

- Methodological Principles of Modeling the Educational Environment of Modern Pedagogical Systems)', *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannya: Zb. nauk. Prats'*, Instytut zasobiv navchannya APN Ukrayiny, K.: Ataka, s. 5-15.
3. Hlazunova, OH., 2012. 'Proektuvannya informatsiyno-osvitno'oho seredovyshcha vyshchoho navchal'noho zakladu (Designing the Information and Educational Environment of a Higher Educational Institution)', *Elektronni zasoby ta dystantsiyni tekhnolohiyi dlya navchannya protyahom zhyttya: tezy dopovidey VIII Mizhnarodnoyi naukovo-metodychnoyi konferentsiyi, m.Sumy, 15-16 lystopada 2012 r.*, Sumy: Sums'kyi derzhavnyy universytet, s. 31-33.
 4. Grinshkun, VV., 2008. 'Ispol'zovaniye tekhnologii informatsionnogo integrirovaniya pri podgotovke pedagogov v oblasti informatizatsii obrazovaniya (Use of information integration technology in teacher training in the field of education informatization)', *Byulleten' Tsentra informatiki i informatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii. Vyp. 4*, M.: ISMO RAO, s. 75-81.
 5. Zhuk, YUO., 2005. 'Orhanizatsiya navchal'noyi diyal'nosti u komp'yuterno oriyentovanomu navchal'nomu seredovyshchi (Organization of educational activity in the computer-based learning environment)', *Informatsiyni zabezpechennya navchal'noho protsesu: innovatsiyni zasoby i tekhnolohiyi: Kolektyvna monohrafiya*, K.: Atika, s. 195-204.
 6. Zhaldak, MI., 2008. 'Komp'yuterno-oriyentovani systemy navchannya v zahal'noosvitniy seredniy shkoli (Computer-oriented systems of training in general secondary education)', *Informatyka ta informatsiyni tekhnolohiyi v navchal'nykh zakladakh, № 5*, s. 4-9.
 7. Hurevych, RS., 2011. 'Osvitnye seredovyshche dlya pidhotovky maybutnikh pedahohiv zasobamy IKT : [monohrafiya] (Educational environment for the training of future teachers by means of ICT: [monograph])', Vinnytsya : FOP Rohal's'ka I. O., 348 s.
 8. Yashanov, SM., 2012. 'Problemy formuvannya ta perspektyvy rozvytku informatsiyno-osvitno'oho seredovyshcha zakladiv pedahohichnoyi osvity (Problems of formation and prospects of development of the informational and educational environment of institutions of pedagogical education)', *Informatyka ta informatsiyni tekhnolohiyi. Naukovo-metodychnyy zhurnal: №2*, s.16 – 23.

УДК 378.147:621.38

ВИВЧЕННЯ СХЕМОТЕХНІКИ В НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

STUDYING OF THE CIRCUIT DESIGN IN NON-SPECIALIZED EDUCATIONAL INSTITUTIONS

О.О. Савенков

Актуальність теми дослідження. Актуальним напрямком сучасної схемотехніки є вивчення, побудова і проектування функ-

Urgency of the research. Studying, constructing and designing of computer functional nodes are an actual direction of modern circuit design. For specialized

ціональних вузів ЕОМ. Для спеціалізованих навчальних закладів інженерного спрямування, у яких вивчається комп'ютерна інженерія, дисципліни схемотехнічного напрямку є обов'язковими, на відміну від вищих педагогічних закладів де основними напрямками є вивчення програмування, використання програмного забезпечення тощо.

Постановка проблеми. Однією з складових ефективної підготовки майбутнього вчителя за напрямом «Технологічна освіта» є дисципліни техніко-технологічного спрямування, що входять до циклів фундаментальної природничо-наукової, професійної та практичної підготовки. Виникає необхідність вивчення основ схемотехніки не тільки в спеціалізованих навчальних закладах, а й на технічних спеціальностях педагогічних ВНЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізовано шкільну програму профільного та академічного рівня з курсу фізики та програму з курсу загальної фізики для вищих навчальних закладів.

Постановка завдання. Провести аналіз теоретичних базових знань студентів, що необхідні для засвоєння навчального матеріалу з основ схемотехніки та прикладних програмних засобів, які можуть зробити вивчення основ схемотехніки більш ефективним.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто доцільність, можливості та перспективи вивчення основ схемотехніки на неінженерних спеціальностях педагогічного університету. Проведено аналіз сучасних програмних засобів віртуалізації схемотехнічних рішень під час навчання схемотехніки.

