линиями включения охлаждения и отопления) отсутствует, поскольку контрольные значения температур включения отопления и охлаждения равны между собой. Другими словами, мертвая зона отсутствует. Вентиляционная установка работает круглые сутки, хотя люди присутствуют в здании только в течение 11 ч.

Класс C. Соответствует стандартным САЗ (рис. 4). Характерные признаки:

- сетевая автоматизация основных установок в здании,
- в помещениях отсутствуют электронные контроллеры или термостатические головки на радиаторах отопления,
- контроль расхода энергии не ведется.

Класс C (базовый)

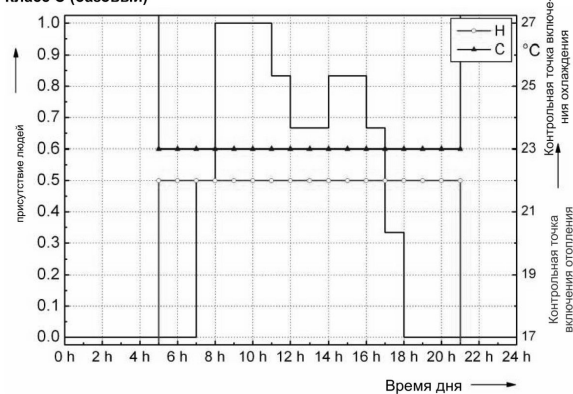


Рис. 4. Эксплуатационный профиль офисного здания. Класс C

В классе C разница между контрольными значениями температур включения отопления и охлаждения очень мала (минимальная мертвая зона). Работа вентиляции начинается за два часа до прихода людей и прекращается через три часа после ухода.

Класс B. Этот класс соответствует улучшенным функциям САЗ и отдельным функциям УТС (рис. 5). Он обеспечивает:

- сетевое управление климатом в помещениях без автоматического учета потребности в энергии,
- контроль расхода энергии.

В классе B периоды включения/выключения оптимизированы и лучше соответствуют времени работы персонала здания. Реальные контрольные значения температур включения отопления и охлаждения управляются специальными функциями, что позволяет расширить мертвую зону по сравнению с классом C.

Класс A. Этот класс соответствует САЗ и УТС с высокой энергоэффективностью (рис. 6). Здесь обеспечено:

- сетевое управление климатом в помещениях с автоматическим учетом потребности в энергии,
- плановое техническое обслуживание,
- контроль расхода энергии,

непрерывная оптимизация потребления энергии.

