

Перша бізнес-модель - «нормативний контроль». Дотримання вимог контролюючих організацій є необхідною умовою для ведення бізнесу, але прямої економічної вигоди вони компаніям не приносять, незважаючи на значні витрати.

Друга бізнес-модель - «превентивний контроль»: IoT дозволяють своєчасно виявляти причини для аварійних ситуацій і зниження ефективності роботи обладнання. Завдяки IoT можна запуснути дистанційний моніторинг і стежити за роботою обладнання онлайн в реальному часі.

Третя бізнес-модель - «дистанційна діагностика». Датчики IoT можуть використовуватися для діагностики пристроїв, на яких вони встановлені, і автоматично реагувати на зміни їх стану.

Четверта бізнес-модель - «контроль операцій». За допомогою IoT можна контролювати ланцюжок технологічних операцій, здійснювати контроль переміщення будь-яких пристроїв і автоматично відстежувати їх характеристики в реальному часі.

П'ята бізнес-модель - «автоматизація операцій». IoT дозволяє автоматизувати часто повторювані операції, підвищуючи ефективність роботи, якість дозвілля, ступінь задоволеності клієнтів.

Кожна наступна модель більш розумніша і більш контролюється інтегрованим (вбудованим) обчислювальним пристроєм, який керує усіма процесами цієї речі (технологічними, діагностувальними, комунікаційними і др.).

Склад і структура інтернету речей. Як звісно, процеси керування вивчає кібернетика, яка є наука про загальні закономірності отримання, зберігання, перетворення і передачі інформації в складних керуючих системах і має безліч напрямків. Основні напрямки мають вивчатися у ЗВО: система підтримки прийняття рішень, теорія автоматів, моделювання, комп'ютерний зір, штучний інтелект, розпізнавання об'єктів, АСУ ТП, системний аналіз (теорія великих систем, теорія складних систем і т.і.), теорія автоматичного управління (ТАУ), прикладна теорія інформації, теорія оцінювання (ідентифікації), теорія обчислювальних машин (інформатика), робототехніка.

Технічна кібернетика - галузь науки, що вивчає технічні системи керування і відповідні фізичні процеси керування. Найважливіші напрямки досліджень - розробка і створення автоматичних і автоматизованих систем управління, а також автоматичних пристроїв і комплексів для передачі, переробки і зберігання інформації. Наприклад, пристроїв технологічних (верстатів-автоматів, автоматичних регуляторів та ін.), вимірювальних (автоматичних датчиків, реєстраторів, вимірювальних комплексів), інформаційних (обчислювальних і керуючих машин).

Управління фізичними процесами відноситься до локального рівня керування і вивчаються теорією автоматичного управління (регулювання). Процеси моделюються динамічними ланками, які описується певним диференціальним рівнянням. Одним і тим же рівнянням можуть описуватися досить різноманітні пристрої (механічні, гідравлічні, електричні і т. д.), а також процеси різної фізичної природи (технічні, економічні, біологічні, політичні та інші). Характеристики регуляторів, як відомо, залежать від типу їх діфрівняння (пропорційні, пропорційно-інтегральні і т.д.)

Сучасна інтеграція обчислювальних ресурсів передбачає дуже глибоке проникнення в керовані фізичні процеси. Така інформаційно-технологічна концепція отримала назву Кібер-фізична система (англ. Cyber-physical system). У такій системі датчики, обладнання та інформаційні системи з'єднані протягом всього ланцюжка створення вартості, що виходить за рамки одного підприємства або бізнесу [3]. Ці системи взаємодіють один з одним за допомогою стандартних інтернет-протоколів для прогнозування, самонастроювання і адаптації до змін (рис. 1).

Концепція кібер-фізичних систем охоплює широке коло технологій. Окремо вони вже використовуються в різних сферах, але будучи інтегрованими в єдине ціле, змінюють виробничі відносини. Деякі основні ключові напрямлення і технології такі:

- Вбудовані системи керування на основі вбудованого комп'ютера (наприклад *Raspberry Pi*, *Intel Edison*) дозволяють здійснити збір і обробку великої кількості даних з різних джерел для автономного прийняття рішень в режимі реального часу.