Висновки. Вивчення схемотехніки, за допомогою відповідного програмного забезпечення, дозволяє

educational institutions of engineering, in which computer engineering is studied, the circuit design disciplines are mandatory, in contrast to higher pedagogical institutions, where the main areas are the study of programming, the use of software and the like.

Target setting. One of the components of the effective preparation of the future teacher in the direction of "Technological education" are the disciplines of the technical and technological direction that enter the cycle of fundamental scientific, professional and practical training. There is a need to study the basics of circuit design, not only in specialized educational institutions, but also in the technical fields of pedagogical universities.

Actual scientific researches and issues analysis. The school program of profile and academic level from the physics course and the general physics course for higher education institutions were analysed.

The research objective. To conduct an analysis of the theoretical basic knowledge of students, which are necessary for assimilation the educational material on the basics of circuit design and applied software, which can make the study of the fundamentals of circuit design more efficient.

The statement of basic materials. The expediency, possibilities and prospects of studying the basics of circuit design in non-engineering specialties of the pedagogical university were considered. The analysis of modern virtualization software of circuit design solutions while learning the circuit design is carried out.

Conclusions. The study of circuit design, with appropriate software, allows the future teacher of the

майбутньому вчителю освітньої галузі «Технології», краще зрозуміти принципи роботи цифрової техніки та сучасних цифрових технологій.

Ключові слова: вивчення основ схемотехніки, процес фахової підготовки, абстрактні конструкції схемотехніки, навчання фахових дисциплін, спеціалізоване програмне забезпечення.

educational area "Technology", better understand the principles of digital technology and modern digital technologies.

Keywords: study of the basics of circuit design, process of professional preparation, abstract design of circuit design, training of professional disciplines, specialized software.

Актуальність дослідження. Сьогодні цифрові технології повсюдно витісняють аналогові, оскільки практично всі виробники електроніки вже перейшли на виробництво приладів та устаткування із застосуванням цифрових рішень. Комп'ютери, смартфони, планшети – будь-який девайс, яким ми користуємось, так чи інакше пов'язаний з цифровою схемотехнікою.

Одним з міждисциплінарних напрямків, що має надзвичайно великий вплив на формування професійної компетентності майбутнього вчителя освітньої галузі «Технології» є схемотехніка. Схемотехніка являє собою науково-технічний напрям, що охоплює проблеми проектування та дослідження схем електронних пристроїв різного призначення.

Актуальним напрямком сучасної схемотехніки є вивчення, побудова і проектування функціональних вузлів ЕОМ. Для спеціалізованих навчальних закладів інженерного спрямування, у яких вивчається комп'ютерна інженерія, дисципліни схемотехнічного напрямку є обов'язковим, на відміну від вищих педагогічних закладів де основними напрямками є вивчення програмування, використання програмного забезпечення і т. ін.

Постановка проблеми. Важливими факторами, що впливають сьогодні на якість підготовки майбутніх учителів освітньої галузі «Технології» є модернізація навчальних курсів, інтеграція окремих тем споріднених навчальних дисциплін у міждисциплінарні курси, які акумулюють в собі досягнення сучасної науки і техніки.

Особливістю сучасного розвитку освітянської діяльності є широке впровадження інформаційних технологій, пов'язаних із використанням обчислювальної техніки. Вивчення основ схемотехніки у неспеціалізованих навчальних закладах викликана необхідністю здобування системних знань майбутніми вчителями

освітньої галузі «Технології» з багатьох прикладних галузей наукового знання, оскільки органічною складовою підготовки майбутнього вчителя за напрямом «Технологічна освіта» є дисципліни техніко-технологічного спрямування, що входять до циклів фундаментальної природничо-наукової підготовки і професійної та практичної підготовки.

Аналіз основних досліджень і джерел. При підготовці статті були проаналізовані набори дисциплін, що пропонуються при вивченні курсів пов'язаних з використанням комп'ютерних технологій як інженерних [4], так і не інженерних напрямків [2, 5, 6] у вищих навчальних закладах. Проаналізовано шкільна програма профільного та академічного рівня з курсу фізики [1, 7, 8], проаналізовано програма з курсу загальної фізики для вищих навчальних закладів [9]. Розглянуто статтю І. А. Твердохліба «Методичні аспекти вивчення основ комп'ютерної схемотехніки в курсі логічних основ інформатики», у якій аналізується досвід використання Electronics Workbench [3].