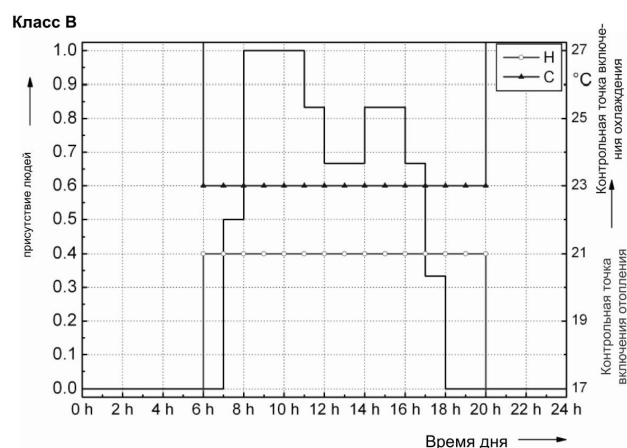


Рис. 5. Эксплуатационный профиль офисного здания. Класс В

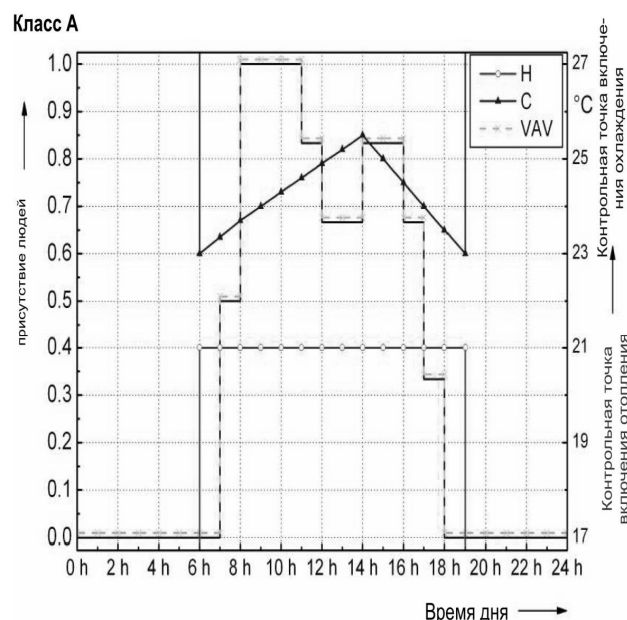


Рис. 6. Эксплуатационный профиль офисного здания. Класс А

Класс А обеспечивает дополнительное энергосбережение за счет применения передовых функций САЗ и УТС, а также адаптивной подстройки контрольных значений включения охлаждения либо управления воздушными потоками по потребности.

Очевидно, можно добиться значительно-го энергосбережения САЗ, включая системы здания при помощи датчиков присутствия, управляя воздушными потоками и контрольными значениями температур включения отопления и обогрева в зависимости от на-

личия людей в помещении и времени суток. Кроме этого, хорошие результаты показывает применение упреждающих алгоритмов. Например, система управления отоплением блокирует «формальную» команду на включение в связи с падением температуры до 20 °C в 16 ч, при наличии 67 % персонала в помещении, поскольку до конца рабочего дня и рабочей недели осталось 2 ч, а метеопрогноз обещает повышение температуры воздуха, начиная с воскресенья.

Стандарт EN 15232 основан на имитационном моделировании зданий с заданными функциями автоматизации, что позволяет количественно и качественно оценить преимущества систем автоматизации зданий. Отдельные места стандарта можно непосредственно применять как инструмент количественной и качественной оценки проектов автоматизации зданий. В дальнейшем планируется назначать проектам один из стандартных классов энергоэффективности: А, В, С или D.

При помощи имитационного моделирования рассчитываются потребности в энергии различных видов зданий с разными функциями САЗ и УТС. В основе такого моделирования лежат модели теплоточков, например модель теплоточков для поддержания заданной температуры в помещениях (рис. 7).

На приведенной модели цифрами в рамках обозначены:

1 – энергия, необходимая для удовлетворения потребностей пользователя в отоплении, освещении, охлаждении и т.д. на уровне, принятом при выполнении расчетов;

2 – «естественный» прирост энергии – солнечный нагрев, охлаждение при вентиляции, освещение дневным светом и пр. вместе с внутренним приростом (люди, освещение, электрооборудование и т.д.);

3 – суммарное потребление энергии в здании, получаемое из 1 и 2 с учетом характеристик самого строения;

4 – поставляемая энергия отдельно для каждого энергоносителя, включая всю вспомогательную энергию, используемую на отопление, охлаждение, вентиляцию, подачу горячей воды и освещение, с учетом возобновляемых источников и комбинированного

производства энергии. Выражается в единицах энергии или расхода (килограммы, метры кубические, киловатт-часы и пр.);

5 – возобновляемая энергия, производимая в самом здании;

6 – генерируемая энергия, производимая в здании и поставляемая на рынок; в нее может входить и часть энергии из 5;

7 – представляет основное использование энергии или производимые зданием выбросы CO₂;

8 – представляет основную энергию или выбросы, вызванные генерацией и использованием энергии на месте. Данное значение не вычитается из величины 7;

9 – представляет основную энергию или сокращение выбросов CO₂, связанные с экспортированной энергией, которая вычитается из величины 7.

