УДК 378.147
DOI: 10.24144/2524-0609.2025.56.81-85

Колодійчук Любомир Семенович
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедра електротехнологій та експлуатації енергообладнання
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів та природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
м.Бережани, Україна
kollub@ukr.net
http://orcid.org/0000-0003-1172-8972

Коваль Вадим Петрович
кандидат технічних наук, доцент
кафедра електричної інженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
м.Тернопіль, Україна
koval_vadym@tntu.edu.ua
http://orcid.org/0000-0002-7427-6507

Зінь Мирослав Михайлович
кандидат технічних наук, доцент
кафедра електричної інженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
м.Тернопіль, Україна
zinmm67@gmail.com
http://orcid.org/0000-0003-3301-0216

МОДЕЛЮВАНННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. Завданнями підвищення якості професійної підготовки фахівців в агротехнічному закладі вищої освіти визначається моделювання освітнього процесу. Мета дослідження: розкрити деякі аспекти моделювання процесу підготовки фахівців з електричної інженерії за допомогою смарт-технологій. За методологічну основу публікації взято такі загальнонаукові методи дослідження: аналіз власного досвіду роботи в галузі та науково-технічної літератури з метою з'ясування підходів до визначення сутності з проблем дослідження; вивчення офіційних сайтів виробників смарт-пристроїв; систематизації для упорядкування інформації щодо сучасних смарт-рішень; моделювання з метою формування програмних результатів навчання майбутнього фахівця електротехнічного профілю; практичне узагальнення для формування висновків роботи. У публікації розглядалися деякі аспекти моделювання процесу підготовки майбутніх фахівців у контексті проектування професійної діяльності. Зокрема, досліджувалося питання моделювання електротехнічних установок у виробничих приміщеннях сільськогосподарського призначення за допомогою сучасних прикладних програмних продуктів. Особлива увага звернена на безкоштовне програмне забезпечення для студентів Cisco Packet Tracer, що має широкий набір пристроїв, он-лайн візуалізацію обміну даними, можливість імітації реальних процесів у системах відновлюваної енергетики та дослідження їх інтеграції у розумні будинки та мікромережі. Загалом, дослідження підкреслює, що моделювання відтворює виробничий процес здобуття знань і сприяє суттєвому наближенню освітнього процесу до виробничої діяльності.

Ключові слова: агротехнічний заклад вищої освіти, майбутні фахівці, моделювання, проєктування, освітній процес.

Вступ. У сучасному суспільстві стрімкого розвитку технологій, цифровізація стає невід'ємною складовою різних галузей економіки, змінюючи виробничі умови діяльності майбутніх фахівців. Викладання дисциплін з електроенергетики, як базової галузі народного господарства країни, що впливає на розвиток держави, також піддається значним змінам. Нині виробничі умови потребують розробки моделі діяльності майбутніх фахівців з електричної інженерії із залученням цифрових технологій. За таких чинників, оновлений зміст освіти викликає потребу в інноваційних підходах до навчальних дисциплін фахової підготовки, що будуть відтворювати виробничий процес здобуття професійних знань. Вважаємо, що реалізація таких проєктів в процесі фахової підготовки, можлива за наявності проєктування та моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В науково-педагогічній діяльності останніх років, для характеристики процесу дослідження дидактичних явищ, використовуються поняття «проєктування» і «моделювання». Здійснений науковий пошук виявив, що проблему проектування в освітній галузі досліджували провідні вітчизняні вчені та практики. Поділяючи позиції переважної більшості вчених зі сфери педагогічного проектування, виокремимо монографію Н.Брюханової [2], яка розглянула не лише методологічні й дидактичні аспекти проектувальної діяльності, але й організаційно-методичні основи проектування підготовки майбутніх інженерів. Проблема моделювання освітнього процесу аналізувалося в працях педагогів М.Коваля і А.Литвина [5], Р.Мартинової і С.Боднар [9]. Ці автори в основному розглядають теоретичні аспекти педагогічного моделювання і характеризують моделі та принципи професійної підготовки майбутніх фахівців. Окремі сторони моделювання процесу підготовки фахівців за допомогою смарт-технологій досліджувалися в публікаціях С.Алексова [1], Л.Липської [7], Ю.Лучко [8]. Водночас, теоретичний аналіз наукових

© Колодійчук Л.С., Коваль В.П., Зінь М.М.