- Сенсорні мережі БСС є мережею, де датчики зв'язуються один з одним за допомогою одного радіочастотного каналу.

- Системи ідентифікації RFID - метод ідентифікації об'єктів, при якому дані зчитуються за допомогою радіочастотних сигналів.

- Інтелектуальні технології (штучний інтелект, експертні системи) дозволяють об'єктам працювати як в автономному режимі так і в складі систем.

- Автоматичне керування (регулювання) процесами - реалізація рішень та впливу на зовнішнє середовище.

- Моделювання використовується на стадії проектування продуктів або процесів, а також на стадії прийняття рішень під час керування.

- Досконалі комунікації (хмарні обчислення, веб технології тощо) для більш глибокої системної інтеграції горизонтальної і вертикальної між територіально-розподіленими об'єктами. В тому числі, технології бездротових мереж (*Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee*, *6LoWPAN*).

- Автономне функціонування або дистанційне керування технологічними процесами.

- Інформаційна безпека (Identity and Access Management) в міру розширення комунікацій зростають вразливість систем і ризики інформаційної безпеки.

- 3D-технології (3D-принтери, станки з ЧПУ) використовуються для фізичного моделювання і виробництва невеликих партій спеціалізованих продуктів.

- Доповнена реальність - дозволяє працівникам отримати більше інформації для діагностування ситуації і прискорити прийняття рішень.

Сучасні новітні технології виникають майже кожен день, тому цей список залишається відкритим.

Вбудовані системи керування (англ. Embedded system, ВС) є основною частиною IoT. Зменшення розмірів і вартості обчислювальних пристроїв привело до того, що зараз кожним процесом керують малогабаритні вбудовані пристрої. Це спрощує систему управління, але ускладнює її проектування і вивчення. Для кожного процесу необхідно знайти своє унікальне програмно-апаратне рішення.

Світовий ринок вбудованих систем швидко поширюється, що обумовлено збільшенням попиту на портативні комп'ютерні пристрої і вбудовані рішення. Швидке зростання ринку вбудованих систем багато в чому обумовлений стрімким розвитком Інтернету речей. Очікується, що до 2020 року до глобального Інтернету речей буде підключено більше 30 млрд. пристроїв.

Під вбудованою системою або мережею (embedded systems & networks) будемо розуміти спеціалізовану (замовну) мікропроцесорну систему, яка 1) занурена у зовнішнє середовище, частиною якої може бути людина (оператор, користувач); 2) управляється обчислювальною системою реального часу; 3) представляє собою компактну енергоекономічну сукупність програмних і апаратних елементів; 4) безпосередньо взаємодіє з об'єктом керування і об'єднана з ним конструктивно; 5) взаємодіє з зовнішнім середовищем за допомогою обміну сигналами, задовольняючи певним обмеженням на час прийому і обробки вхідного сигналу і видачі відповідних вихідних сигналів.

Як правило, ВС управляє всіма функціями об'єкта, працює автономно і практично без ремонту і обслуговування. Тому вона повинна задовольняти ряду вимог: забезпечення надійності, безпеки і гарантованого часу реакції. Стрімке зростання потреби у ВС різного призначення змушує розробників активно удосконалювати методи і засоби проектування. Різноманітність і діапазон складності таких систем величезні. Приклади деяких найбільш великих областей застосування ВС: промислова автоматика; енергетика; транспорт; авіоніка і військова техніка; телекомунікації; медицина; інтелектуальний будинок; ЖКГ; побутова техніка та ін. Високоякісні автомобілі можуть містити близько ста вбудованих мікроконтролерів. Типове домоволодіння середнього класу має близько п'ятдесяти вбудованих пристроїв. В цілому, вбудовані пристрої становлять більшу частину світового виробництва мікропроцесорів.