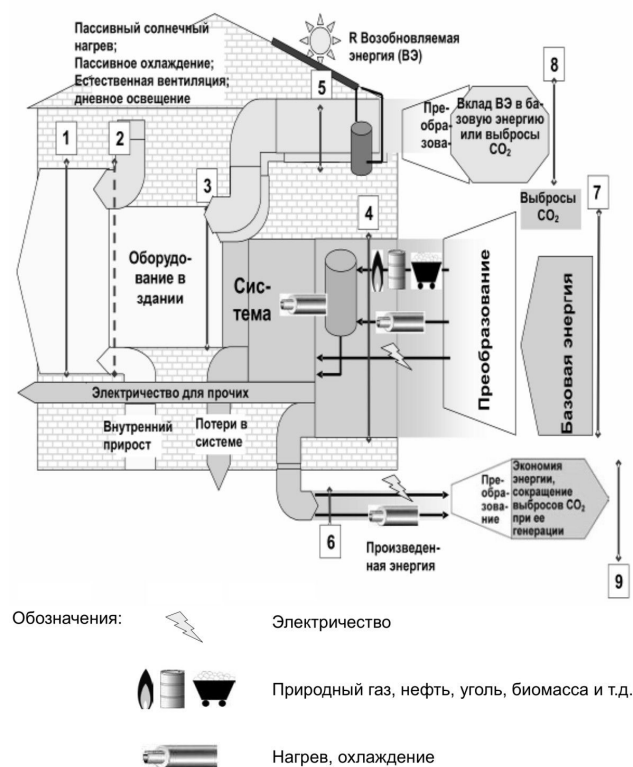


Рис. 7. Модель теплоток для поддержания заданной температуры в помещении

Общий процесс расчета заключается в анализе потоков энергии слева направо в соответствии с вышеописанной моделью. Приведенная модель является лишь схематичной иллюстрацией и не описывает все возможные варианты. Например, подземный тепловой насос получает электричество и

возобновляемую энергию из тепла земли. Генерируемое в здании при помощи солнечных батарей электричество может применяться в различных комбинациях как в самом здании, так и за его пределами. Возобновляемые энергоносители, например биомасса, входят в показатель 7, но отличаются от невозобновляемых энергоносителей низкими выбросами CO₂. При охлаждении поток энергии направлен от здания к системе охлаждения.

Стандартом определены методики расчета воздействия САЗ и УТС на энергоэффективность здания. Отдельные этапы таких расчетов представлены на рис. 8. Иллюстрация показывает, что расчет начинается с потребителей (подачи энергии в помещения) и заканчивается на основном источнике энергии, т.е. ведется в направлении, обратном направлению потоков энергии.

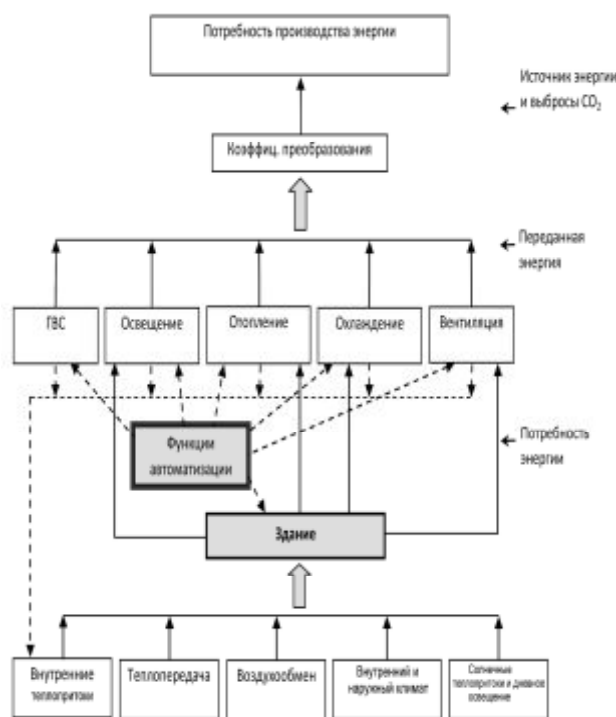


Рис. 8. Отдельные этапы расчетов и взаимосвязь энергетических потоков

Основой расчета потребности здания в энергии является:

- вышеприведенная схема энергетических потоков в здании;
- процедура и стандарты на установки вентиляции и кондиционирования воздуха;
- тип здания, определяемый по графику присутствия в нем людей согласно стандарту

EN 15217 и учитываемый при расчете потребности в энергии.