джерел дає підстави констатувати, що моделювання підготовки майбутніх фахівців з електричної інженерії, в контексті проектування професійної діяльності ще є недостатньо розробленою. Загальна проблема полягає у відсутності ґрунтовних досліджень з проблем моделювання виробничих ситуацій та імітації майбутньої професійної діяльності в аграрному закладі вищої освіти за допомогою смарт-технологій, що й зумовило вибір теми статті.

Мета дослідження полягає в тому, щоби розкрити деякі аспекти моделювання процесу підготовки фахівців з електричної інженерії за допомогою смарт-технологій. Для досягнення мети, за методологічну основу публікації взято такі загальнонаукові **методи дослідження:** аналіз власного досвіду роботи в галузі та науково-технічної літератури з метою з'ясування підходів до визначення сутності з проблем дослідження; вивчення офіційних сайтів виробників смарт-пристроїв; систематизації для упорядкування інформації щодо сучасних смарт-рішень; моделювання з метою формування програмних результатів навчання майбутнього фахівця електротехнічного профілю; практичне узагальнення для формування висновків роботи.

Виклад основного матеріалу. Фундаментальною базою проведеного дослідження послужив механізм педагогічного проектування освітнього процесу, тобто компоненти, які його утворюють і способи їх взаємодії через розкриття їх змісту. Під проектуванням ми розуміємо складання та розробку педагогічної або навчально-методичної документації, яка необхідна для створення новітніх або удосконалення існуючих педагогічних об'єктів чи систем. За результатами наших досліджень встановлено, що педагогічне проектування включає наступні етапи: пошуковий; моделювання; організаційно-управлінський і конструювання [6].

Вважаємо, що такий методологічний зв'язок із надсистемою (проектуванням) дозволяє глибше зрозуміти особливості моделювання освітнього процесу, як найбільш важливої складової процесу проектування. Адже властивості системи, в даному випадку моделювання, ширше проявляються у зв'язках із надсистемою – проектуванням.

У монографії С.Вітвицької [4, с.18] дефініція «моделювання» розглядається, як інтегроване поняття, що об'єднує емпіричне і теоретичне та дозволяє глибше проникати в сутність об'єкта пізнання. При цьому модель інтерпретується, як абстракція будь-якої системи, що відображає ключові її властивості. В цьому контексті А. Семенова вважає, що моделювання відображає чітку взаємодію компонентів, які формують уявлення про способи ефективного перетворення реальності з метою її максимального наближення до ідеалізованої узагальненої моделі [11].

Погоджуємось з науковцями [5], які підкреслюють думку відповідності підготовки майбутнього фахівця сучасним вимогам на ринку праці. Це передбачає постійне вдосконалення професійної кваліфікації в умовах інформаційного суспільства та формування системного стилю мислення. Зокрема, в площині моделювання виробничої діяльності з використанням smart-технологій.

Дослідження формування предметних компетентностей фахівців із електричної інженерії [3] свідчать, що використання модельного підходу в освітньому процесі сприяє наближенню до реальних умов виробництва: ФК1, ФК2, ФК14. У цьому контексті з метою створення виробничих сценаріїв та відтворення майбутньої професійної діяльності, ми інтегрували в освітній процес найсучасніші програмні розробки, такі як: безкоштовний для студентів і викладачів Cisco Networking Academy (навчальна дисципліна «Енергозбереження та використання поновлювальних джерел енергії»).

