

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.413.5

ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

ГРУЗДО І.В., КОЛЕСНИКОВ Д.О.,
СЛЮСЕНКО І.О.

Розглядаються існуючі застосування для збору, аналізу та регулювання інформації з датчиків «розумного дому». Розкривається поняття автоматизації будівель. Дається класифікація систем з автоматизації будівель за такими ознаками, як зручність використання програмного засобу та можливість проведення аналізу даних, отриманих з датчиків. Проводиться порівняльний аналіз існуючих додатків для підтримки систем автоматизованих будівель. Визначається необхідність створення додатку, який надасть можливість користувачам зручно відстежувати дані системи, аналізувати та обробляти велику кількість інформації.

Ключові слова: автоматизація будівель, аналіз даних, датчики «розумного дому», обробка інформації, зручність використання, програмний засіб.

Keywords: automation of buildings, data analysis, sensors of "smart home", information processing, usability, software.

Вступ

Існує декілька класичних визначень відносно поняття автоматизації будівель, зокрема: автоматизація будівель – це автоматичне централізоване управління опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря, освітленням через систему управління будівлею або систему автоматизації будівель (BAS) [1].

Завданнями автоматизації будівель є поліпшення комфорту користувачів, ефективне функціонування будівельних систем, зменшення споживання енергії та експлуатаційних витрат, а також поліпшення життєвого циклу комунальних послуг.

Автоматизація будівель є прикладом розподіленої системи управління – комп'ютерної мережі електронних пристроїв, призначених для моніторингу та контролю механічних, охоронних, протипожежних та паводкових заходів, освітлення (особливо аварійного), систем вентиляції [2,3].

Термін "система автоматизації будівель", що використовується неоднозначно, означає управління системою опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) будівель. Сучасні BAS можуть контролювати внутрішнє і зовнішнє освітлення, а також систему охорони будівлі, пожежну сигналізацію і багато чого ще,

що відноситься до електричних приладів, які є в будівлі.

Найбільш поширеним прикладом автоматизації приміщень є корпоративний зал засідань, презентаційні апартаменти та лекційні зали, де працює велика кількість пристроїв, що визначають функцію кімнати (наприклад, обладнання для відеоконференцій, відеопроєктори, системи керування освітленням, системи оповіщення). Така кількість приладів робить ручне керування приміщенням дуже складним, і не завжди зрозуміло, що треба змінити, щоб отримати необхідний результат відносно ситуації.

На сьогоднішній день існує багато додатків для використання датчиків розумного дому, це можуть бути як мобільний додаток або веб-додаток, так і додаток для ПК. Більш зручним при використанні є веб-додаток через те, що має більше можливостей для системи, які спрямовані, крім зміни показників датчиків, на переглядання графіків аналізу даних. Робота з отриманими в ході аналізу графіками зручніша в браузері, ніж на телефоні, через те що є можливість організації універсального доступу до додатку. На даний момент для слідкування та регулювання показників стану технічних приладів на підприємстві потрібний великий штат людей, які повинні відповідати за конкретні прилади та знати багато інформації для настройки і аналізу. Це в свою чергу потребує багато часу і затримує прийняття відповідного рішення як у відповідному відділі, так і в рамках цілої будівлі. Звісно, це позначається на ефективності використання приладів, електроенергії, прийнятті управлінських рішень та затраченого часу. Вирішенням цієї проблеми може стати автоматизація процесу слідкування та регулювання приладів у системах автоматизації будівель.

Існують додатки, які допомагають працювати з технікою вдома, але їх функціонал не дозволяє в повній мірі вирішити задачу збору та аналізу даних у рамках керування «складною будівлею» (супермаркет, IT-підприємство). На жаль, існуючі додатки, які допомагають працювати з технікою вдома, не дають в повній мірі можливості працювати з необхідною підмножиною показників та необхідною кількістю техніки, що в більшості випадків відрізняється за характеристиками та призначенням від тієї, що використовується в «розумних будинках». Слід також звернути увагу на те, що в систему автоматизації «складною будівлею» здебільшого включено безпеку, а саме контроль доступу і системи сигналізації [4]. Хоча така функція присутня і в системах «розумний дім», але її

неможливо адаптувати для керування «складною будівлею».

