

**Володимир Кудряшов<sup>1</sup>, Анатолій Любимов<sup>2</sup>, Олег Лещенко<sup>3</sup>,  
Світлана Добровольська<sup>4</sup>, Ольга Кисельова<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>старший викладач кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики  
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна)  
**E-mail:** [067k9670511@gmail.com](mailto:067k9670511@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7457-0255>

<sup>2</sup>старший викладач кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики  
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна)  
**E-mail:** [anatoliylubimov@ukr.net](mailto:anatoliylubimov@ukr.net)

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики  
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна)  
**E-mail:** [olegleshchenko@gmail.com](mailto:olegleshchenko@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8529-8296>

<sup>4</sup>старший викладач кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики  
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна)  
**E-mail:** [dobrsv1@gmail.com](mailto:dobrsv1@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6897-9022>

<sup>5</sup>кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики  
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна)  
**E-mail:** [kiselovao@ukr.net](mailto:kiselovao@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9031-8781>

## МОДЕЛЬ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИБЛАДІВ ТА СИСТЕМ

*У статті розкриваються характеристики, призначення та принцип дії розробленої моделі універсальної лабораторної установки дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем, з забезпеченням можливості роботи установки з комп'ютерним та програмним забезпеченням. Установка може використовуватися замість декількох вимірювальних приладів, що дозволяє більш якісно виконувати дослідження. Її елементи дозволяють інтегрувати їх зв'язок за допомогою інтерфейсу та оптимізувати процес дослідження шляхом використання необхідного програмного забезпечення; фізичні вимірювання параметрів і характеристик моделей електронних пристроїв та систем проводяться за допомогою програмного забезпечення, наприклад, на базі програми схемотехнічного моделювання «MULTISIM».*

**Ключові слова:** електронні прилади; електронні пристрої; системи; модель універсальної лабораторної установки; програмне забезпечення; дослідження; випробування; діагностика.

*Рис.: 2. Бібл.: 9.*

**Актуальність теми дослідження.** На сучасному етапі розвитку науки, техніки та інформаційних технологій, все більше уваги приділяється цифровізації виробництва, проте досі існує багато технологічних процесів в різних галузях виробництва, які неможливі без застосування електронних приладів, які забезпечують використання електричної енергії та її перетворення. Електронні пристрої, прилади та системи є основою автоматизації технологічних процесів виробництва та ефективно використовуються у всіх його сферах [1]. Кількість і варіативність електронних інформаційних та автоматичних пристроїв значно збільшилась в останні десятиліття. Завдяки розвитку інтегральних технологій, створюються пристрої для автоматизації виробництва, окремих вузлів і процесів, вимірювальна техніка, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі тощо.

**Постановка проблеми.** Сучасний електронний блок, завдяки використанню типових електронних вузлів, можна зібрати без детального розрахунку його окремих складових. Потрібно лише правильно дібрати відповідні інтегральні мікросхеми, поєднати їх та забезпечити належний зворотний зв'язок [2]. Усе це вимагає розуміння принципів функціонування окремих елементів, побудови пристроїв та систем, що складаються з великої кількості елементів [3]. Слід враховувати також, що більшість сучасних пристроїв та систем містять цифрові компоненти наряду з аналоговими, це призводить до необхідності узгодження їх параметрів [4].

Дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем із застосуванням лабораторних установок з використанням комп'ютерного та програмного забезпечення дозволяють провести розрахунок роботи пристроїв у різних експлуатаційних

режимах, зібрати необхідні статистичні дані, провести досліди й розрахунки. Усе це підвищує якість засвоєння здобувачами вищої освіти навчального матеріалу, його практичне опрацювання, шляхом проведення дослідів і розрахунків під час лабораторних робіт.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Започатковуючи роботу з проектування та виготовлення універсальної лабораторної установки дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем ми проаналізували наявні експериментальні установки, які використовуються з аналогічною метою [5; 6]. Так, у лабораторних умовах широко використовуються такі установки, як переносна експериментальна установка «Універсальний стенд К4824» [7]; лабораторна установка для дослідження напівпровідників [8], яка дозволяє проведення лабораторних робіт з метою дослідження параметрів електронних приладів, зокрема напівпровідників, напівпровідникових діодів, а також лабораторна установка «Діалогова взаємодія з мікропроцесорною лабораторією КР580 ІК80» для дослідження мікропроцесорів [9] та інші подібні установки. Проаналізувавши принцип їхньої дії та характеристики, можна стверджувати, що вони мають суттєві недоліки, які ускладнюють роботу в сучасних умовах, зокрема вони не забезпечують зняття характеристик електронних пристроїв та систем і не мають можливості працювати з комп'ютерним та програмним забезпеченням.