Програма Cisco Packet Tracer, основна мета якої полягає у моделюванні мережевих рішень [10], також може бути пристосована для відтворення електроенергетичних систем з використанням відновлюваних джерел енергії. Завдяки функціоналу модуля «Internet of Things» користувачі можуть додавати елементи, що імітують сонячні панелі, батарейні контролери та інші електричні пристрої (рис.1). Це дозволяє проводити симуляцію реальних процесів у відновлюваній енергетиці та вивчати інтеграцію цих систем у локальні мережі, включаючи смарт-будинки та мікромережі.

Рис.1. Вигляд фотоелектричної панелі, вітрового генератора і лічильника енергетичного споживання в Packet Tracer

Для відтворення роботи вітрових турбін у Cisco Packet Tracer, використовуються пристрої IoT, що моделюють виробництво енергії вітром. Як і у випадку з фотовольтаїчними панелями, їх параметри налаштовуються з урахуванням різних умов, що дає можливість аналізувати ефективність енергогенерації при змінному вітрі.

Такі симуляції сприяють глибшому розумінню взаємодії мережевих пристроїв із відновлюваними джерелами енергії, допомагають оцінити енергоспоживання та резерви енергії, що є важливим аспектом інтеграції таких систем у реальну енергетичну інфраструктуру.

Під час дослідження виявилося, що найефективнішим є створення електромережі з різноманітними пристроями, де можна регулювати споживання електроенергії та обмежувати доступ до зовнішньої мережі. Це дозволяло імітувати роботу автономної системи, яка використовує фотоелектричні батареї або вітрогенератори. При цьому в програмі Packet Tracer можна задати умовні обмеження на споживання або виробництво електроенергії пристроями в певні години, що відтворює природні цикли відновлюваних джерел енергії, таких як сонце або вітер.

Також моделювання застосовувалося нами в емпіричних дослідженнях. Це стосується створення енергетичних систем для розумних будівель, які використовують гібридні технології, що об'єднують

традиційні та відновлювані джерела енергії. Застосовуючи Packet Tracer, можна спроектувати невелику гібридну систему, яка автоматично переключається між мережами залежно від заданих умов. Наприклад, така система може використовувати енергію акумуляторів, заряджених сонячними панелями, або переключатися на резервні джерела живлення в разі відсутності енергії сонця.

Тобто, Packet Tracer дає змогу візуалізувати поточне споживання енергії, контролювати потоки живлення між мережевими компонентами та оцінювати ефективність використання відновлюваних джерел. Це сприяло виявленню вузьких місць у структурі енергоспоживання та оптимізації їх функціонування.

При цьому моделювання фотоелектричної системи у Cisco Packet Tracer складається з трьох основних етапів: додавання сонячних панелей і контролерів; налаштування параметрів панелей для імітації реальних умов; підключення пристроїв-споживачів для оцінки ефективності системи.

Під час досліджень було визначено найвагоміші аргументи на користь використання Packet Tracer для моделювання з навчальної дисципліни «Енергозбереження та використання поновлювальних джерел енергії», а саме:

1. моделювання включає різні топології та підключення для розподілу енергії (Ethernet, Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth), а також візуалізацію реакції мережі на зміни потужності, спричинені коливаннями сонячної радіації чи вітру;

2. автоматизація з використанням IoT-пристроїв для автоматичного керування споживанням та накопиченням енергії;

3. безпечне тестування з можливістю проводити досліди без ризику фізичних пошкоджень обладнання або втрати даних.

На сьогодні набувають актуальності й безпроводові автоматизовані системи, які розробляють і пропонують провідні світові компанії, такі як TP-Link, Samsung, Aqara, Shelly, Bosch, Tuya, ABB, Legrand, Netatmo тощо. Моделювання безпроводового керування (навчальна дисципліна «Безпровідні електротехнології») електричними пристроями виробничого устаткування зі смартфону здійснюємо за допомогою додатків «Mi Home» (фірма Xiaomi), «eWelink» (компанія Sonoff) тощо. Загальний вигляд розробленого стенду зображено на рисунку 2.