Система домашньої автоматизації зазвичай підключає керовані пристрої до центрального концентратора або «шлюзу» [5]. Інтерфейс для управління системою використовується за допомогою настінних терміналів, планшетних або настільних комп'ютерів, через додаток на мобільному телефоні або через веб-інтерфейс, який також може бути доступний за межами майданчика через Інтернет.

Мета даного дослідження – критичний аналіз програмних засобів з регулювання станів, обробки отриманих даних з датчиків систем автоматизованих будівель, моделювання системи для керування «складною будівлею».

1. Постановка завдання дослідження

В даний час є безліч різних платформ для обробки даних в системах автоматизованих будівель. Слід зазначити, що систем для «розумного дому» існує небагато, вони не допомагають вирішенню проблем на великих підприємствах, і тому далі будуть наведені лише ті, які більш наближені для «задоволення» деяких потреб на підприємствах. Для аналізу був використаний метод тестування по стратегії чорного ящика [6].

Необхідно сформулювати критерії оцінки юзабіліті і функціоналу платформ для автоматизованих будівель і провести порівняльну характеристику додатків на підставі виділених критеріїв. За результатами порівняльної характеристики слід визначити ряд проблем розглянутих платформ, запропонувати шляхи їх вирішення.

Рішення поставленого завдання передбачає виконання такої послідовності кроків:

- вибір систем підтримки автоматизованих будівель для подальшого порівняння;
- порівняльна характеристика функціоналу обраних платформ;
- визначення ряду проблем і пошук шляхів їх вирішення.

2. Програмне забезпечення для систем автоматизованих будівель

Програмне забезпечення домашньої автоматизації – це ПЗ, що дозволяє контролювати прилади, які можна знайти в домі, офісах або у комерційних установах: освітлення, кліматичне обладнання, контроль доступу, оприскувачі та інші пристрої. ПЗ звичайно забезпечує планування задач, таких як включення спринклерів у відповідний час, обробку подій – включення світла при виявленні руху. Запропоновано декілька інтерфейсів для зв'язку з зовнішнім світом, таких як XMPP, електронна пошта, Z-Wave і X10.

Існує багато рішень, які умовно можна поділити відповідно до того, на якому ПЗ воно реалізоване з відкритим чи закритим кодом. Слід відмітити також ще один клас ПЗ – це так звані провідні системи, які спрямовані лише на вирішення задач, пов'язаних з управлінням датчиків для автоматизованих будівель. Далі розглянемо більш детально клас додатків, які відносяться до програмного забезпечення з відкритим кодом [7] (табл. 1).

Таблиця 1

Програмне забезпечення з відкритим кодом

Система	LinuxMCE	Open Remote	AllJoyn	IoTivity
Linux	+	+	+	+
Mac		+	+	+
Windows		+	+	+
Android			+	+
IoT			+	+

Відповідно до даних табл. 1 можна зробити висновок, що серед програмного забезпечення з відкритим кодом існує лише дві найбільш універсальні розробки: AllJoyn та IoTivity. Вони універсальні при використанні в усіх поширених операційних системах, але в них немає функціоналу, що надав би можливість виконати за потреби масштабування функціоналу, а також функції немає централізованого керування «складною будівлею».

Іншим класом є програмне забезпечення з закритим кодом [8] рішень, які існують в ньому (табл. 2).

Таблиця 2

Програмне забезпечення з закритим кодом

Система	MicrosoftHomeOS	HomeSeer
Linux		+
Mac		+
Windows	+	+
Android		+
IoT		+

Відповідно до даних з табл. 1 можна зробити висновок, що програмних рішень згідно з класом реалізацій із закритим кодом існує набагато менше, через те що на даний час є тенденція безкоштовної публікації усіх розробок у мережі Internet, яка в свою чергу спрямована на екологічність функціонування та розробки програмного забезпечення. Слід також відмітити, що тільки HomeSeer має можливість інтегрування на різні операційні системи. Але через те, що це ПЗ є із закритим кодом, то не зрозуміло, чи можливо HomeSeer адаптувати для керування «складною будівлею» і які будуть обмеження та складнощі.

