

**ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ МОДЕЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ**

**О. В. Найденко, А. П. Полусмяк, О. Г. Попов, А. А. Строїн, М. М. Буюклі,**  
*Державний університет «Одеська Політехніка»*

- **Анотація.** Розглядається доцільність використання в навчальному процесі віртуальних і фізичних моделей на базі плати Arduino, можливості роботи в середовищах Arduino IDE та VirtualBreadboard. Приводяться приклади комп'ютерного моделювання. Описується використання роботизованого макету в лабораторному практикумі. Пропонується розділ завдань курсу на окремі рівні складності у відповідності до підготовки здобувачів - освоєння готових прикладів роботи з демонстрацією отриманих здобувачами результатів, самостійна розробка здобувачами алгоритмів та програм для запропонованого макету, розробка фізичних моделей.

**Ключові слова:** моделювання, роботи, Arduino, навчання, датчики, програмування.

**Вступ**

У сучасному світі роль комп'ютерного моделювання в навчальному процесі важко переоцінити [1]. Його використання збільшує у здобувачів вищої освіти бажання вчитися, поліпшує сприйняття матеріалу, що викладається, активізує інтерес до дисциплін, є доцільним при практичному відпрацюванні знань. Впровадження моделювання в навчальний процес сприяє творчості студентів, вдосконалюючи їх пізнавальні і навігаційні навички [2], підвищує якість освіти в умовах скорочення обсягу аудиторних занять, допомагає розвивати навички, які використовуються для вирішення різного роду завдань шляхом упорядкованої послідовності дій. [3, 4].

Серед цілей навчального моделювання можна виділити наступні:

- пізнавальна: формування компетенцій при роботі з електронними компонентами, пристроями та приборами; розвиток навичок алгоритмізації задач в сфері прикладного програмування; рефлексія особливостей власного мислення [5];
- виховна: позитивне відношення до моделювання, як до інструменту формування інтелектуальної культури, інструменту покращення якості життя; здобуття навичок продуктивної колективної праці [6, 7];
- розвиваюча: розвиток академічних, наукових, інженерних здатностей; формування готовності до теоретичного і емпіричного пізнання нового, забезпечення потреби в подальшому самовдосконаленні; змога перенести теоретичні знання та навички в реальне життя [2].

© Найденко О. В., Попов О. Г., Буюклі М. М., Строїн А. А., Полусмяк А. П., 2021

Платформа Arduino IDE, на базі якої можна досить швидко і легко розробляти, створювати і програмувати електронні пристрої, є дуже популярною у світі, що не дивно, з огляду на відкритість архітектури, програмні можливості, зручність, простоту і доступність. Програмування мікроконтролера плати Arduino здійснюється на нескладних в освоєнні мовах C або C++ за допомогою USB-коннектора, тобто не потребує необхідності використання програматорів. Все це робить Arduino найзручнішим на сьогоднішній день способом роботи з програмованими системами та дозволяє перейти від суто теоретичного комп'ютерного програмування до фізичного моделювання, створення макетів [9].

Програма VirtualBreadboard (VBB) є емулятором макетної плати і використовується для моделювання аналогових і цифрових схем. Окрема редакція стандартної версії VBB дозволяє працювати з інтегрованим середовищем розробки на базі Arduino і проводити експерименти віртуально [8].

**1. Мета роботи**

Обґрунтування доцільності і зручності використання електронних компонентів середовища програмування Arduino IDE і програмного забезпечення VBB в лабораторному практикумі здобувачів електромеханічних і електротехнічних спеціальностей.

**2. Задачі роботи**

Розробка комп'ютерних моделей і макетів на базі Arduino, демонстрація можливостей використання.

### 3. Використання програмного середовища VBB та програми Arduino IDE в лабораторному практикумі

VirtualBreadboard дозволяє писати код прямо в емуляторі і спостерігати, як він працює, що може бути доцільно при навчанні здобувачів з мінімальними навичками програмування та схемотехніки.

На рис. 1 приведений режим емуляції управління опаленням за допомогою датчика температури в середовищі VBB, де дані щодо температури виводяться на LCD-екран (LCD Displays / HD44780), а світлодіод імітує включення і відключення опалення.