**Виділення недосліджених частин досліджуваної проблеми.** Враховуючи все вищезазначене, виникла потреба в створенні установки, яка б забезпечувала інтегрування можливостей віртуальних та фізичних досліджень параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем в лабораторних умовах, з можливістю проведення досліджень та аналізу їх результатів як фізично, так і віртуально.

**Мета дослідження** – розкрити характеристики, призначення та принцип дії розробленої моделі універсальної лабораторної установки дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем із забезпеченням можливості роботи установки з комп'ютерним та програмним забезпеченням.

**Виклад основного матеріалу.** Спроектвана й виготовлена модель універсальної лабораторної установки, належить до електроніки, зокрема вимірювання параметрів і характеристик електронних приладів та випробування пристроїв та систем. Вона призначена для дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем, шляхом введення в неї сучасних приладів на мікроконтролерах, що розширює можливості даної установки для дослідження електронних пристроїв та систем, з використанням комп'ютерного та програмного забезпечення.

Унікальність установки полягає у тому, що вона поєднує використання стабілізаторів постійної напруги і струму, мультиметра, мегатестера, осцилографа та генератору сигналів. Саме завдяки такому об'єднанню та наявності відповідних інтерфейсів установка дозволяє досліджувати характеристики електронних пристроїв та систем з використанням комп'ютера та відповідного програмного забезпечення. Суттєвими ознаками універсальної установки є наявність конструктивних деталей зв'язку між її елементами та їх взаємне розташування в переносному корпусі (рис. 1). Конструкція має модульний характер компонування блоків та компонується за вимогами необхідних досліджень. Понад усе, усі окремі вимірювальні прилади (модулі) мають поширені характеристики щодо визначення параметрів.

Параметри та характеристики елементів установки дозволяють інтегрувати їх зв'язок за допомогою інтерфейсу, що використовується – USB, а процес дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем – за рахунок використання необхідного програмного забезпечення. Зовнішній вигляд елементів установки подано на рис. 1.