3. Провідні системи для автоматизованих будівель

Далі в ході дослідження були розглянуті провідні системи які спрямовані лише на вирішення задач, пов'язаних з управлінням датчиків для автоматизованих будівель. У ході аналізу було виділено дві найбільш популярні системи XiaomiMiHome [9] та IridiumMobile [10], які позиціонують себе як системи для автоматизованих будівель. Як вже було зазначено, систем для «розумного дому» існує дуже багато, але вони не допомагають при вирішенні проблем управління на великих підприємствах, спрямованих на об'єднання безлічі різних пристроїв, і тому обрані були лише ті, які більш наближені для «задоволення» деяких потреб на підприємствах.

Досить зручний додаток для управління системою «розумний дім» реалізований фірмою Xiaomi. В додатках, що розробляються цією фірмою, реалізована функція об'єднання технічних приладів, але вони обмежені лише апаратним забезпеченням фірми Xiaomi та не підтримують інших виробників пристроїв. Слід також відмітити, що усі ці прилади тільки для домашнього використання і не годяться для роботи у великих об'єднаннях, таких як фірма. Дуже часто бувають ситуації, коли додаток MiHome «не бачить» деякі пристрої. Найчастіше це стосується пилососа, Wi-Fi-репітера або шлюзу Gateway. Найбільша проблема: не приходять push-повідомлення, що є дуже серйозною проблемою з точки зору ефективної роботи та отримання максимуму від їх функціоналу. Існують також ситуації, коли через ігнорування методичних помилок виникають збої та неполадки, які в загальному випадку впливають на безпеку життєдіяльності людини. Наступний сервіс – це IridiumMobile. Він також спрямований на підтримку роботи «розумного дому». Слід відмітити, що це ціла платформа для створення свого «розумного будинку». При створенні сервісу свого будинку користувач не отримує ні веб-додатку, ні мобільного додатку. Для того щоб мати можливість користуватися сервісом хоча б з телефона, треба встановити сторонній додаток i2 Control, який не має зручного інтерфейсу, але виконує свій функціонал досить непогано. Щоб отримати доступ з персонального комп'ютеру, потрібно через віддалений доступ підключитися до створеного сервера, що не завжди зручно і легко, а також потребує знань відповідно до взаємодії та налагодження елементів.

Можна зробити загальний висновок, що жоден з розглянутих додатків не має можливості підключення до ПК. Тим паче розробники

додатків при реалізації зовсім не ставили у пріоритет інтерфейси додатків, через це вони не є зручними та не завжди інтуїтивно зрозумілими. Базуючись на висновках, можна допустити що можливість користуватися додатком через браузер з будь-якого ПК та функціонал для промислового об'єму даних приверне увагу користувачів до розроблюваного додатку.

4. Аналіз та формування характеристик для розробки системи автоматизації управління «складною будівлею»

Існує широкий спектр різних технологій, на управління та об'єднання яких спрямовані системи для «розумного дому». Для побудови об'єднуючої системи автоматизації управління «складною будівлею», необхідні основні класи технологій, за якими буде виконуватися групування датчиків. Для цього в ході дослідження були проаналізовані існуючі рішення, що входять до систем автоматизованих будівель. В ході аналізу складено список технології, та освітлено їх специфіку:

- опалення, вентиляція і кондиціонування повітря (HVAC): можливе дистанційне керування усіма домашніми моніторами енергії через Інтернет з простим і дружнім призначенням для користувача інтерфейсом [11, 12];

- система управління освітленням: «розумна» мережа, яка включає зв'язок між різними входами і виходами системи освітлення, використовуючи одне або кілька центральних обчислювальних пристроїв;

- система контролю зайнятості: за допомогою інтелектуальних лічильників [13] і датчиків навколишнього середовища, таких як датчики CO₂ [14], які можна інтегрувати в систему автоматизації будівлі, можна визначати зайнятість вдома, щоб запускати автоматичні реакції для підвищення енергоефективності та створення комфортних додатків;

- управління приладами автоматизації та інтеграція з інтелектуальною сіткою і інтелектуальним лічильником з високою потужністю сонячної панелі в середині дня для запуску пральних машин [15, 16];

- домашні роботи та система безпеки: система домашньої безпеки, інтегрована з системою домашньої автоматизації, може надавати додаткові послуги, такі як віддалене спостереження за камерами безпеки через Інтернет або контроль доступу і центральний замок всіх дверей і вікон, що розташовані по периметру [17];

- детектори витоку, диму і CO [18, 19];

- внутрішні системи позиціонування (IPS);