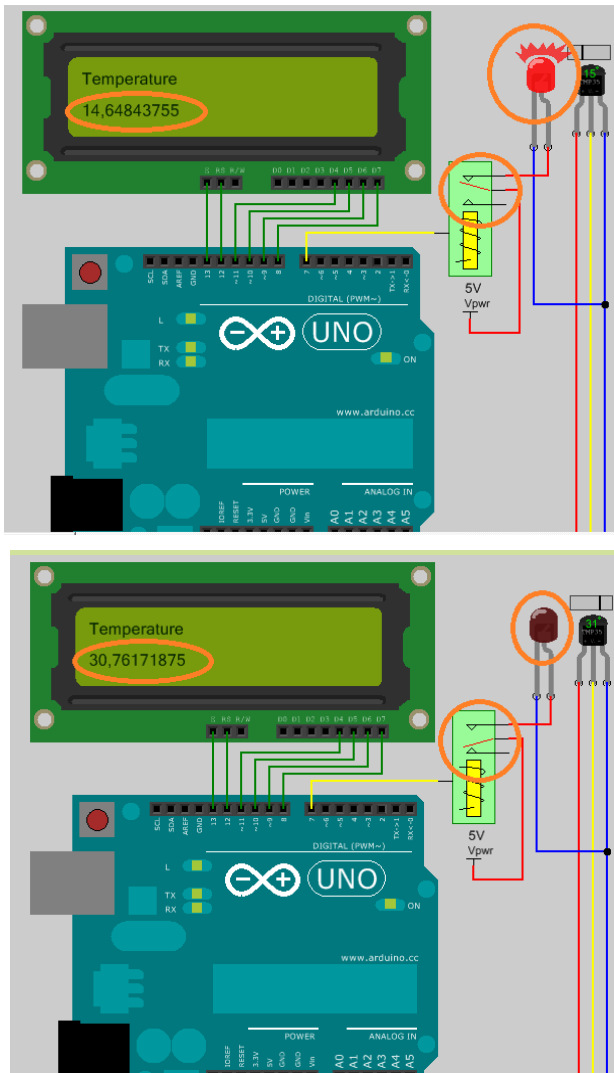


Рис. 1. Режим емуляції керування опаленням в VBB

Крім візуального відображення проекту, інтерфейс VBB включає області для написання і налагодження коду, який може бути введено за допомогою функції *Add an Arduino Code framework* (рис.2), що є дуже зручним для здобувачів з недостатнім досвідом програмування.

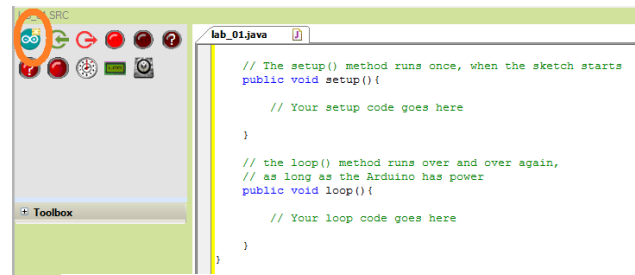


Рис.2. Шаблон для написання коду в VBB

Приклад програмного коду керування опаленням, який приведений на рис. 3, може бути введено за допомогою запропонованого шаблону.

```

LiquidCrystal lcd = new LiquidCrystal(this, 12, 13, 11, 10, 9, 8);
int sensorPin = A0;
int sensorValue = 0;
int relayToHeater = 7;
public void setup()
{
    lcd.begin(16, 2);
    pinMode(relayToHeater, OUTPUT);
}
public void loop()
{
    sensorValue = analogRead(sensorPin);
    double millivolts = (sensorValue / 1024.0) * 5000;
    double celsius = millivolts / 10;
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Temperature");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(celsius);
    if (celsius < 20)
        turnHeater(true);
    else
        turnHeater(false);
}
void turnHeater(boolean onoff)
{
    digitalWrite(relayToHeater, onoff);
}

```

Рис. 3. Програмний код керування опаленням

VBB володіє величезною бібліотекою різноманітних датчиків, що дає можливість створювати з ними безліч віртуальних моделей та проводити експерименти, які наближені до реальних умов.