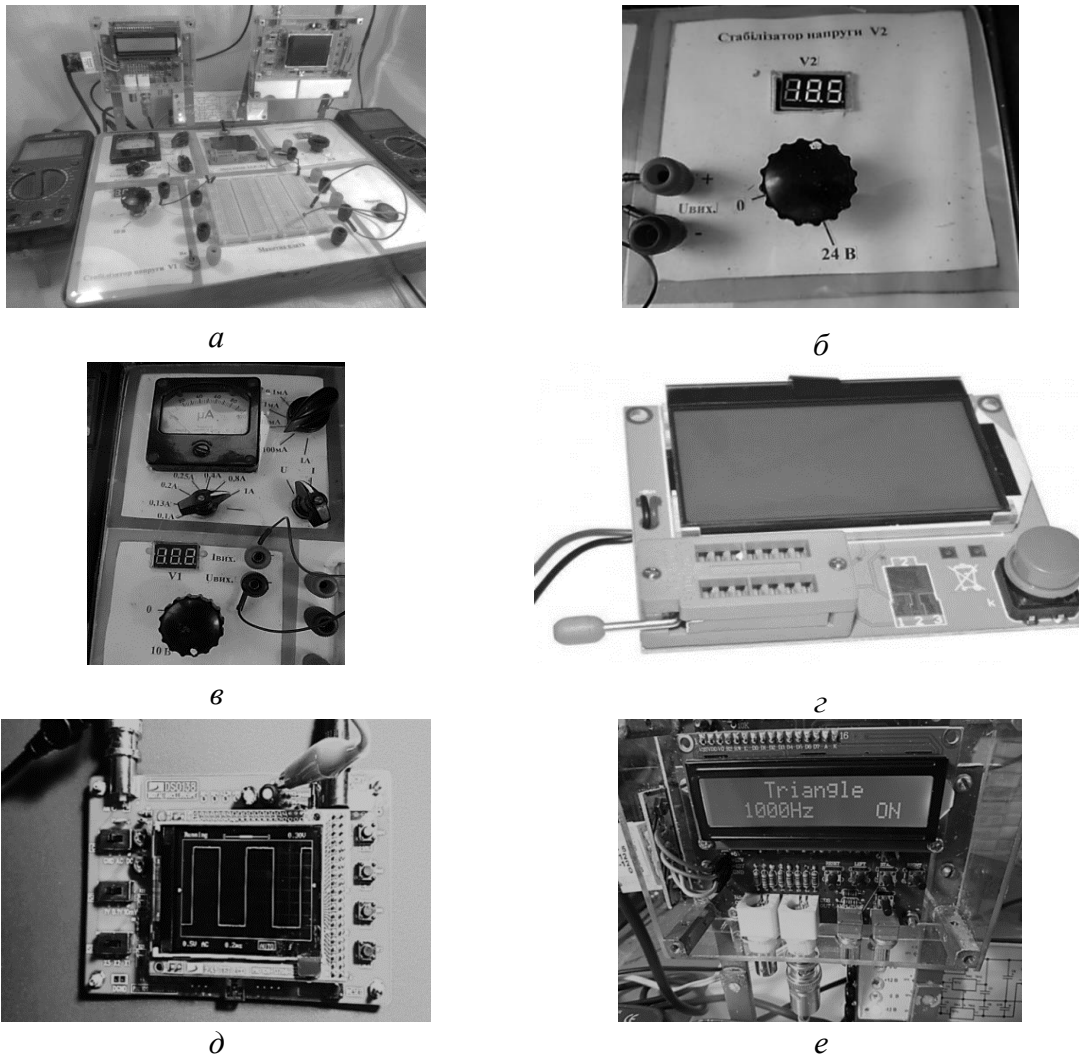


Рис. 1. Зовнішній вигляд лабораторної установки та її елементів  
 а – зовнішній вигляд установки; б – стабілізатор постійної напруги на 24 В;  
 в – стабілізатори напруги і струму; г – мега-тестер LCR – 4Т;  
 д – осцилограф DSO 138; е – генератор сигналів DDS

Джерело: розроблено авторами.

Представлена модель універсальної лабораторної установки для дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем має ряд переваг, порівняно з аналогічними пристроями, зокрема щодо покращень характеристик установки можна віднести її модульну структуру та мобільність при виконанні задач дослідження; підвищення точності вимірювань, що проводяться при дослідженні; розширення можливостей при дослідженні електронних пристроїв та систем. Установка надає можливість проведення досліджень та аналізу їхніх результатів як фізично, так і віртуально, завдяки використанню сучасних інтерфейсів та з'єднання з персональним комп'ютером. Установка дозволяє скорочення часу на проведення досліджень через необхідності з'єднання окремих приладів, вивчення та урахування їхніх метрологічних характеристик та можливості визначення деяких параметрів автоматично, без додаткового математичного розрахунку.

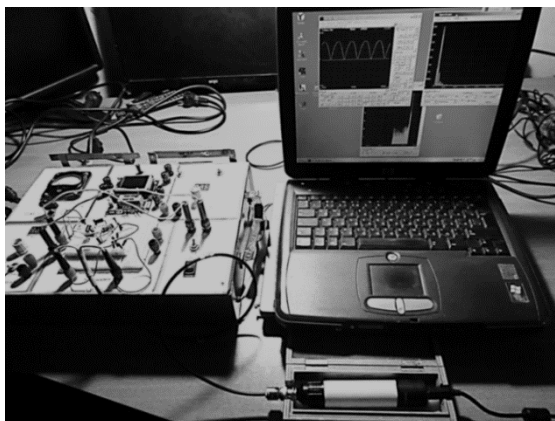
За допомогою універсальної лабораторної установки (рис. 1) без додаткового переоснащення можуть досліджуватися параметри та характеристики наступних електронних приладів: напівпровідникових діодів, транзисторів, резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності, фотодіодів, світлодіодів, симисторів, оптронів, мікросхем. Це

підкреслює її універсальність та мобільність. При тому раніше для визначення характеристик, наприклад транзисторів необхідно було за визначеними параметрами проводити додаткові розрахунки. Похибка знятих характеристик складалась з похибки методу вимірювання, похибки кожного приладу за допомогою якого проведений вимір, додавалися похибки кінцевих обчислень. Таки параметри як коефіцієнт підсилення, напруга відкриття, розташування виводів прилад в установці надає одразу в остаточному вигляді. Якщо раніше в дослідженнях використовувалися окремі прилади з точністю від 1 до 2,5, то в установці застосовуються винятково цифрові прилади з точністю вимірювань до 1 відсотка та з поширеним діапазоном.