- домашня автоматизація для літніх людей та інвалідів;

– догляд за тваринами і дітьми, наприклад, відстеження рухів домашніх тварин і дітей і контроль прав доступу домашніх тварин [20];

– контроль якості повітря. Наприклад, AirQualityEgg використовується жителями будинку для контролю якості повітря та рівня забруднення в місті і створення карти забруднення [21];

– "Розумна кухня" і "Пов'язана кулінарія". Використання пристроїв голосового управління, таких як AmazonAlexa [22], GoogleHome або мобільних додатків для управління кофемашинами, духовками, холодильниками і мультиварками, наприклад InstantPot або роботизованою кухнею.

Розглянувши всі сфери використання системи автоматизованого дому, можна зробити висновок, що необхідно розробити систему, яка б дала змогу виконувати керування «складною будівлею».

Наведений список технологій дозволить побудувати об'єднуючу систему з зрозумілою ієрархією управління різними датчиками, спрямовану на автоматизацію «складною будівлею», та віднести різні датчики до конкретної групи.

Відповідно до аналогів та технологій, що входять до систем автоматизованих будівель, можна сформулювати загальні вимоги до додатку, спрямованого на керування «складною будівлею».

Узагальнені функціональні вимоги [23] до системи:

- підтримувати додавання датчиків, зміну їх стану;
- надавати можливість об'єднувати різні технології датчиків та керувати ними;
- надавати можливість аналізувати дані, отримані з датчиків;
- надавати можливість побудови графіків використання ресурсів;
- надавати можливість обробляти великий об'єм даних, отриманих з датчиків;
- підтримувати зберігання даних про користувача та його доступний функціонал;
- підтримувати механізм опрацювання помилок;
- підтримувати показ даних про користувача та його доступний функціонал;
- забезпечувати безпеку даних та доступу;
- підтримувати легкість горизонтального масштабування і стійкість до непередбачуваних збоїв;
- повинна мати зручний інтерфейс для того, щоб користувачі мали змогу швидко та якісно працювати з датчиками, обробляти та аналізувати дані, отримані з них.

Слід відмітити, що для забезпечення останньої функціональної вимоги необхідно провести додаткове дослідження, яке б дало змогу більш детально і відповідно до конкретної групи користувачів визначити основні вимоги до usability керування «складною будівлею». Це пов'язано з тим, що досвід користування має суб'єктивний характер (бо залежить від індивідуального відчуття і думки) і може змінюватись з часом при зміні обставин.

Тому до вже вказаних функціональних вимог слід додати вимоги, пов'язані з usability:

- зручність додавання датчиків та аналізування даних, отриманих з них;
 - зручність авторизації та регулювання станів датчиків;
 - швидкість роботи розробленого програмного забезпечення;
 - легкість інсталяції розробленого програмного забезпечення;
 - зрозумілі сценарії діалогів, які впливають на ступінь невизначеності можливих дій користувача.
 - зрозумілі поведінкові метрики;
 - застосування типового загальноприйнятого стилю підказок;
 - ергономічність інтерфейсу;
 - цілісність інтерфейсу: єдина термінологія, єдиний вид елементів, стандартний спосіб роботи загальноприйнятих функцій.
- Щоб визначити більш привабливі елементи usability серед провідних систем для автоматизованих будівель, було виконано їх порівняльний аналіз відповідно до загальних вимог до додатків, спрямованих на керування «складною будівлею».

Аналіз обраних систем зображено в таблиці 3.

Таблиця 3
Порівняння обраних систем

Вимоги/ Обрані системи	XiaomiMiHome	IridiumMobile
Можливість додавання датчиків та зміни їх стану	+	+
Можливість аналізувати дані отримані з датчиків	+	+
Можливість обробляти великий об'єм даних	-	-
Зберігання даних користувача	+	+
Безпека даних користувача	-	+
Зручність додавання датчиків	+	-
Зручність аналізування даних	+	+

Відповідно до даних табл. 3 можна зробити висновок, що існуючі додатки не мають змоги обробляти великий об'єм даних, у них відсутня можливість об'єднувати та управляти різними технологіями датчиків, а також вони мають недосить зручне управління, що впливає на якість інтерфейсу.