Активно зростає частка ВС зі складною внутрішньою організацією, яка проявляється в таких особливостях, як багатопроцесорна гетерогенна архітектура, розподілений характер обчислень, широкий діапазон потенційно доступних розробнику обчислювальних ресурсів. Більшість сьгоднішніх ВС складають розподілені інформаційно-керуючі системи (РІУС). Це вимушує до пошуку і розвитку всього різноманіття технічних рішень в області ВС, а не тільки обмеженого їх числа в рамках ряду канонічних апаратно-програмних платформ, а також методів і засобів їх проектування.

Сучасна концепція Інтернету речей має на увазі, що всі сучасні пристрої незалежно від платформи повинні мати можливість спільно функціонувати з іншими пристроями і сервісами, утворюючи єдину взаємопов'язану екосистему, а не існувати ізольовано. При такому значному зростанні кількості кінцевих підключених до мережі і один до одного пристроїв вже зараз відчувається серйозна потреба в розробниках програмного забезпечення, які розуміють всю складність екосистеми, в якій розвиваються виробники компонентів, плат, постачальники готових систем і компанії-інтегратори, і що володіють серйозним досвідом в області розробки вбудованих рішень.

Але є чинники, здатні уповільнити розвиток інтернету речей. З них найважливішими вважаються три: труднощі комунікації (дефіцит адрес протоколу IPv4, захист інформації, організація каналів), особливості відокремлених об'єктів (енергоживлення, надійність, інтеграція з об'єктом керування тощо) і прийняття загальних стандартів.

У лютому 2010 року в світі не залишилося вільних адрес IPv4. Тоді як мільярдам нових пристроїв знадобляться нові унікальні IP-адреси. Перехід на IPv6 вирішує проблему, спрощує управління мережами за допомогою автоматичної настройки конфігурації і нових, більш ефективних функцій інформаційної безпеки.

Щоб Інтернет речей повністю реалізував свої можливості, його пристрої повинні працювати абсолютно автономно. Але не реально використовувати мільярди батарейок для мільярдів пристроїв, встановлених по всій планеті і навіть в космосі. Треба навчитися отримувати електроенергію з навколишнього середовища: світла, повітряних потоків тощо.

В області стандартів треба вирішити безліч питань, особливо в таких областях, як безпека, захист особистої інформації, архітектура і комунікації, методів передачі пакетів IPv6 по мережах різних типів.

На початок листопада 2014 року розробкою універсальних специфікацій для «розумної» електроніки і відповідної програми сертифікації займаються кілька організацій, серед яких альянс Open Connectivity Foundation (OCF), в який входять Dell, Intel і Samsung Electronics. Аналітики BI Intelligence кажуть, що, крім уніфікації технологій, цього консорціуму і іншим об'єднанням належить вирішити проблему інформаційної безпеки, яка має місце в сфері «Інтернету речей».

За даними на 2016 рік архітектура IoT тільки формується, але вже з'ясовано що основними є чотири рівні: пристрої, зв'язок, обробка та управління даними. Еталонна архітектура, запропонована Industrial Internet Consortium (Cisco, GE, IBM, Intel та ін.) [4].



Рис. 1. Структура кібер-фізичного елемента інтернету речей.

Дистанційні лабораторії. Сучасна концепція освіти передбачає: доступність, індивідуальність і тривалість протягом усього життя. Найважливішою технологією цієї концепції є дистанційна освіта. Всі дисципліни циклу IoT дозволяють організувати дистанційне вивчення тільки теоретичних питань. Але ця область дуже тісно пов'язана з практикою. При цьому організувати дистанційне виконання практичних і лабораторних робіт дуже складно, особливо з новим і унікальним обладнанням. Наразі у значній кількості використовуються віртуальні лабораторії з віртуальними моделями і значно менше дистанційних лабораторій з фізичними моделями [5].

Дистанційна лабораторія (або лабораторна установка з віддаленим доступом), представляє собою програмно-апаратний комплекс, що дозволяє проводити досліди при відсутності безпосереднього контакту з реальною установкою. Дистанційні лабораторії також, в свою чергу, створюються і працюють на основі засобів IoT.