Для цього використовується мега-тестер LCR – 4T (рис. 1, з), на вхід якого підключається електронний прилад (діод, транзистор, резистор...), значення параметрів висвітлюється на екрані мега-тестера. Визначення таких параметрів як внутрішній опір конденсатора, ємність діода, коефіцієнти підсилювання транзистора, напруга відкриття переходу раніше вимагали окремих вимірювань та обчислювань. Цей модуль може одразу визначити призначення виводів та одразу роботоспроможність приладу.

Дослідження характеристик електронних пристроїв та систем здійснюється за допомогою генератора сигналів DDS (рис. 1, е), з виходу якого сигнал подається на схему пристрою (системи), що досліджується (підсилювача, перетворювача, компаратора, фільтра, імпульсного пристрою), що збирається на макетній платі установки або вже зібраний заздалегідь. Прилад має дуже гарні характеристики за діапазоном частоти від 1 Гц до 8 МГц та амплітудою до 14 вольтів; широкий діапазон форм сигналів. Важлива риса, що водночас прилад визначає температуру та вологість – це саме ті параметри, від яких дуже залежать характеристики напівпровідників.

Для зняття характеристик електронних приладів використовується цифровий USB осцилограф OSCIL (рис. 2). Вихід пристрою підключається до USB осцилографа OSCIL з ноутбуком. На екрані ноутбука, при цьому, будується характеристика пристрою (спектр сигналу) та вимірюються його параметри. Модуль має можливість визначати сигнали від 1 Гц до 100 кГц.



*Рис. 2. Підключення цифрового USB осцилографа OSCIL з ноутбуком для дослідження характеристик електронних приладів, пристроїв та систем*  
Джерело: розроблено авторами.

Результати досліджень у вигляді графіків, таблиць та інших форм зберігаються в базі даних результатів досліджень. Графічна частина може відстежуватися в реальному часі при виконанні налаштувань. За необхідністю оформлюється протокол досліджень. Такий підхід дуже важливий при проведенні безперервних досліджень в умовах вимірювань в реальному часі. Налаштування електронних схем спрощується за допомогою можливості використання водночас і управління вхідними сигналами генератора з

візуальним стеженням за їх формою і параметрами та безпосередньо за формою і параметрами вихідного сигналу. Крім того, установка дозволяє проводити фізичні вимірювання параметрів та характеристик моделей електронних пристроїв та систем, що є результатом моделювання за допомогою програмного забезпечення, наприклад, на базі програми схемотехнічного моделювання «MULTISIM».

Отже, запропонована модель «Універсальна лабораторна установка дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем» може застосовуватися при підготовці спеціалістів з електроніки в закладах вищої освіти, а також при проведенні досліджень та випробувань в галузі електроніки.

**Висновки.** Розроблена компактна універсальна лабораторна установка дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем, замість використання декількох вимірювальних приладів, дозволяє більш якісно виконувати дослідження, випробування та діагностику електронних приладів, пристроїв та систем. Її можливості розширені завдяки введенню сучасних приладів на мікроконтролерах та забезпеченню можливості роботи установки з комп'ютерним та програмним забезпеченням. Суттєвою ознакою універсальної установки дослідження параметрів та характеристик електронних приладів, пристроїв та систем є наявність конструктивних елементів зв'язку між ними, можливість комплексного дослідження з накопиченням інформації в комп'ютері та її обробці. Параметри та характеристики елементів установки дозволяють інтегрувати їх зв'язок за допомогою інтерфейсу, що використовується (USB), а процес дослідження параметрів і характеристик електронних приладів, пристроїв та систем вдосконалюється за рахунок використання необхідного програмного забезпечення. Ергономічне рішення з їх взаємного розташування в переносному комплексі. Установка може ефективно застосовуватися при підготовці спеціалістів з електроніки в закладах вищої освіти, а також при проведенні досліджень та випробувань у галузі електроніки.