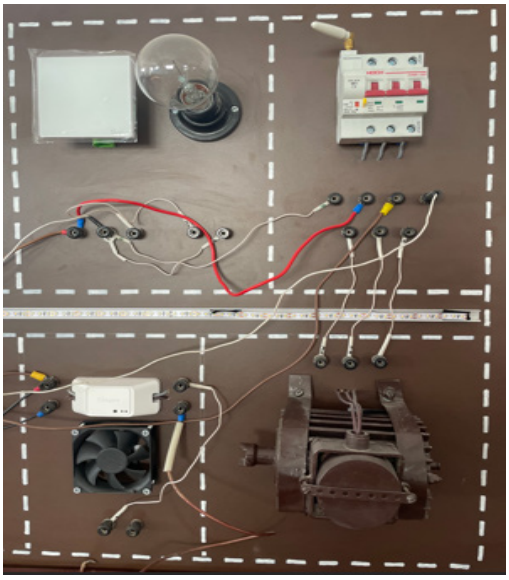

Рис.2. Фрагмент лабораторного стенду для моделювання безпроводових електричних апаратів

До особливостей такої взаємодії відносимо керування електричними апаратами з будь-якої локації через хмарний сервер. Це дозволяє інтегрувати різні смарт-пристрої до екосистем за допомогою поширених протоколів зв'язку, таких як Zigbee, Bluetooth та Wi-Fi. Зручність забезпечується мобільним додатком, що дає змогу керувати всіма підключеними пристроями зі смартфона або планшета. Додатковою перевагою є інтеграція з голосовими помічниками, зокрема Siri чи Google Assistant. Особливу цінність має можливість створення сценаріїв автоматизації та графіків роботи «розумних пристроїв» відповідно до заданих режимів, що дозволяє уникнути необхідності постійного знаходження біля електроустановки. Такий підхід сприяв перенесенню акценту виконання завдань за алгоритмом на самостійну пізнавальну діяльність студентів.

З метою централізованого керування через один інтерфейс та можливістю автоматизації різних процесів у мережі LAN, застосовуємо потужну інтеграційну платформу Інтернету речей – «Home Assistant». Home Assistant підтримує безліч смарт-пристроїв та відкритих протоколів, що дає змогу зібрати всі пристрої в єдину екосистему для зручності управління та налаштувати сповіщення на через Notify.Events. Таке вільне програмне забезпечення можна розгорнути на спеціальному одноплатовому комп'ютері Raspberry Pi або на звичайному персональному комп'ютері, що ми і зробили. Приклад розробленої інтерфейсної панелі представлено на рисунку 3.

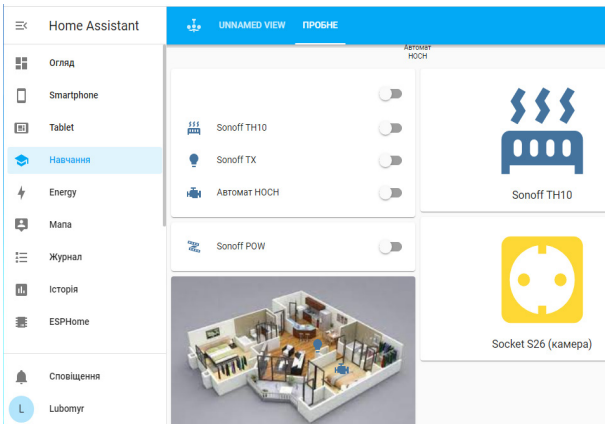

Рис.3. Зображення розробленого інтерфейсу в Home Assistant.

Для моделювання процесів керування водопостачанням, опаленням, вентиляцією у житлових та офісних будівлях застосовуємо провідні системи INELS та безпроводові системи RF Control під брендом компанії ELKO EP, яка спеціалізується на електронних реле та рішеннях для «розумного будинку». Ця система використовує RF зв'язок на 868 MHz. У цьому контексті, за використання сенсорної панелі, здійснюємо моделювання роботи радіочастотних апаратів керування та захисту (дисципліна «Електричні апарати»). Наприклад, для регулювання термоприводу використовуємо безпровідний елемент RFATV-1 (рис.4).