В ході проведеного аналізу було встановлено, що жодна з розглянутих систем в повній мірі не надає можливості керування «складною будівлею». Тому необхідно розробити систему, яка надасть змогу збирати та аналізувати інформацію з різних типів датчиків, тобто щоб за допомогою такої системи можна було в автоматичному режимі, відкривши програму, «закрити двері, вікна, вимкнути або ввімкнути світло», наприклад, у даному секторі магазину, змінити температуру холодильників, ввімкнути кондиціонери та мати доступ до різних технічних приладів.

Відповідно до завдання дослідження та проведеного аналізу існуючих програмних рішень (п.2-4) в подальшому необхідно розробити засіб для дистанційної роботи з технічними та електроприладами цілих підприємств, що надасть можливість скоротити витрати та зменшити психологічну напругу серед працівників, знизивши "людський фактор" при контролі та обробці даних.

Аналогів такого додатку на ринку майже немає, є додатки, які допомагають працювати з технікою вдома, але їх дуже мало, та, на жаль, вони не дають змоги коректно працювати з цими показниками та технікою.

Передбачається, що проєкт буде розділено на три мікросервіси відповідно до визначених узагальнених функціональних вимог, а саме бізнес-логіка (business-logic), автоматизована будівля (smart-home), користувачі (single sign-on).

Висновки

Жоден з розглянутих додатків не має можливості підключення до ПК. Крім того, розробники додатків зовсім не ставили у пріоритет зручність роботи з інтерфейсом, через що вони не є зручними та інтуїтивно зрозумілими. Функціонал додатків не завжди задовольняє потреби користувача в рамках функціоналу, необхідного для «розумного будинку», а тим більше використання для керування «складною будівлею» та підтримки промислових цілей і великих об'ємів даних.

Слід відмітити, що хоча і існують системи, які позиціонуються як системи для керування «складною будівлею», але не є такими, через ряд обмежень, що закладені в них.

Один з розглянутих додатків, а саме XiaomiMiHome, розроблено тільки для використання з приладами компанії Xiaomi, які в

свою чергу розроблюються виключно для домашнього використання.

IridiumMobile має непоганий функціонал, але не має клієнтського додатку, що в свою чергу не дає можливості звичайним користувачам працювати з системою, через те що інтерфейс не є інтуїтивно зрозумілим, складним для звичайного користувача та підключення через віддалений доступ до серверу не є найчастіше можливим.

Проведена класифікація технологій, за якими буде виконуватися групування датчиків. Вона надасть змогу при побудові об'єднуючої системи, спрямованої на автоматизацію «складною будівлею», виконувати групування датчиків у напівавтоматичному режимі.

На основі аналізу різних систем для керування будівлею було сформульовано узагальнені функціональні вимоги до системи, а також вимоги, пов'язані з usability. Все це відображає суть розробки системи, спрямованої на автоматизацію управління «складною будівлею». Базуючись на цьому, можна допустити, що можливість користуватись додатком через браузер з будь-якого ПК та функціонал для промислового об'єму даних приверне увагу користувачів до розроблюваного додатку спрямованого на дистанційну роботу з технічними та електроприладами цілих підприємств. Такий додаток також надасть можливість скоротити витрати та зменшити психологічну напругу серед працівників, знизивши "людський фактор" при контролі та обробці даних.

Вказані вище обставини визначають необхідність створення додатку для автоматизованих будинків. При проектуванні такого додатку особливу увагу слід також приділити алгоритмам обробки великого обсягу даних, підключення датчиків, безпеки зберігання даних користувачів, адже вони є найбільш важливими процесам роботи у сфері автоматизованих будинків.

Література:

1. KMC Controls. "Understanding Building Automation and Control Systems". Archived from the original. [Online] Available at: https://web.archive.org/web/20130519124213/http://www.kmcccontrols.com:80/products/Understanding_Building_Automation_and_Control_Systems.aspx [Accessed 15.12.2019].
2. CEDIA Find: Cool Automation Integrates Smart Air Conditioners with Third-Party Control Systems". CEPro. Retrieved 16 Jun 2015. [Online] Available at: http://www.cepro.com/article/cedia_find_cool_automation_integrates_smart_air_conditioners_with_third_par/ [Accessed 15.02.2019].
3. Then & Now: Keeping Consumers Safe and Informed. [Online] Available at: www.consumerreports.org. [Accessed 15.12.2019].