Крім того, VBB дозволяє візуалізувати обертання за допомогою елементів Robot Wheel і Quadrature Encoder, що робить доцільним включення в лабораторний практикум роботу з моделями двигунів DC Motor, Servo, Stepper.

На рис.4 наведений режим емуляції схеми, завданням якої є забезпечити роботу двигуна, що обертає колесо в напрямку, який залежить від виконання умови. При русі вперед, коли колесо обертається за годинниковою стрілкою, напруга на одному із контактів дорівнює 12 В, а на іншому 0 В (рис. 5). При натисканні кнопки напруга

з'являється на іншому контакті, через що змінюється полярність на двигуні. В результаті виконання роботи здобувачі отримують навички створення і налагодження схем з електродвигунами.

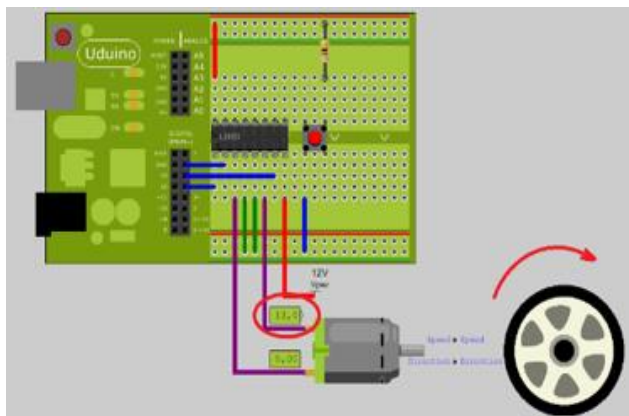


Рис.4. Подача прямої напруги на двигун

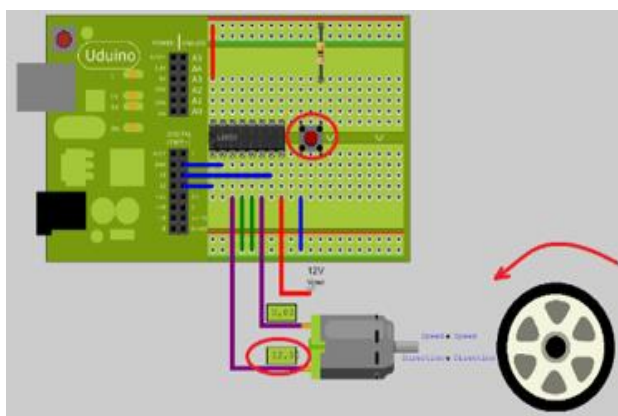


Рис. 5. Подача зворотної напруги на двигун

На рис. 6 наведено принципову схему підключення міксеру з двома швидкісними режимами роботи, яка може бути використана в лабораторному практикумі в якості завдання для створення комп'ютерної моделі в VBB, а також схеми - макету с програмуванням модуля плати за допомогою Arduino IDE (рис. 5), що дозволяють перевірити правильність написаного здобувачем програмного коду.