У КУБГ працює дистанційна лабораторія GOLDI (Grid of Online Lab Devices Imenau), яка розроблена на кафедрі інтегрованих комунікаційних систем технологічного університету Ільменау, Німеччина. До складу цієї лабораторії входить реальний фізичний макет, програмно-апаратне забезпечення для управління, отриманих даних, а також засоби комунікації. Передбачається що, в лабораторії будуть зберігатися результати всіх успішних експериментів. [6].

Розробляються власні віддалені лабораторії на основі п'ятикоординатної технологічної платформи (5D) для фізичного моделювання за допомогою технологій 3D друку, лазерного гравірування та фрезерної обробки деталей з м'яких матеріалів пластика і деревини, 5-ти координатний робот маніпулятор і платформа для моделювання колективної поведінки мобільних роботів [7], [8]. Технологія доступу і

основні ідеї керування платформами пропонується зробити аналогічними GOLDI з доопрацюванням програмного забезпечення, яке дозволить поліпшити інтерфейс користувача, збільшити число керованих координат, додати нові робочі інструменти і розширити навчальні можливості.

Студенти отримують можливість проводити навчальні експерименти з проектування, моделювання і виготовлення деталей складної форми, експериментувати з різними матеріалами, інструментами і технологіями. Платформа моделювання колективної поведінки забезпечує комплекс програмно-апаратних засобів і методику дослідження широкого кола навігаційних завдань групової поведінки мобільних роботів з адаптацією до умов, що змінюються і в умовах неповної інформації.

Методика викладання. Оскільки речі в інтернеті керуються і об'єднуються завдяки інтелектуальним вбудованим системам керування, вивчення цих систем має бути першим питанням методики. Методика сучасного проектування електронних, обчислювальних і керуючих систем базується на системотехнічному підході: системи складаються з досить крупних функціональних блоків.

У статті досліджуються питання методики викладання технологій створення і тестування програмно-апаратних засобів IoT. Методика повинна бути ефективною при реалізації в класичному університеті і охоплювати усі сучасні напрямки IoT. Для створення навчальної методики вивчено та адаптовано основні існуючі технології, проведено порівняльний аналіз і представлення їх у зручному для навчання вигляді. У рамках дисциплін циклу «Інтернет речей» вивчалися як традиційні, так і новітні віртуальні та дистанційні технології.

Різноманітність завдань автоматизації і способів їх вирішення породжує величезну кількість варіантів реалізації ВС. Вибір варіанта реалізації при врахуванні існуючих фізичних, технічних і фінансових умов та обмежень – складна науково-технічна задача для розробника. Тому розробнику дуже важливо мати чітке уявлення про предмет проектування, можливі і доступні сучасні методи і засоби його створення, вміти підібрати або створити близькі прототипи, поєднувати знання як апаратної, так і програмної частини майбутнього продукту.

Звідси випливає, що одним із завдань вивчення дисциплін циклу IoT є ознайомлення студентів з якомога більшим переліком основних проектних засобів та так званих напівфабрикатів (обчислювальні модулі, готові бібліотеки, периферійне обладнання тощо) на кожному етапі створення засобів IoT. Студент повинен набути досвіду їх використання, а також виконання порівняльного аналізу і висновків щодо застосування кожного із підходів в конкретній задачі. Крім того, оскільки реальні спеціалізовані вбудовані системи можуть містити як готові, так і оригінальні рішення в різних співвідношеннях, студенти повинні засвоїти основні шаблонні способи вирішення базових задач та можливі шляхи їх модифікації.

На фоні зростаючої складності систем та методів і засобів їх реалізації існуючі дидактичні і методичні способи і засоби виконання описаного завдання вимагають перегляду та оновлення. Тому метою представленої роботи було розробити навчальну методику створення вбудованих комп'ютерних засобів IoT для її реалізації студентами в процесі вивчення відповідних курсів і створення власних проектів.