4. *Abreu, Vilmar et al.* "A Smart Meter and Smart House Integrated to an IdM and Key-based Scheme for Providing Integral Security for a Smart Grid ICT." *Mobile Networks and Applications* 23 (2018): 967-981. doi: 10.1007 / s11036-017-0960-4.
5. *Бейзер Б.* Тестирование чёрного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. Питер, 2004. 320 с.
6. *What is "free software" and is it the same as "open source"?* Frequently Answered Questions. Open Source Initiative. [Online] Available at: <https://opensource.org/faq#free-software>. [Accessed 15.12.2019].
7. *Буланже Алан.* Надежность и безопасность: открытый код против закрытого. Открытые системы, «Открытые системы», 2005. № 12. [Online] Available at: <http://www.osp.ru/os/2005/12/380658/> [Accessed 15.12.2019].
8. *Lamkin Paul.* A beginner's guide to living in a Xiaomi smart home. The best Xiaomi smart home devices you can buy right now. February 26, 2019 [Online] Available at: <https://www.the-ambient.com/guides/best-xiaomi-smart-home-cheap-devices-1026> [Accessed 15.12.2019].
9. *IRIDIUM PRO* Система управления (визуализация + сервер) для больших проектов автоматизации. [Online]. Available at: <https://iridi.com/> [Accessed 15.12.2019].
10. *Korkmaz I., Metin S. K., Gurek A., Gur C., Gurakin C., and Akdeniz M.* A cloud based and Android supported scalable home automation system // *Comput. Electr. Eng.*, 2015. Vol. 43. P. 112–128.
11. *Волгунов А. Д.* Обзор функциональных возможностей и перспектив развития систем домашней автоматизации // *Молодой ученый*. 2015. №8. С. 199-202.
12. *Jin M., Jia R., Spanos C.* Virtual Detection of Presence: Use of Intelligent Counters to Determine Your Presence // *IEEE Mobile Computing Transactions*. P. (99): 3264-3277. arXiv: 1407.4395. doi: 10.1109 / TMC.2017.2684806.
13. *Uday Kamal Shamir, Ahmed Shamir, Ahmed Reza, Tarik.* Intelligent Human Counting through Environmental Sensing in Closed Indoor Settings May 2019 *Mobile Networks and Applications* Publisher Springer US pp 1–17 DOI: 10.1007/s11036-019-01311-w.
14. *Schneider Daniel M., Schwager Andreas.* Smart Beamforming: Improving PLC Electromagnetic Interference. MIMO Power Line Communications. Chapter 16. MIMO Power Line Communications Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing Edited By Lars Torsten Berger, Andreas Schwager, Pascal Pagani, Daniel Schneider eBook 19 December 2017 DOI <https://doi.org/10.1201/b16540>, 710 p. ISBN 9781315216232.
15. *Exploring the imperative of revitalizing America's electric infrastructure.* [Online] Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf [Accessed 15.12.2019].
16. *Akbar A., Nati M., Carrez F., and Moessner K.* Contextual Occupancy Detection for Smart Office by Pattern Recognition of Electricity Consumption Data // *IEEE International Conference on Communications*. 2015. P. 561-566.
17. *Харке Вернер.* Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве [Текст] / В. Харке; пер. с нем. И. В. Рядченко. М.: Техносфера, 2006. 287 р.
18. *Тетушкин, В. А.* Система управления интеллектуальным зданием как инновационный элемент сервиса недвижимости / В. А. Тетушкин, И. Герасимов // *Вопросы современной науки и практики / Ун-т им. В. И. Вернадского*. 2016. № 3 (61). С. 153–170. Режим доступа: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2016/03/20.pdf>.
19. *Building automation and control systems* System Catalog 2016 Siemens Switzerland Ltd Building Technologies Division International Headquarters [Online] Available at: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10387472> [Accessed 15.12.2019].
20. *Интернет вещей для «умных» городов* Трансформация «умного» города в город будущего [Online] Available at: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) [Accessed 15.12.2019].
21. *Amazon Alexa* [Online] Available at: <https://developer.amazon.com/alexa> [Accessed 15.12.2019].
22. *Вузерс Карл, Бумти Джой* Разработка требований к программному обеспечению. М.: Русская редакция; СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 736 с.
23. *ISO 9241-210:2019* Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Human-centred design for interactive systems. Switzerland. P. 33.
24. *Emmanuel M., Rayudu R.* Communication technologies for smart grid applications: A survey // *Journal of Network and Computer Applications*. 2016. Vol. 74. P. 133-148.
25. *Автоматизация зданий – влияние на энергоэффективность.* Соответствие стандарту EN 15232:2012 Сертификация изделий ассоциацией eu.bac [Online] Available at: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1562586762.82159048-d58f-4f36-ae2-a835e1a284a0.energyefficiency-automation-2013-04-ru.pdf> [Accessed 15.12.2019].