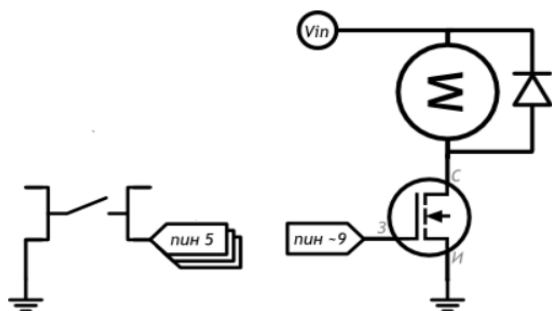


Рис. 6. Принципова схема підключення міксеру з 2-ма швидкісними режимами роботи

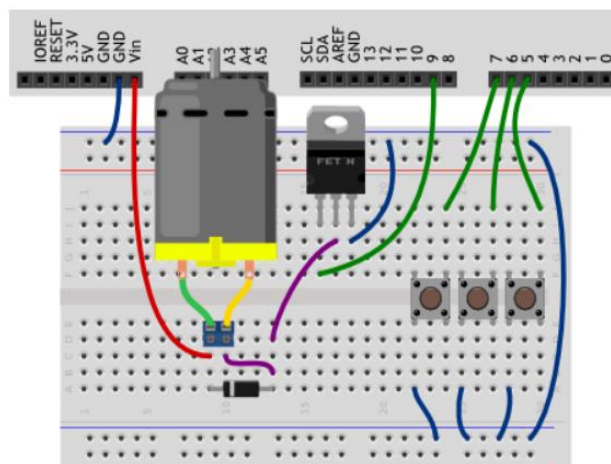


Рис. 7. Макет підключення міксеру з двома швидкісними режимами роботи

Приклад програми, яка може використовуватись при програмуванні модуля Arduino, приведений на рис. 7. Виконання роботи може бути корисне як для отримання навичок підключення двигунів, так і при вивченні програмування умов.

```

Int motorPin = 3;
Void setup()
{
    pinMode(motorPin, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    While (!Serial);
    Serial.println("Speed 0 to 255");
}
void loop()
{
    if (Serial.available())
    {
        int speed = Serial.parseInt();
        if (speed >= 0 && speed <= 255)
        {
            analogWrite(motorPin, speed);
        }
    }
}

```

Рис. 7. Програмний код керування двигуном

VBB має досить велику бібліотеку блоків ланцюгів і окремих елементів, які поділяються на категорії. Характерною особливістю програми є її здатність замінити друковану плату комп'ютерною моделлю, дозволяючи емулювати мікроконтролери (PIC16, PIC18) та тестувати програмний код. Серед можливостей автоматичне створювання документації, а також відправка UART-команди на так званих рівнях TTL, редакція логіки пристроїв введення / виводу, імітація роботи високовольтних ланцюгів. Візуалізація результатів виконання програми сприяє виробленню необхідних професійно-інформаційних компетенцій здобувачів.

Arduino IDE забезпечує роботу з модулем Arduino, який легко з'єднується з різними виконуваними пристроями, дозволяючи створювати роботів, пристрої автоматики, прилади. Викорис-

тання Arduino IDE дозволяє завантажувати програмний код безпосередньо в модуль при демонстрації розроблених кодів за допомогою макетів. Взаємодія системи Arduino - модель відбувається за допомогою датчиків, які можуть урізноманітнити навчальний процес та надати можливість здобувачам демонструвати результати розроблених ними програм.

#### 4. Роботизований макет на базі плати Arduino Uno R3

Для навчання здобувачів електромеханічної і електротехнічної освіти і використання в лабораторному практикумі було розроблено роботизований макет (рис. 8) на базі плати Arduino Uno R3, основою якої є мікроконтролери ATmega328 та ATmega16U2. Робот забезпечений bluetooth-модулем, що дає змогу здійснювати керування завдяки мобільним приладам, але можливий також рух без безпосереднього керування людиною. Відбувається це за допомогою ультразвукового датчика відстані і датчика лінії, який складається з інфрачервоного випромінювача (світлодіод) і фототранзистора, сприймаючого відбитий сигнал від об'єкта, розташованого на невеликій відстані.

На основній горизонтально розташованій платформі з тонкої фанери, знаходиться основна частина електроніки. Макет пересувається за допомогою коліс: двох основних спереду та одного, яке обертається на 360°, позаду.

Освоївши базові програми - мигання світлодіода, включення / вимикання світлодіода за допомогою комп'ютерних моделей в VBB, здобувачі можуть протестувати самостійно розроблені програми, керуючи світлодіодами і двигуном фізичної моделі. Двигун, який приводить в рух макет, та світлодіоди, які встановлені на моделі, дозволяють наочно продемонструвати управління портами модуля Arduino.

Циклічне включення двигуна і світлодіодів моделі може бути використано при вивченні програмування тимчасових затримок, логічних операцій, широтно-імпульсної модуляції, створення різноманітних циклів роботи. Наявність датчика відстані дозволяє моделювати мигання світлодіодів, як реакцію на зовнішні події. Таким чином, макет дозволяє проводити безліч різних експериментів на основі модифікації базових програм, роблячи навчальний процес більш наочним і захоплюючим.