#### Список використаних джерел

1. Любимов, А. Я. Електроніка : навч. посіб. / А. Я. Любимов, В. О. Кудряшов, О. В. Грабовський. – Одеса : ТОВ «Плутон», 2015. – 413 с.
2. Медведенко, Б. І. Основи електроніки на базі програми схемотехнічного моделювання «MULTISIM» : навч. посіб. / Б. І. Медведенко, Л. В. Коломієць, В. П. Квасніков – Одеса : Бондаренко М. О., 2015. – 370 с.
3. Гонтаренко Г. М. Основи цифрової та мікропроцесорної техніки / Г. М. Гонтаренко. – Одеса : «ТЄС», 2016. – 281 с.
4. Дима Я. Ю. Проведення лабораторних робіт з фізики із застосуванням інтерактивних методик та комп'ютерної техніки / Я. Ю. Дима, О. П. Руденко, О. В. Саєнко // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. – Ч. 2. – Умань : ПП Жовтий О. О., 2019. – С. 99-106.
5. Model of transverse-transverse type piezoelectric transformer / V. Medvid, I. Belyakova, V. Pisicio, S. Lupenko // Scientific Journal of TNTU. – 2021. – Vol 102; No 2. – P. 96-109.
6. Тичук, Р. Б. Інструкція до експлуатації ЕК-1.0. Методичні рекомендації щодо використання «Електронного комплексу для дослідження електромагнітних коливань» в навчальному процесі / Р. Б. Тичук. – Вінниця : Модус, 2017. – 34 с.
7. Болюх, В. Ф. Електроніка та мікропроцесорна техніка : лаб. практикум з електротехніки / В. Ф. Болюх, В. С. Марков : в 3-х ч. – Ч. III. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 76 с.
8. Ємець О. П. Розробка лабораторної установки для дослідження напівпровідникового діоду. [Електронний ресурс] / О. П. Ємець, Ю. П. Олексюк // International scientific e-journal ЛОГОС. Online. – 2019. – № 4. – С. 34-42. – Режим доступу: <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.04.36.html>.
9. Осичев, О. В. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Діалогова взаємодія з мікропроцесорною лабораторією КР580 ІК80 / О. В. Осичев. – Харків : ХДПУ, 2019. – 47 с.

## References

1. Liubymov, A.Ya., Kudriashov, V.O., Hrabovskyi, O.V. (2015). *Elektronika [Electronics]*. TOV «Pluton».
2. Medvedenko, B.I. (2015). *Osnovy elektroniky na bazi prohramy skhemotekhnichnoho modelivannia «MULTISIM» [Fundamentals of electronics based on the circuit modeling program «MULTISIM»]*. Bondarenko M. O.
3. Hontarenko, H.M. (2016). *Osnovy tsyfrovoy ta mikroprotsesornoj tekhniki [Basics of digital and microprocessor technology]*. TIeS.
4. Dyma, Ya.Yu. (2019). Provedennia laboratornykh robot z fizyky iz zastosuvanniam interaktyvnykh metodyk ta kompiuternoj tekhniki [Conducting laboratory work in physics with the use of interactive methods and computer technology]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnogo pedagogichnoho universytetu imeni Pavla Tychyny – Collection of scientific works of Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychyna*, 2, 99-106.
5. Medvid, V., Belyakova, I., Piscio, V., & Lupenko, S. (2021). Model of transverse-transverse type piezoelectric transformer. *Scientific Journal of TNTU*, 102(2), 96-109.
6. Tychuk, R.B. (2017). *Instruktsiia do ekspluatatsii EK-1.0. Metodichni rekomendatsii shchodo vykorystannia «Elektronnoho kompleksu dlia doslidzhennia elektromahnitnykh kolyvan» v navchalnomu protsesi [Instructions for use EK-1.0. Methodical recommendations regarding the use of the «Electronic complex for the study of electromagnetic oscillations» in the educational process]*. Modus.
7. Boliukh, V.F., Markov, V.S. (2018). *Elektronika ta mikroprotsesorna tekhnika: lab. praktykum z elektrotekhniki [Electronics and microprocessor technology: lab. practicum in electrical engineering]*. (Vol. 3). NTU «KhPI».
8. Yemets, O.P., Oleksiuk, Yu.P. (2019). Rozrobka laboratornoi ustanovky dlia doslidzhennia napivprovodnykovoho diodu [Development of laboratory equipment for semiconductor diode research]. *International scientific e-journal АОНОΣ – International scientific e-journal АОНОΣ*, 4, 34-42. <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.04.36.html>.
9. Osychev, O.V. (2019). *Metodychni vkazivky do laboratornoi roboty «Dialogova vzaємodiia z mikroprotsesornoju laboratoriiu KR580 YK80 [Methodical instructions for laboratory work «Dialogic interaction with microprocessor laboratory KR580 IK80]*. KhDPU.