Transliterated bibliography:

1. KMC Controls. "Understanding Building Automation and Control Systems". Archived from the original. [Online] Available at: https://web.archive.org/web/20130519124213/http://www.kmcontrols.com:80/products/Understanding_Building_Automation_and_Control_Systems.aspx [Accessed 15.12.2019].
2. *CEDIA Find: Cool Automation Integrates Smart Air Conditioners with Third-Party Control Systems*. CEPro. Retrieved 16 Jun 2015. [Online] Available at: http://www.cepro.com/article/cedia_find_cool_automation_integrates_smart_air_conditioners_with_third_party/ [Accessed 15.02.2019].

3. *Then & Now: Keeping Consumers Safe and Informed.* [Online] Available at: www.consumerreports.org. [Accessed 15.12.2019].
4. *Abreu, Vilmar et al.* "A Smart Meter and Smart House Integrated to an IdM and Key-based Scheme for Providing Integral Security for a Smart Grid ICT." *Mobile Networks and Applications* 23 (2018): 967-981. doi: 10.1007 / s11036-017-0960-4.
5. *Bejzer B.* Testirovanie chjornogo jashhika. Tehnologii funkcional'nogo testirovanija programmogo obespechenija i sistem. Piter, 2004. 320 s.
6. *What is "free software" and is it the same as "open source"?* Frequently Answered Questions. Open Source Initiative. [Online] Available at: <https://opensource.org/faq#free-software>. [Accessed 15.12.2019].
7. *Alan Bulanzhe Nadezhnost' i bezopasnost': otkrytyj kod protiv zakrytogo // Otkrytye sistemy.* Izdatel'stvo: Otkrytye sistemy, 2005. № 12. [Online] Available at: <http://www.osp.ru/os/2005/12/380658/> [Accessed 15.12.2019].
8. *Lamkin Paul.* A beginner's guide to living in a Xiaomi smart home The best Xiaomi smart home devices you can buy right now Tuesday February 26, 2019 [Online] Available at: <https://www.the-ambient.com/guides/best-xiaomi-smart-home-cheap-devices-1026> [Accessed 15.12.2019].
9. *IRIDIUM PRO* Sistema upravljenija (vizualizacija + server) dlja bol'shijh proektov avtomatizacii. [Online] Available at: <https://iridi.com/> [Accessed 15.12.2019].
10. *I. Korkmaz, S. K. Metin, A. Gurek, C. Gur, C. Gurakin, and M. Akdeniz,* "A cloud based and Android supported scalable home automation system," in *Comput. Electr. Eng.*, vol. 43, pp. 112–128, 2015.
11. *Volgunov A. D.* Obzor funkcional'nyh vozmozhnostej i perspektiv razvitija sistem domashnej avtomatizacii // *Molodoj uchenyj.* 2015. №8. C. 199-202.
12. *Jin, M. ; Jia, R. ; Spanos, C.* "Virtual Detection of Presence: Use of Intelligent Counters to Determine Your Presence". *IEEE Mobile Computing Transactions.* PP (99): 3264-3277. arXiv: 1407.4395. doi: 10.1109 / TMC.2017.2684806. ISSN 1536-1233.
13. *Uday Kamal Shamir, Ahmed Shamir, Ahmed Reza, Tarik.* Intelligent Human Counting through Environmental Sensing in Closed Indoor Settings May 2019 *Mobile Networks and Applications* Publisher Springer US. Pp 1–17 DOI: 10.1007/s11036-019-01311-w
14. *ByDaniel M. Schneider, Andreas Schwager.* Smart Beamforming: Improving PLC Electromagnetic Interference. *MIMO Power Line Communications.* Chapter 16. *MIMO Power Line Communications Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing* Edited ByLars Torsten Berger, Andreas Schwager, Pascal Pagani, Daniel Schneider eBook Published19 December 2017 DOIhttps://doi.org/10.1201/b16540, Pages710 pages. ISBN9781315216232.
15. *Exploring the imperative of revitalizing America's electric infrastructure.* [Online] Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/Document%20sandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf [Accessed 15.12.2019].
16. *A. Akbar, M. Nati, F. Carrez, and K. Moessner,* "Contextual Occupancy Detection for Smart Office by Pattern Recognition of Electricity Consumption Data", *IEEE International Conference on Communications*, pp. 561-566, 2015.
17. *Harke, Verner.* Umnyj dom. Ob#edinenie v set' bytovoj tehniki i sistem kommunikacij v zhilishhnom stroitel'stve [Tekst] / V. Harke; M. : Tehnosfera, 2006. 287, [6] s.
18. *Tetushkin, V. A.* Sistema upravljenija intellektual'nyh zdaniem kak innovacionnyj jelement servisa nedvizhimosti / V. A. Tetushkin, I. Gerasimov // *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki / Un-t im. V. I. Vernadskogo.* 2016. № 3 (61). S. 153–170. <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2016/03/20.pdf>.
19. *Building automation and control systems* System Catalog 2016 Siemens Switzerland Ltd Building Technologies Division International Headquarters [Online] Available at: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10387472> [Accessed 15.12.2019].
20. *Internet veshhej dlja «umnyh» gorodov Transformacija «umnogo» goroda v gorod budushhego* [Online] Available at: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) [Accessed 15.12.2019].
21. *Amazon alexa* [Online] Available at: <https://developer.amazon.com/alexa> [Accessed 15.12.2019].
22. *Vigers Karl, Bitti Dzhoj.* Razrabotka trenovanij k programmnomu obespecheniju. 3-e izd., dopolnennoe /Per. s angl. M.: Russkaja redakcija; SPb.: BHV-Peterburg, 2014. 736 p. 978-5-7502-0433-5
23. *ISO 9241-210:2019* Ergonomics of human-system interaction Part 210: Human-centred design for interactive systems. Switzerland. P. 33.
24. *Emmanuel M., Rayudu R.* "Communication technologies for smart grid applications: A survey," in *Journal of Network and Computer Applications*, 2016. Vol.74. Pp. 133-148,
25. *Avtomatizacija zdaniy – vlijanie na jenergojeffektivnost'* Sootvetstvie standartu EN 15232:2012 Sertifikacija izdelij asociaciej eu.bac [Online] Available at: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1562586762.82159048-d58f-4f36-aef2-a835e1a284a0.energyefficiency-automation-2013-04-ru.pdf> [Accessed 15.12.2019].