Постановка завдання. Зважаючи на наведені вище положення, є потреба у аналізі доцільності вивчення основ схемотехніки у неспеціалізованих навчальних закладах. Також потрібно, спираючись на програми середньої школи і вищих навчальних закладів провести аналіз теоретичних базових знань студентів, що необхідні для засвоєння навчального матеріалу з основ схемотехніки та прикладних програмних засобів, які можуть зробити вивчення основ схемотехніки більш ефективним.

Виклад основного матеріалу. З точки зору фізики, основою реалізації інформаційних процесів є використання електричних імпульсів в різноманітних схемах, для досягнення визначеного результату. Елементи, зібрані в правильній послідовності разом є електронним пристроєм, покликани виконувати будь-яку функцію, необхідну людині, починаючи від миготіння діода і закінчуючи реалізацією комп'ютерної обробки та збереження даних, моделювання фізичних процесів або бездротової передачі даних. Батареї, електронні схеми, мікросхеми, радіотехнічні елементи - саме вони складають основу схемотехніки. Цей науково-технічний напрям є основою для розробки та ефективного функціонування будь-якого технічного продукту.

У схемотехніці, як і в багатьох інших науково-технічних дисциплінах, більшість завдань можна розділити на завдання синтезу (об'єднання раніше розрізнених речей, тобто створення схеми якогось пристрою з окремих деталей або блоків) та завдання аналізу (розчленування цілого на складові частини, тобто дослідження поведінки і властивостей великої системи на основі інформації про властивості її складових).

Дуже важливою дидактичною особливістю схемотехніки є те, що її основним завданням є аналіз і проектування реальних електронних пристроїв, але при цьому схемотехніка оперує «схемою» – абстрактним поданням пристроїв у вигляді сукупності умовних позначень. При цьому для схемотехніки абсолютно не важливо, як влаштовані електронні компоненти і які фізичні принципи покладені в основу їх роботи.

Під час вивчення циклу дисциплін професійної та практичної підготовки студенти освітньої галузі «Технології» повинні глибоко розуміти логіку роботи апаратного та програмного забезпечення на рівні елементарних дій або операцій для того, щоб у доступній формі викласти учневі основні процеси, які лежать в основі функціонування сучасної техніки і забезпечують її мініатюризацію та енергоефективність.

Оскільки схемотехніка зазвичай розглядає всі електронні компоненти як чорні ящики (подібно до того, як ми успішно користуємося мобільними телефонами, не замислюючись про їх внутрішній устрій), використання абстрактних конструкцій схемотехніки дає значний дидактичний ефект, зважаючи на те, що для розуміння інформаційних процесів не потрібні глибокі знання в загальній фізиці (загалом, досить шкільного курсу).

Реалізація базової функціональності абстрактних конструкцій схемотехніки для загального аналізу роботи навчальної системи передбачає застосування технологій прототипування. Цей підхід дозволяє створювати трафаретні графічні моделі, які дозволяють полегшувати засвоєння основних принципів схемотехніки та виключити можливість серйозних помилок в роботі майбутньої схеми ще на підготовчому етапі. Також цей підхід дозволяє на практиці випробувати уже реалізовані ідеї, що попередньо закладені в електронну схему. Його можна застосовувати як до всієї схеми, так і до окремих її частин, в залежності від особливостей конструкції.

Зважаючи на те, що логіка апаратного і програмного забезпечення спирається на логіку складових елементів інтегральних мікросхем, поглиблений розгляд основ їх компоновки та побудови на їх основі сучасних пристроїв, дозволяє студенту краще розуміти, яким чином реалізуються процеси обробки введених даних, їх перетворення на вихідні дані і т. ін.

Це положення можна проілюструвати наступними прикладами.

Будь-які команди, що вводяться користувачем, обробляються за допомогою апаратного забезпечення процесу обробки інформації (головним чином інтегральними мікросхемами, основною з яких є центральний процесор). Саме на логічних елементах центрального процесора відбувається оброблення (перетворення) введених даних. Прикладом реалізації цього процесу може слугувати звичайна блок-схема на виконання умови «так» або «ні», що використовується для пояснення відповідних дій у програмуванні і може буди представлена за допомогою логічних елементів на транзисторах. Множина подібних прикладів дає можливість встановити наочний взаємозв'язок між програмним і апаратним забезпеченням [3].