Отримано 25.01.2024

UDC 621.317.2

**Volodymyr Kudryashov<sup>1</sup>, Anatoly Lyubimov<sup>2</sup>,  
Oleg Leshchenko<sup>3</sup>, Svitlana Dobrovolska<sup>4</sup>, Olga Kyselyova<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>senior lecturer of the Department of Electronics, Transport Technologies and Logistics  
State University of Intellectual Technologies and Communications (Odesa, Ukraine)  
**E-mail:** [067k9670511@gmail.com](mailto:067k9670511@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7457-0255>

<sup>2</sup>senior lecturer of the Department of Electronics, Transport Technologies and Logistics  
State University of Intellectual Technologies and Communications (Odesa, Ukraine)  
**E-mail:** [anatoliylubimov@ukr.net](mailto:anatoliylubimov@ukr.net)

<sup>3</sup>PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electronics, Transport Technologies and Logistics  
State University of Intellectual Technologies and Communication (Odesa, Ukraine)  
**E-mail:** [olegleshchenko@gmail.com](mailto:olegleshchenko@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8529-8296>

<sup>4</sup>senior lecturer of the Department of Electronics, Transport Technologies and Logistics  
State University of Intellectual Technologies and Communication (Odesa, Ukraine)  
**E-mail:** [dobrsv1@gmail.com](mailto:dobrsv1@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6897-9022>

<sup>5</sup>Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electronics, Transport Technologies and Logistics, State University of Intellectual Technologies and Communications (Odesa, Ukraine)  
**E-mail:** [kiselovao@ukr.net](mailto:kiselovao@ukr.net). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9031-8781>

## A MODEL OF A UNIVERSAL LABORATORY INSTALLATION RESEARCH OF PARAMETERS OF ELECTRONIC DEVICES AND SYSTEMS

*Urgency of the research. At the current stage of development of science, technology and information technologies, electronic devices, devices and systems are the basis of automation of technological processes of production and are effectively used in all its spheres. On the basis of integrated technologies, devices for automation of production, individual nodes and processes, measuring equipment, analog-digital and digital-analog converters, etc. are created.*

*Target setting.* There was a need to create an installation that would ensure the integration of the possibilities of virtual and physical research of the parameters and characteristics of electronic devices, devices and systems in laboratory conditions, with the possibility of conducting research and analyzing their results both physically and virtually.

*The research objective:* to reveal the characteristics, purpose and principle of operation of the developed model of a universal laboratory installation for the study of parameters and characteristics of electronic devices, devices and systems, ensuring the possibility of operation of the installation with computer and software.

*The statement of basic material.* The article describes the characteristics, purpose and principle of operation of the developed model of a universal laboratory installation for the study of parameters and characteristics of electronic devices, devices and systems, with the provision of the possibility of operation of the installation with computer and software. The installation can successfully replace several measuring devices, which allows for better quality research. Its elements allow integrating their communication using an interface and optimize the research process by using the necessary software; physical measurements of parameters and characteristics of models of electronic devices and systems are carried out with the help of software, for example, based on the circuit modeling program «MULTISIM».

*Conclusions.* The installation can be effectively used in the training of electronics specialists in institutions of higher education, as well as in conducting research and tests in the field of electronics.

**Key words:** *electronic devices; electronic devices; systems; model of a universal laboratory installation; software; re-search; testing; diagnostics.*

*Fig.: 2. References: 9.*