Демонстрація руху макета по заданій трасі і реакція на виникнення перешкод, а також керування за допомогою мобільних приладів може бути рекомендовано на вступних заняттях

в якості прикладу для виконання завдань курсу і мотивації здобувачів.

Різноманіття датчиків, сумісних з Arduino, дає можливість концептуального оновлення роботизованого макету і підключення електронних приладів, що виконують інші функції. Можливості обмежуються тільки фантазією, що робить використання макету доцільним і корисним в навчальному процесі.

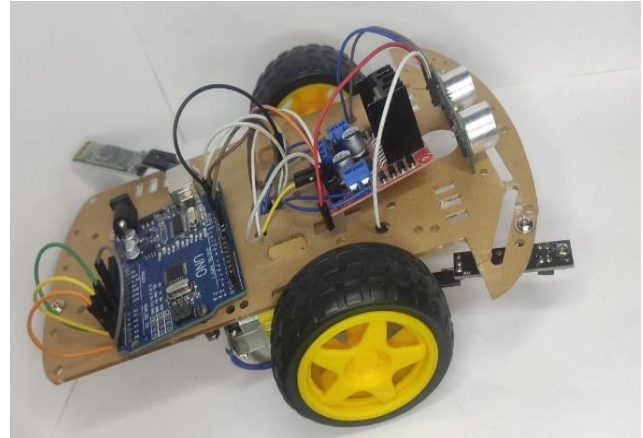


Рис. 8. Роботизований макет на базі плати Arduino

#### Висновки

Комп'ютерне моделювання має очевидні переваги з точки зору економічної політики та оптимізації процесу навчання, також при дистанційному і самостійному вивченні курсу. В той же час створення здобувачем фізичних моделей і використання їх при вирішенні різних ситуаційних завдань надає можливість здобувачам спробувати свої сили у практичному застосуванні отриманих знань.

Комп'ютерне та фізичне моделювання на базі плат Arduino може бути рекомендовано для використання в навчальному процесі завдяки широкому застосуванню електронних компонентів Arduino, наявності простого і зрозумілого інтерфейсу.

Пропонується розділ завдань курсу на окремі рівні складності у відповідності до підготовки здобувачів:

- освоєння готових прикладів роботи ARDUINO та найпростіших завдань в середовищі VBB з демонстрацією отриманих здобувачами результатів;
- самостійна розробка здобувачами алгоритмів та програм для макету, який описано у статті, можливе додавання або зміна датчиків на ньому;
- самостійна розробка здобувачами віртуальних або фізичних моделей, алгоритмів їх роботи та програм.