Методика спрямована на навчання критично мислити про технології, глибоко досліджувати механізми і абстракції, які надаються і зрозуміти наслідки обраних рішень на розробку всієї системи. При підготовці фахівців - розробників програмно-апаратних засобів додаткові складності виникають через поділ функцій між програмної та апаратної частиною проекрованої системи. Необхідно радикально підвищити ступінь спільності в подачі навчального, методичного та технічного матеріалу, прагнути до виключення протиставлення апаратного і програмного "світогляду" в процесах проектування ВС на верхніх рівнях.

Кожен розробник реальної вбудованої системи використовує обмежене коло своїх улюблених або найбільш ефективних в його області методів проектування, моделювання і налагодження апаратних і програмних засобів. Методика залежить також від типу апаратних засобів, області використання, технічних та інших вимог.

Для навчання ці виробничі методики непридатні, оскільки вони дуже спеціалізовані, розраховані на конкретний виробничий процес, виробниче обладнання, використання певних традиційних мікроконтролерів та електронних компонентів. Навчальна методика повинна ознайомити студентів з кількома основними засобами на кожному етапі створення системи, завдяки чому студент з одного боку набуде знань і досвіду їх використання, а з другого – вміння самостійно робити порівняльний аналіз різних підходів і вибору найкращого в майбутній практичній роботі.

В КУБГ для підготовки студентів спеціальності «Інформатика*» було розроблено навчальну методику створення засобів IoT для навчання проектним методом. Вона характеризується тим, що в ній розглядаються більшість найбільш відомих технологій та умови їх застосування [9]. Етапи методики створення навчального проекту та їх зміст наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні етапи методики створення навчального проекту

Етап	Зміст етапу	Завдання для студента	Результат навчання студента
Складання технічного завдання	- докладний опис засобами звичайної мови функцій і задач пристрою, що розробляється, - вирішення комунікаційних питань, - складання на цій основі технічного завдання (ТЗ) на мові термінів відповідної предметної області і згідно стандартів	- вивчення мистецтва активного спілкування з замовником, який не завжди розуміє, що йому потрібно і як це зробити, - ознайомлення із поняттям ТЗ та стандартами; - сформулювати мету і завдання пристрою - вивчення вітчизняного і зарубіжного досвіду по тематиці проекту	- вміння вести переговори із замовником, - уявлення про зміст і правила складання технічного завдання - готовність до вивчення науково-технічної інформації.
Створення структурної схеми	- перевід функцій і завдань, описаних в ТЗ, у блоки структурної схеми приладу, - створення укрупненого алгоритму роботи пристрою і мікроконтролера.	- Реалізувати завдання пристрою окремими програмно-апаратними стандартними чи типовими блоками або блоками власної розробки.	- уміння виконати крупноблокове проектування деталей і вузлів відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних засобів автоматизації

			проектування, так і самостійно створюваних оригінальних програм;
Створення принципової схеми пристрою	<ul style="list-style-type: none"> - детальна проробка усіх функціональних блоків, - уточненням деталей алгоритму - попередній вибір елементної бази і мікроконтролера 	<ul style="list-style-type: none"> - вивчити будову і функції мікроконтролерів і зовнішньої електронної схеми: логічні схеми, перетворювачі, пристрої відображення, давачі, виконуючи пристрої та ін. 	<ul style="list-style-type: none"> - уявлення про роботу усіх елементів системи і керування ними, - уявлення про принципи роботи електронної схеми - уміння виконати детальне проектування деталей і вузлів відповідно до ТЗ
Вибір інтегрованого середовища розробки і створення програми	<ul style="list-style-type: none"> - вибір мови програмування, методів налагодження програми і апаратної платформи для фізичного моделювання - написання, компіляція та налагодження програми. 	<ul style="list-style-type: none"> - ознайомлення із основними пакетами (від найпростішого – Arduino IDE, Atmel Studio, Code Vision, Quartus II, Proteus Design, Altium Designer), їх можливостям та обмеженнями, - вибір відповідного до поставленої задачі - створення програми для конкретної задачі, - робота над помилками 	<ul style="list-style-type: none"> - знання про основні продукти для проектування ВС та їх функції, - вміння порівнювати, аналізувати та обирати потрібний засіб - навички програмування із використанням текстового редактора середовища, - вміння знаходити та усувати як синтаксичні, так і логічні помилки програми.
Симуляція та моделювання проекту	<ul style="list-style-type: none"> - програмна симуляція проекту із переглядом і редагуванням змінних, трасуванням програми, покроковим виконанням програми, - симуляція із імітацією сигналів зовнішньої електронної схеми 	<ul style="list-style-type: none"> - ознайомлення із принципами програмної симуляції в різних пакетах, - проведення симуляції в обраному середовищі для власного проекту, - моделювання роботи мікроконтролера і зовнішньої 	<ul style="list-style-type: none"> - вміння та навички тестування створеної програми різними засобами