Ще одним важливим аспектом роботи з даними є їх зберігання (розглядаємо оперативну та постійну пам'ять). Оперативна пам'ять реалізується на таких логічних елементах як тригери, в той час як постійна пам'ять реалізується або на магнітних носіях (HDD) або на транзисторах з плаваючим затвором (SSD). Кожен з типів «пам'яті» має ряд власних особливостей таких як, енергозалежність, швидкість запису різних за розміром файлів, кількість циклів перезапису. Абстрагування фізичних основ реалізації технологій реалізації пам'яті дозволяє, наприклад, краще зрозуміти принципи узгодження роботи програмного забезпечення.

Абстрактний, відокремлений розгляд елементів схеми пристрою або елемента дозволяє студентам вирішувати достатньо складні технічні завдання, розбиваючи їх на дрібні фрагменти і можливості шукати рішення послідовно, або розділяти ці фрагменти і потім збирати рішення воєдино.

Для цього студенту достатньо знати, наприклад, основні принципи провідності в напівпровідниках р-, n-типів, р-n перехід, принципи роботи основних компонентів, таких як діод, МОП-транзистор (MOSFET) і т. ін. Такі теми як електронно-діркова та домішкова провідність, утворення та характеристики р-n переходу,

будова та функції діода вивчаються в курсі фізики в середній школі [7, 8], та в курсі загальної фізики в ВНЗ на перших курсах [9]. Вивчення будови та функцій транзисторів залишаються на розсуд викладача чи вчителя, ця тема розглядається на прикладі біполярного транзистора. А як приклад розглядається підсилення сигналу, вивчення МОП-транзистора, що не входить в обов'язкову програму? Потрібно зауважити, що ґрунтовна базова підготовка студента економить час на сприйняття матеріалу і дозволяє йому швидше зорієнтуватись при переході до вивчення нового матеріалу. Практика показує, що студенти які вступають на технічні спеціальності, можуть мати залишкові знання не на високому рівні, але тим не менш, в цілому, їх достатньо для освоєння абстрактних конструкцій схемотехніки.

Потрібно зазначити, що неспеціалізовані навчальні заклади зазвичай не мають лабораторного обладнання для вивчення елементної бази інформаційної техніки. Але, оскільки для навчання схемотехніки не потрібне досконале вивчення фізичних основ компонентів інтегральних мікросхем, вивчення логічних елементів інтегральних мікросхем можна проводити за допомогою спеціалізованого програмно забезпечення наприклад Electronics Workbench (EWB) [11] або Circuit Simulator (CS) [10].

EWB та CS це програмні засоби, які забезпечують схемотехнічне моделювання різноманітних аналогових та цифрових радіопристроїв різного призначення.

EWB створений ще у 1989 році, є досить потужним програмним засобом, що постійно вдосконалювався. Помилки, які зазвичай є в нових програмах відсутні у EWB, тому, при введенні коректних параметрів схем, помилок не виникає. Ще однією перевагою EWB є те, що у цій програмі досить легко навчитись складати схеми електронних і логічних пристроїв, тому що їх позначення співпадають із стандартними позначеннями, які використовуються для складання відповідних схем.

Робота з вимірювальними пристроями, що включаються у схеми EWB повністю імітує роботу з їх реальними прототипами. Це дозволяє проводити вивчення віртуальних схем так само, як реальних, що дозволяє частково знизити один з основних негативних факторів використання ІКТ (надмірна схематизація, що заважає майбутньому спеціалісту коректно застосовувати набуті знання на практиці). Цей позитивний, для студентів-інженерів, аспект може виявитись

недоречним для студентів інших спеціальностей, і може ускладнити використання програми, через необхідність пояснення принципів роботи і вивчення електричних кіл, що може віддалити студентів від поставленої мети, а саме вивчення основних принципів роботи і взаємодії логічних елементів.

Програмний засіб CS на відміну від EWB виконаний цікавіше з точки зору графіки. Наприклад, напрям струму показується безпосередньо на схемі електричного кола, що дозволяє уникнути необхідності підключати в коло віртуальні аналоги різних вимірювальних пристроїв. Якщо виникає необхідність зняти точні показники з окремого елемента, що знаходиться у складі електричного кола, достатньо просто навести курсор на цей елемент. Для відстеження змін різних параметрів на елементах кола, досить легко включається віртуальний осцилограф.