## Список використаної літератури

## References

1. Amy Eguchi. Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation [Electronic Resource]. *TERECOP PROJECT*. 2014. URL: [http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00\\_WFr1/00\\_WFr1\\_04.pdf](http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00_WFr1/00_WFr1_04.pdf) (accessed 01.04.2021).
2. Четина В. В. Образовательная робототехника: опыт, проблемы, перспективы [Электронный ресурс]. *Наука и перспективы*. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatel'naya-robototekhnika-opyt-problemy-perspektivy/viewer> (дата звернення 05.04.2021).
3. Breuch B. Fishlake M. Bringing Educational Robotics into the Classroom [Electronic Resource]. *Robotics in Education: Results of the 9th International Conference on Robotics in Education*, Malta, Qawra, St. Paul's Bay, Apr 18, 2018 - Apr 20, 2018, Malta, 2018, С. 101–112. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783319970844> (accessed: 05.04.2021).
4. Найденко Е. В. Применение программной среды NI MULTISIM при изучении дисциплины «Микропроцессорная техника» [Текст]. *Электротехнические и компьютерные системы*. Киев: Техника, 2017. Вып.25(101). С.465–469
5. Найденко Е. В., Маевская Е. Ю. Использование программной среды NI MULTISIM при подготовке студентов направлений «электромеханика» и «электротехника» [Текст]. *Электротехнические и компьютерные системы*. Киев: Техника, 2017. Вып.24(100). С.164–168.
6. Тарасов В. Н., Бурькова Е. В. Роль компьютерного моделирования в формировании компетентности специалиста [Электронный ресурс]. *Естественные и технические науки*. ВЕСТНИК ОГУ №1. 2006. Том 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-kompyuternogo-modelirovaniya-v-formirovanii-kompetentnosti-spetsialista> (дата звернення 05.04.2021).
7. Sánchez, H., Martínez, L. S., González, J. D. Educational Robotics as a Teaching tool in higher education institutions: A bibliographical analysis [Electronic Resource]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. Vol. 1391, С. 012128 DOI:10.1088/1742-6596/1391/1/012128
8. soft.mydiv.net [Electronic Resource] URL: <https://soft.mydiv.net/win/download-VirtualBreadboard.html> (дата звернення 05.04.2021).
9. Arduino AG [Electronic Resource] URL: <http://arduino.ru/> (дата звернення 05.04.2021).
1. Amy, Eguchi (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. *TERECOP PROJECT*. Available at: [http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00\\_WFr1/00\\_WFr1\\_04.pdf](http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00_WFr1/00_WFr1_04.pdf) [Accessed 01 April 2021]
2. Chetina. V. V. (2019), Educational robotics: experience, problems, prospects [Uchebnaya robototika: opyt, problemy, perspektivy], *Nauka i perspektivy*, [online] no. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatel'naya-robototekhnika-opyt-problemy-perspektivy/viewer> [Accessed 07 April 2021]
3. Breuch, B., Fishlake. M. (2018). Bringing Educational Robotics into the Classroom. In: Malta, Qawra, St. Paul's Bay, *Robotics in Education*, Results of the 9th International Conference on Robotics in Education, Malta, April 18-20 2018. Malta, 2018. pp. 101-112. Available at: <https://www.springer.com/gp/book/9783319970844> [Accessed 05 April 2021].
4. Naydenko, E. V. (2017), Application of the NI MULTISIM software environment in the study of the discipline "Microprocessor Engineering" [Priminennya prohrannoyi seredovyshcha NI MULTISIM pry vyvchenni dystsypliny «Mikroprotsesorna tekhnika»]. *Electrical and computer systems*. Kiev: Technology, issue 25(101). pp. 465–469.
5. Naydenko, E. V., Maevskaya, E. YU. (2017), Use of the NI MULTISIM software environment in the preparation of students in the fields of "electromechanics" and "electrical engineering" [Vykorystannya prohrannoyi seredovyshcha NI MULTISIM pry pidhotovtsi studentiv napryamkiv «elektromekhanika» ta «elektrotekhnika»]. *Electrical and computer systems*. Kiev: Technology, issue 24(100). pp. 164–168.
6. Tarasov, V. N., Bur'kova, E. V. (2006), The role of computer modeling in the formation of specialist competence [Rol' kompyuternoho modelyuvannya u formuvanni kompetentnosti fakhivtsya]. *Estestvennye y tekhnicheskyye nauky*. VESTNYK OHU [online] no. 1. Vol. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-kompyuternogo-modelirovaniya-v-formirovanii-kompetentnosti-spetsialista> [Accessed 05 April 2021].
7. Sánchez, H., Martínez, L. S., González, J. D. (2019). Educational Robotics as a Teaching tool in higher education institutions: A bibliographical analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1391, doi:10.1088/1742-6596/1391/1/012128

8. *soft.mydiv.net*. Available at: <https://soft.mydiv.net/win/download-VirtualBreadboard.html> [Accessed 01 April 2021]

9. *Arduino AG*. Available at: <https://www.arduino.ru> [Accessed 04 April 2021]