		електронної схеми (в Proteus, Quartus II, віртуальний on-line симулятор Autodesk 123D)	
Створення фізичного макету та налагодження пристрою	- побудова фізичного макету пристрою згідно ТЗ та побудованих на попередніх етапах схем, - завантаження (прошивка) програми у пам'ять мікроконтролера, - апаратно-програмне налагодження роботи пристрою	- створити макет - завантажити програму за допомогою програматора - виконати внутрісхемне (in system) налагодження (debug) - знайомство з засобами розробки друкованих плат (Proteus, Fritzing), тестування апаратної частини пристрою за допомогою логічного аналізатора	- навички та досвід створення електронних схем, а також роботи з інтерфейсами, пам'яттю - уявлення про повний виробничий цикл виготовлення електронної апаратури - навички аналізувати функціонування електронної схеми і діагностувати її стан.
Захист проєкту	- захист виконаної роботи перед викладачем і своїми товаришами.	- Аналіз виконаної роботи - Аналіз помилок і досягнень - Створення презентації	- Навички аналізувати свою діяльність, вчитися на помилках - Навички робити доповідь і презентувати свою роботу

Основні частини методики випробувані на практиці при проведенні занять зі студентами в рамках дисциплін «Фізичні процеси в обчислювальних системах» та «Технології проектування вбудованих комп'ютерних систем», які були впроваджені в 2015-2018 н.р в Київському університеті імені Бориса Грінченка. В результаті були отримані певні успіхи а також виявлені проблеми викладання. Виявлено, що у студентів найбільші проблеми виникають при моделюванні програмно-апаратних засобів на симуляторах з урахуванням зовнішніх електронних схем і пристроїв, а також при налагодженні фізичних моделей і реальних фізичних пристроїв. Це, безумовно, найбільш складні розділи методики і найбільш ресурсозатратні, тому їм слід приділити більшу увагу. Труднощі виникають при роботі з симулятором у складі інтегрованих платформ при моделюванні зовнішніх впливів на мікроконтролер. Досить складними і коштовними є прилади внутрішньо-схемного налагодження програмної та апаратної частини пристроїв. Особливо складно виконувати лабораторні роботи у дистанційному режимі.

Слід відмітити, що налагодження фізичного макету – найбільш складний етап для розуміння і потребує коштовного обладнання і в повному обсязі його не завжди

можливо виконати. Тому під час навчання інколи є сенс виконувати тільки віртуальні етапи проектування, наприклад, із використанням гібридної лабораторію віддаленого і віртуального проектування GOLDi, у якій студент може дистанційно виконати усі етапи проектування і спостерігати роботу вбудованої системи керування на моделі та, віддалено, на реальному фізичному об'єкті.

В результаті використання методики студентами розроблено багато проектів. Одним з прикладів є діюча модель «розумного будинку» яка складається з апаратного та програмного забезпечення для моніторингу і керування системи та віддаленого управління через мобільний пристрій. Модель включає: локальну контрольну панель керування всіма системами; віддалене управління з мобільного телефону/планшета через Інтернет; інтелектуальні алгоритми прийняття рішень системою щодо керування ресурсами будинку за заданими налаштуваннями та результатами моніторингу; системи пожежної безпеки, моніторингу аварійних ситуацій і охорони з розсилкою відповідних сповіщень про інциденти через Інтернет-сервіси. Апаратна складова системи, а також моніторинг і керування нею реалізовано на базі платформи Arduino та хмарного сервісу Blynk [10], [11].