Выводы. Согласно сформировавшемуся коллективному видению проблемы энергоэффективности [1 – 4], энергетические характеристики зданий должны рассчитываться в соответствии с изложенной методологией [6, 8 – 12], которая может иметь отличительные национальные и региональные черты. Меры по улучшению энергетических характеристик зданий должны включать в себя не только эффективное использование энергии, связанное, в первую очередь, со снижением нерациональных потерь, но и предусматривать использование энергии из возобновляемых источников и когенерацию; применение тепловых насосов, а также естественные вентиляцию, освещение и затенение; включение в энергетические системы здания пассивных элементов отопления-охлаждения и др. Системы автоматизации зданий играют при этом решающую роль в обеспечении согласованной работы служб и систем здания, корректном учете затрат и генерации энергии, оптимизации управления техническими системами на основании изменяющихся во времени комплексных критериев «энергоэффективность/комфорт».

Список использованной литературы

1. Національний стандарт України «Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232:2007, IDT) ДСТУ Б EN 12232:2011», Київ, Мінрегіон України, 2012, 114 с.

2. Мельникова Л. В. Технические возможности современных систем автоматизации зданий [Текст] / Л. В. Мельникова, В. В. Бушер, А. И. Шестака // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. Тем. вип. «Проблеми АЕП. Теорія і практика». – Кременчук : – 2012. – № 3/2012 (19). – С. 617 – 619.

3. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 “On the energy performance of buildings” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EN:PDF>) – 16.12.2002.

4. Communication from the commission COM (2006) 545 of 19.10.2006 “Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential”, Commission of the European Communities [Electronic resource]. – Access mode : (http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/com_2006_0545_en.pdf) – 19.10.2006.

5. Communication from the commission COM (2008) 772 “Energy efficiency: delivering the 20% target” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0772:FIN:EN:PDF>). – 13.11.2008.

6. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council “On the energy performance of buildings, recast” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>). – 19. 05. 2010.

7. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions COM (2011) 109 of “Energy Efficiency Plan 2011” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:EN:PDF>). – 08.03.2011.

8. European Standard EN 15232, “Energy performance of buildings. Impact of Building Automation, Controls and Building Management” [Electronic resource]. – Access mode (http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_22_TCaproval_version_prEN_15232_Integrated_Building_Automation_Systems.pdf) – july 2007.

9. “The impact of Building Automation on Energy Efficiency”, Reinhard Imhasly report for Modern Technologies for the Energy and Environment, Seminar ASHRAE, Hellenic chapter, Athens, Greece, © Siemens Switzerland Ltd. June 16, 2010.

10. Nguyen N.-H. a b. A real-time control using wireless sensor network for intelligent energy management system in buildings [Text] / [N.-H. a b Nguyen, Q.-T. c Tran, J.-M.a Leger and others] // *IEEE Worskshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Sys-*

tems, Proceedings, art. no. 5634176. EESMS 2010. – 2010. – P. 87 – 92 [Electronic resource]. – Access mode : (<http://www.sco-pus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79951933050&partnerID=40&md5=45447e4fcddd87fea9b1963b0eaff101>).

11. Pérez-Lombard L. a. A review on buildings energy consumption information [Text] / L. a Pérez-Lombard, J. b. Ortiz, C. b Pout // *Energy and Buildings* / – 2008. – 40 (3). – P. 394 – 398.

DOI : 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.

URL : [http://sci-](http://sci-hub.org/pdfcache/e02a759cda9affbb76547b0f882d7904.pdf)

[hub.org/pdfcache/e02a759cda9affbb76547b0f882d7904.pdf](http://sci-hub.org/pdfcache/e02a759cda9affbb76547b0f882d7904.pdf).

12. López A. a. An evolutionary algorithm for the off-line data driven generation of fuzzy controllers for intelligent buildings [Text] / [A. a López, L. b. Sánchez, F. c. Doctor and others] // *Conference Proceedings – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1. – 2004. – P. 42 – 47.

DOI : 10.1109/ICSMC.2004.1398270.