Суттєвою перевагою програми CS, є те, що це он-лайн ресурс, який не потребує встановлення дистрибутиву на комп'ютер. Завдяки цьому, студенти можуть працювати з однією і тією ж програмою як під час аудиторних лабораторних занять, так і виконувати необхідні завдання вдома. Недоліком програми є те що вона відносно недавно створена і може видавати некоректні значення. Наприклад якщо студент збере неправильно схему, тобто використає недопустимі параметри робочих елементів або недопустимі з'єднання цих елементів, програма починає працювати зі збоями. виправлення схеми не повертає програму до нормальної роботи, доводиться програму перезапустити і починати збирання схеми з початку. Але слід зазначити, що відносно прості схеми не викликають помилок у роботі програми. Тому для поставлених цілей, тобто розгляду основних принципів роботи логічних елементів, вказані вади не є великою проблемою, оскільки означена мета передбачає використання відносно простих схем.

Програми CS і EWB є англійськими, що створює певні труднощі навіть для тих студентів, що відносно добре володіють англійською мовою, оскільки назви робочих елементів мікросхем не завжди схожі на українські. В програмі EWB ця проблема не є критичною, оскільки робоча панель програми містить схематичні зображення робочих елементів, в той час, як в CS робоча панель виключно текстова.

Висновки. Сьогодні ми спостерігаємо зниження інтересу підростаючого покоління до вивчення фундаментальних наук.

Зважаючи на те, що схемотехніка є органічним поєднанням фізики, моделювання, програмування та ряду інших фундаментальних дисциплін, що має наочне представлення результатів навчальної діяльності, її дидактичний потенціал є надзвичайно високим. Загалом, студенти мають базові знання які необхідні для вивчення схемотехніки, що були отримані в курсах фізики у середній школі і в курсі загальної фізики в ВНЗ.

Вивчення схемотехніки не є обов'язковою дисципліною в неспеціалізованих навчальних закладах, але базові знання в цій галузі дозволяють майбутньому вчителю освітньої галузі «Технології» краще зрозуміти принципи роботи цифрової техніки та сучасних цифрових технологій. Важливим фактором, що спрощує вивчення дисципліни є наявність програмного забезпечення, яке дозволяє складати електричні логічні схеми різної складності.

Схемотехніка, як галузь знань, є дуже корисною на сьогодні, адже за її допомогою підростаюче покоління отримує знання про те, як влаштовано сучасне цифрове оточення людини інформаційного суспільства і за якими принципами воно працює. Саме наочний приклад є тим самим поштовхом, який змушує школяра починати серйозно займатися освоєнням азів фундаментальних дисциплін. У цьому сенсі вивчення схемотехніки у межах інформатичної підготовки майбутніх учителів освітньої галузі «Технології» є вкрай потрібним.

Список використаних джерел

1. 'Навчальні програми для 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів', Міністерство освіти і науки України, 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/navchalni-programy.html>.
2. 'Навчально-науковий інститут комп'ютерних інформаційних технологій : офіційний сайт', Національний авіаційний університет. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://nau.edu.ua/ua/menu/navchalni-pidrozdili/institutes/institut-kompyuternix-informacijnix-technologij.html>.
3. Твердохліб, ІА., 2012. 'Методичні аспекти вивчення основ комп'ютерної схемотехніки в курсі логічних основ інформатики', Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Вип.12. с. 80-85.
4. 'Факультет електроніки', Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kpi.ua/fel>.