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вивчення вбудованих засобів інтернету речей передбачає знання з різних областей: електроніка, логіка, програмування, архітектура обчислювальних систем, комп'ютерні мережі. Тому технологію створення IoT слід вивчати на старших курсах університету.

2. Складність предмету вивчення обумовлює застосування проектного підходу, який виконується протягом кількох років і охоплює різні дисципліни. Методичне забезпечення таких проектів теж досить складне, тому починати треба з першого курсу на прикладі простих проектів.

3. Одна з загальних проблем це доступність для студентів навчального обладнання тому дуже вчасно з'явилися ідеї використовувати лабораторії віртуального і віддаленого проектування. В КУБГ створюються апаратні і програмні засоби для реалізації цих технологій.

4. Методика охоплює усі етапи проектування, які використовуються у виробництві. Де-які технології популярні, інші не дуже. Також вони постійно удосконалюються і виникають нові. Тому участь у цих проектах стимулює студента до самостійної роботи, пошуку нової інформації. Індивідуальне завдання кожному студенту у проекті дозволяє реалізувати індивідуальний підхід і стимулювати максимально ефективну роботу кожного.

5. Як свідчить практика, етап налагодження фізичного макету дуже складний для розуміння і потребує коштовного обладнання. Тому під час навчання інколи є сенс виконувати тільки віртуальні етапи проектування. По методиці виконання віртуальне налагодження не відрізняється від реального. У той же час вдосконалюються засоби фізичного моделювання, доступ до яких здійснюється через технологію дистанційної лабораторії.

6. Методика була використана в КУБГ при виконанні проекту “DesIRE – Development of Embedded System Courses with implementation of Innovative Virtual approaches for integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM” by the European Commission within the program “Tempus”, Grant No 544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR. Робота з методикою продовжується і у наступній статі буде пропонована мережева модель вивчення циклу дисциплін з IoT.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей
- [2]. Внедрение IoT: популярные бизнес-модели.
<https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=196532>
- [3]. Киберфизическая система. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
- [4]. Эталонная архитектура для воздействия функции устройств IoT - Исследовательская группа 20 ITU-T Y.4115-2017 Reference architecture for IoT device sarability exposure - Study Group 20 Международный (зарубежный) стандарт от 01 апреля 2017 г.
- [5]. И. Р. Белоусов, Алгоритмы управления роботом-манипулятором через Интернет, Матем. моделирование, 2002, том 14, номер 8, 10–15.
- [6]. Навчання по-європейськи: проект TEMPUS в Київському університеті імені Бориса Грінченка Литвин О.С., Співак С.М., кафедра інформатики Інституту суспільства КУБГ. Режим доступу. <http://kubg.edu.ua/images/Podii/Tempus-%D0%86%D0%A2-2015-28052015.pdf>
- [7]. Абрамов В.О. Віртуальна лабораторія в системі дистанційної освіти. // «Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів і комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці» Збірник матеріалів II Всеукраїнської конференції, 28 березня 2018 р., Київ / Київ. Ун-т ім. Б.Грінченка, 2018. – 235 с.
- [8]. Абрамов В.О. Створення віддаленої навчальної лабораторії для навчання і експериментів з робототехніки. IV Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології в освіті, науці і техніці" ІТОНТ-201817-18 травня 2018
- [9]. Vadym Abramov, Oksana Lytvyn. Implementation of "Embedded Systems" Discsplines in Computer Science Students Training. Proceedings of the International Symposium on Embedded Systems and Trends in Teachibg Engineering. Nitra 2016.
- [10]. The Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau (GOLDi) Website: <http://www.goldi-labs.net>
- [11]. .Blynk Website: <http://www.blynk.cc/>