URL :

<http://libgen.org/scimag4/10.1109/ICSMC.2004.1398270.pdf>.

Получено 12.07.2013

References

1. The National Standard of Ukraine «Energy Performance of Buildings. Impact of Building Automation, Controls and Building Management (EN 15232:2007, IDT) DSTU B EN 12232:2011». – Kyiv : – Ukraine Regional Development, 2012. – 114 p. [in Ukrainian].

2. Melnikova L. Technical Resources of Actual Building Automation Systems [Text] / L. Melnikova, V. Busher, A. Shestaka // *Electromechanical and energy saving systems. Thematic issue «Problems of automatic electric drive. Theory and applications» scientific production journal*. – Kremenchuk : KrNU, 2012. – № 3/2012 (19). – P. 617 – 619 [in Russian].

3. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 “On the Energy Performance of Buildings” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EN:PDF>). – 19.10.2006 [in English].

4. Communication from the Commission COM (2006) 545 of 19.10.2006 “Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential”.

Commission of the European Communities [Electronic resource]. – Access mode : (http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/com_2006_0545_en.pdf) – 19.10.2006 [in English].

5. Communication from the Commission COM (2008) 772 of 13.11.2008 “Energy efficiency: delivering the 20 % target” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0772:FIN:EN:PDF>) – 13.11.2008 [in English].

6. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 “On the energy performance of buildings, recast” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>) – 19 May 2010 [in English].

7. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM (2011) 109 of 08.03.2011 “Energy Efficiency Plan 2011” [Electronic resource]. – Access mode : (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:EN:PDF>) – 08.03.2011 [in English].

8. European Standard EN 15232. “Energy Performance of Buildings. Impact of Building Automation, Controls and Building Management” [Electronic resource]. – Access mode : (http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_22_TCapproval_version_prEN_15232_Integrated_Building_Automation_Systems.pdf) – July 2007 [in English].

9. “The impact of Building Automation on Energy Efficiency”, Reinhard Imhasly report for Modern Technologies for the Energy and Environment, Seminar ASHRAE, Hellenic chapter, Athens, Greece, June 16, 2010 [in English].

© Siemens Switzerland Ltd

10. Nguyen N.-H. a. b. A real-time Control Using Wireless Sensor Network for Intelligent Energy Management System in Buildings [Text] / [N.-H. a. b. Nguyen, Q.-T.c Tran, J.-M. a Leger, and others] // *EESMS 2010. – 2010 IEEE Worskshop on Environmental, Energy,*

and Structural Monitoring Systems, Proceedings, art. no. 5634176. – 2010. – P. 87 – 92 [Electronic resource]. – Access mode : (<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79951933050&partnerID=40&md5=45447e4fcddd87fea9b1963b0eaff101>) [in English].

11. Pérez-Lombard L. a. A Review on Buildings Energy Consumption Information [Text] / L. a Pérez-Lombard, J. b. Ortiz, C. b Pout // *Energy and Buildings*. – 2008. – 40 (3). – P. 394 – 398 [in English].

DOI : 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.

URL : <http://scihub.org/pdfcache/e02a759cda9affbb76547b0f882d7904.pdf>

12. López A. a. An Evolutionary Algorithm for the off-line Data Driven Generation of Fuzzy Controllers for Intelligent Buildings [Text] / [A. a López, L. b. Sánchez, F. c. Doctor and others] // *Conference Proceedings – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1. – 2004. – P. 42 – 47 [in English].

DOI : 10.1109/ICSMC.2004.1398270.

URL : <http://libgen.org/scimag4/10.1109/ICSMC.2004.1398270.pdf>.



Шестака

Анатолий Иванович,
ООО «Первая инженер-
ная компания»
т.048 7878633,
т.+38(050)3368216



Мельникова

Любовь Васильевна,
к.т.н, доц. каф. ЭМС КУ
Одесского нац. поли-
техн. ун-та,
т.+38(067)9494290



Бушер

Виктор Владимирович,
д.т.н, доц. каф. ЭМС КУ
Одесского нац.
политехн. ун-та,
т.+38(050)3908809