До особливостей системи iNELS RF Control відносимо модульну структуру, тобто складається з різних модулів: контролерів, реле, диммерів, датчиків руху, вимикачів тощо, а також можливість розширення та інтеграції нових пристроїв. При цьому центральний контролер (eLAN-RF) дозволяє керувати всією системою через мобільний застосунок «iNELS Home Control» або веб-інтерфейс.

Рис.4. Вигляд презентаційного стенду компанії ELKO EP

Для віртуального моделювання електротехнічних установок у приміщеннях сільськогосподарського призначення використовуємо графічне середовище програмування «Lab VIEW» (навчальні дисципліни «Автоматизовані системи управління й оптимізація режимів енергосистем», «Віртуальні управляючі пристрої»). Згаданий програмний продукт американської фірми National Instruments, характеризується повністю графічним інтерфейсом, що визначає зручність його застосування для користувачів, які не є програмістами в традиційному розумінні.

Проєктування, моделювання та аналіз електричного освітлення в аграрних спорудах і на відкритих просторах проводимо з використанням програми DIALux, розробленої німецькою компанією DIAL, яка вважається міжнародним стандартом для світлотехнічних розрахунків. Засвоєння цього, фактично професійного програмного забезпечення, дозволить фахівцю розв'язувати широкий спектр фахових завдань пов'язаних із технічним 3D-моделюванням (дисципліна «Електротехнічні системи електроспоживання», кваліфікаційна робота).

Таке моделювання виробничих процесів та електротехнічних систем дозволяє проектувати віртуальні копії реальних об'єктів і ситуацій, а також можливість проводити експерименти без ризику для реального виробництва.

Висновки. Отже, моделювання процесу підготовки фахівців з електричної інженерії за допомогою смарт-технологій сприяє істотному наближенню освітнього процесу до умов виробничої діяльності. Воно забезпечує інтеграцію теоретичних знань та практичних навичок, необхідних для ефективного виконання професійних обов'язків. Одним із важливих аспектів є те, що моделювання стає інструментом для проєктування електротехнічних систем чи виробничих ситуацій, що дозволяє майбутнім фахівцям не лише розуміти окремі елементи технологічних процесів, але й бачити їх взаємодію у реальному виробничому середовищі та вирішувати складні інтегровані завдання. Перспективи подальших досліджень будуть скеровані на вивчення зарубіжного досвіду використання смарт-технологій у процесі здобуття знань з електричної інженерії.

Список використаної літератури

1. Алексов, С.В., Дідик, А.В. Перспективи впровадження системи «розумний дім» у заклади освіти. Трансформаційна економіка. 2023. Вип.2(02). С.5-9.
2. Брюханова Н.О. Основи педагогічного проектування в інженерно-педагогічній освіті: монографія. Харків: НТМТ, 2010. 438 с.
3. Бунько В.Я. Освітньо-професійна програма за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Бережани: ВІКТ, 2023. 17 с.
4. Вітвицька С.С. Моделювання професійної підготовки фахівців в умовах євроінтеграційних процесів: монографія. Житомир: О.О.Євенок, 2019. 304 с.
5. Коваль М.С., Литвин А.В. Моделювання педагогічного процесу та психологічного супроводу підготовки фахівців ризиконебезпечних та інших професій: монографія. Львів: ЛДУБЖД, 2023. 396 с.
6. Колодійчук Л.С. Основні аспекти концепції проектування освітнього процесу підготовки майбутніх фахівців електротехнічного профілю. Інноваційна педагогіка. 2019. Вип.11. С.73-76.
7. Липська Л.В. Використання smart-технологій у навчальному процесі професійно-технічних навчальних закладів. Теорія і методика професійної освіти. 2018. Вип.14. С.11-17.
8. Лучко Ю.І. Використання smart-технологій для реалізації професійної діяльності науково-педагогічних працівників. Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Педагогічні науки. 2022. Вип.6 (354). С.48-55.
9. Мартинова, Р.Ю., Боднар С.В. Принципи педагогічного моделювання. Український Педагогічний журнал. 2021. Вип.2. С.51-60.
10. Про програму Cisco Packet Tracer. URL: https://rubydevelopers.org/t/cisco-packet-tracer/382.
11. Семенова А.В. Парадигмальне моделювання у професійній підготовці майбутніх учителів: монографія. Одеса: Юридична література, 2015. 504 с.