5. 'Факультет інформатики та обчислюваної техніки', Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kpi.ua/fiot>.
6. 'Факультет комп'ютерних наук та кібернетики', Київський національний університет імені Тараса Шевченка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.univ.kiev.ua/ua/departments/csc/>.
7. 'Фізика. 10-11 класи. Академічний рівень : програма для загальноосвітніх навчальних закладів', Міністерство освіти і науки України, 2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mon.gov.ua/content/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%Bo/fiz-ak.pdf>.
8. 'Фізика. 10-11 класи. Профільний рівень : програма для загальноосвітніх навчальних закладів', Міністерство освіти і науки України, 2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mon.gov.ua/content/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%Bo/fiz-pr.pdf>.
9. 'Фізика : навчальна програма для вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації, які здійснюють підготовку молодших спеціалістів на основі базової загальної середньої освіти', Міністерство освіти і науки України ; Інститут інноваційних технологій і змісту освіти ; Відділення науково-методичного забезпечення ; Віртуальне об'єднання «Вища школа». Київ, 2010. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://vzvo.gov.ua/navchalni-prohramy/85-universities-for-physics>.
10. 'Electronic circuit simulator animated schematic of a simple LRC circuit', URL : <http://www.falstad.com/circuit/>.
11. 'NI Multisim : Powerful Teaching, Research, and Circuit Design Software', National Instruments. URL : <http://www.ni.com/multisim/>.

References

1. 'Navchal'ni prohramy dlya 10-11 klasiv zahal'noosvitnikh navchal'nykh zakladiv (Curriculum for 10-11 classes of general educational institutions)', Ministerstvo osvity i nauky Ukrayiny, 2017. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/navchalni-prohramy.html>.
2. 'Navchal'no-naukovyy instytut komp'yuternykh informatsiynykh tekhnolohiy : ofitsiynyy sayt (Educational and Scientific Institute of Computer Information Technologies : Official Website)', Natsional'nyy aviatsiynyy universytet. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://nau.edu.ua/ua/menu/navchalni-pidrozdili/institutes/institut-kompyuternix-informacijnix-tekhnologij.html>.
3. Tverdokhlib, IA., 2012. 'Metodychni aspekty vyvchennya osnov komp'yuternoyi skhemotekhniki v kursi lohichnykh osnov informatyky (Methodological aspects of studying the basics of computer circuitry in the course of the logical foundations of informatics)', Naukovyy chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriya 2: Komp'yuterno-oriyentovani systemy navchannya. Vyp.12. s. 80-85.
4. 'Fakul'tet elektroniky (Faculty of Electronics)', Natsional'nyy tekhnichnyy universytet Ukrayiny "Kyyivs'kyu politekhnichnyy instytut». [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://kpi.ua/fel>.
5. 'Fakul'tet informatyky ta obchyslyuvanoyi tekhniki (Faculty of Informatics and Computing Technology)', Natsional'nyy tekhnichnyy universytet Ukrayiny

- "Kyiv's polytechnical institute». [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://kpi.ua/fiot>.
6. 'Fakul'tet komp'yuternykh nauk ta kibernetiky (Faculty of Computer Science and Cybernetics)', Kyiv'skyi natsional'nyy universytet imeni Tarasa Shevchenka. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://www.univ.kiev.ua/ua/departments/csc/>.
 7. 'Fizyka. 10-11 klasy. Akademichnyy riven' : prohrama dlya zahal'noosvitnikh navchal'nykh zakladiv (Physics. Grades 10-11. Academic level: program for general educational institutions)', Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, 2017 [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://mon.gov.ua/content/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%Bo/fiz-ak.pdf>.
 8. 'Fizyka. 10-11 klasy. Profil'nyy riven' : prohrama dlya zahal'noosvitnikh navchal'nykh zakladiv (Physics. Grades 10-11. Profile level: program for general educational institutions)', Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, 2017 [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://mon.gov.ua/content/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%Bo/fiz-pr.pdf>.
 9. 'Fizyka : navchal'na prohrama dlya vyshchykh navchal'nykh zakladiv I-II rivniv akredytatsiyi, yaki zdiysnyuyut' pidhotovku molodshykh spetsialistiv na osnovi bazovoyi zahal'noyi seredn'oyi osvity (Physics: a curriculum for higher education institutions of the I-II levels of accreditation, which trains junior specialists on the basis of basic general secondary education)', Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy ; Instytut innovatsiynykh tekhnolohiy i zmistu osvity ; Viddilennya naukovo-metodychnoho zabezpechennya ; Virtual'ne ob'yednannya «Vyshcha shkola». Kyiv, 2010. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <https://vzvo.gov.ua/navchalni-prohramy/85-universities-for-physics>.
 10. 'Electronic circuit simulator animated schematic of a simple LRC circuit', URL : <http://www.falstad.com/circuit/>.
 11. 'NI Multisim : Powerful Teaching, Research, and Circuit Design Software', *National Instruments*. URL : <http://www.ni.com/multisim/>.