## THE USE OF ROBOTIC MODELS IN THE LABORATORY PRACTICE

**E. V. Naydenko, A. P. Polusmyak, O. G. Popov, A. A. Stroin, M. M. Buyukli**  
*Odessa Polytechnic State University*

**Abstract.** *This article discusses the benefits of using virtual and physical models / layouts. It is believed that the active use of models / layouts in the initial process of students and, consequently, a large amount of practice is something to strive for, because it corresponds to the development of modern technologies, which affect the education system. Models / models can be used during laboratory or practical classes to more effectively practice the knowledge and skills acquired in the learning process. The article also presents constructive arguments about the usefulness, expediency and effectiveness of the introduction of such methods in the educational process of students in terms of creative development, development of logic and others. Computer tools such as the Arduino IDE program, which is used to generate code in C \ C ++, and VirtualBreadboard, a user-friendly environment for emulating electronic components and systems, compatible with the Arduino IDE and a number of other programs. 4 variants of models of different complexity were developed for use in the classroom as a basis for laboratory work, created using the Arduino IDE and VirtualBreadboard programs. Developed and created a robotic layout based on the Arduino board. The layout has a distance sensor, line sensors and an LED display function system. It can also be programmed and modified to use the acquired knowledge, skills and study the relationship between program code, microprocessor and executive components. It is believed that the experience of combining physical and computer modeling has a good effect on mastering the theory, as in practice you can see the result of certain actions, understand the patterns and draw analogy.*

**Keywords:** *simulation, robots, Arduino, learning, sensors, programming.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

**Е. В. Найденко, А. П. Полусмяк, О. Г. Попов, А. А. Струин, М. М. Буюкли**  
*Государственный университет «Одесская Политехника»*

**Аннотация.** *Рассматривается целесообразность использования в учебном процессе виртуальных и физических моделей на базе платы Arduino, возможности работы в средах Arduino IDE и VirtualBreadboard. Приводятся примеры компьютерного моделирования. Описывается использование роботизированного макета в лабораторном практикуме. Предлагается раздел задач курса на отдельные уровни сложности в соответствии с подготовки соискателей - освоение готовых примеров работы с демонстрацией полученных соискателями результатов, самостоятельная разработка соискателями алгоритмов и программ для предложенного макета, разработка физических моделей.*

**Ключевые слова:** *моделирование, роботы, Arduino, Обучение, датчики, программирование.*

Отримано 12.04.2021



**Найденко Олена Валеріївна**, Державний університет «Одеська політехніка», кандидат технічних наук, доцент кафедри електромеханічної інженерії. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна. E-mail: [alena2808@ukr.net](mailto:alena2808@ukr.net), тел. +38-048-705-84-67

**Naidenko Olena**, Odessa Polytechnic State University, PhD, Associate Professor, Department of electromechanical engineering. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: [alena2808@ukr.net](mailto:alena2808@ukr.net), tel. +38-048-705-84-67

**RCID ID: 0000-0001-5684-5617**



**Полусмяк Артем Павлович**, Державний університет «Одеська політехніка», студент україно-німецького інституту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна. E-mail: apolusmak268@gmail.com тел. +38-093-49-65-583

**Polusmyak Artem**, Odessa Polytechnic State University, student of the Ukrainian-German Institute. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: apolusmak268@gmail.com tel. +38-093-49-65-583

**ORCID ID: 0000-0002-0120-3331**



**Попов Олександр Георгійович**, Державний університет «Одеська політехніка», студент інституту електромеханіки і енергоменеджменту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна. E-mail: sasha2002popov2002@gmail.com тел. +38-095-551-36-41

**Popov Alexander**, Odessa Polytechnic State University, student of the institute of electromechanics and energy management. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: sasha2002popov2002@gmail.com tel. +38-095-551-36-41

**ORCID ID: 0000-0002-4453-179X**



**Строїн Артур Андрійович**, Державний університет «Одеська політехніка», студент інституту електромеханіки і енергоменеджменту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна. E-mail: stroin.artur@gmail.com тел. +38-073-05-37-390

**Stroin Artur**, Odessa Polytechnic State University, student of the institute of electromechanics and energy management. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: stroin.artur@gmail.com tel. +38-073-05-37-390

**ORCID ID: 0000-0002-8546-8387**



**Буюклі Михайло Михайлович**, Державний університет «Одеська політехніка», студент інституту електромеханіки і енергоменеджменту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна. E-mail: michaelbuyukli@gmail.com тел. +38-098-36-33-517

**Buiukli Mikhail**, Odessa Polytechnic State University, student of the institute of electromechanics and energy management. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: michaelbuyukli@gmail.com tel. +38-098-36-33-517

**ORCID ID: 0000-0001-5333-8644**