Надійшла до редколегії 11.08.2020

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Александрова Т.

Груздо Ірина Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри програмної інженерії ХНУРЕ. Наукові інтереси: аерокосмічна техніка, кібернетична лінгвістика, моделі та методи управління ризиками, Soft-skils. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, тел. +380577021446.

Колесников Дмитро Олегович, канд. техн. наук, доцент кафедри програмної інженерії ХНУРЕ. Наукові інтереси: програмування на Java, розробка додатків з графічним інтерфейсом, розробка корпоративних додатків. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, тел. +380919212639.

Слюсенко Ірина Олександрівна, студентка ХНУРЕ, кафедра програмної інженерії. Наукові інтереси: алгоритмізація, machinelearning. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, тел. +380671231625.

Gruzdo Iryna Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Software Engineering, Kharkov National University of Radio Electronics. Scientific interests: aerospace engineering, cybernetic linguistics, model sand methods of risk management, Soft-skils. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, NaukaAve., 14, Phone/fax: +380577021446, e-mail: irina.gruzdo@nure.ua

Kolesnykov Dmytro Olegovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Software Engineering, Kharkov National University of Radio Electronics. Scientific interests: Java programming, GUI development, enterprise application development. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave., 14, Phone/fax: +380919212639, e-mail: dmytro.kolesnykov@nure.ua

Sliusenko Iryna Oleksandrivna, student, Department of Software Engineering, Kharkov National University of Radio Electronics. Scientific interests: algorithmization, machine learning. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, NaukaAve., 14, tel. +380671231625.