References

1. Aleksov, S.V. & Didyk, A.V. (2023). Perspektyvy vprovadzhennia systemy «rozumnyi dim» u zaklady osvity [Prospects for implementing the «smart home» system in educational institutions]. *Transformatsiina ekonomika, 2(02),* 5-9. [in Ukrainian]
2. Briukhanova, N.O. (2010). *Osnovy pedahohichnoho proektuvannia v inzhenerno-pedahohichnii osviti* [Fundamentals of pedagogical design in engineering and pedagogical education]. NTMT. [in Ukrainian]
3. Bunko, V.Ya. (2023). *Osvitno-profesiina prohrama za spetsialnistiu 141 «Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika»* [Educational and professional program in specialty 141 «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics»]. VIKT. [in Ukrainian]
4. Vitvytska, S.S. (2019). *Modeliuvannia profesiinoi pidhotovky fakhivtsiv v umovakh yevrointehratsiinykh protsesiv* [Modeling of professional training of specialists in the context of European integration processes]. O.O.Yevenok. [in Ukrainian]
5. Koval, M.S., & Lytvyn, A.V. (2023*). Modeliuvannia pedahohichnoho protsesu ta psykholohichnoho suprovodu pidhotovky fakhivtsiv ryzykonebezpechnykh ta inshykh profesii* [Modeling the pedagogical process and psychological support for the training of specialists in risky and other professions]. LDUBZhD. [in Ukrainian]
6. Kolodiichuk, L.S. (2019). Osnovni aspekty kontseptsii proektuvannia osvitnoho protsesu pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv elektrotekhnichnoho profiliu [Main aspects of the concept of designing the educational process for training future electrical engineering specialists]. *Innovatsiina pedahohika, 1,* 73–76. [in Ukrainian]
7. Lypska, L.V. (2018). Vykorystannia smart-tekhnolohii u navchalnomu protsesi profesiino-tekhnichnykh navchalnykh zakladiv [The use of smart technologies in the educational process of vocational and technical educational institutions]. *Teoriia i*

metodyka profesiinoi osvit, 14, 11–17. [in Ukrainian]
8. Luchko, Yu.I. (2022). Vykorystannia smart-tekhnolohii dlia realizatsii profesiinoi diialnosti naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv [Using smart technologies to implement professional activities of scientific and pedagogical workers]. *Visnyk Luhanskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Seriia: Pedahohichni nauky, 6* (354), 48-55. [in Ukrainian]
9. Martynova, R.Yu. & Bodnar, S.V. (2021). Pryntsypy pedahohichnoho modeliuvannia [Principles of pedagogical modeling]. *Ukrainskyi Pedahohichnyi zhurnal, 2,* 51–60. [in Ukrainian]
10. Pro prohramu Cisco Packet Tracer. URL: https://rubydevelopers.org/t/cisco-packet-tracer/382 [in Ukrainian]
11. Semenova, A.V. (2015). Paradyhmalne modeliuvannia u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv: monohrafiia [Paradigmatic modeling in professional training of future teachers: monograph]. Yurydychna literatura. [in Ukrainian].

Статус статті:
Отримано: 14.03.2025 Прорецензовано: 20.03.2025 Прийнято: 15.04.2025

Kolodiychuk Lubomyr
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Department of Electrical Technologies and Operation of Power Equipment
Separate division of the National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine «Berezhany Agricultural Technical Institute»
Berezhany, Ukraine

Koval Vadym
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Electrical Engineering
Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine

Zin Myroslav
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Electrical Engineering
Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine

MODELING THE PROCESS OF TRAINING OF ELECTRICAL ENGINEERING SPECIALISTS USING SMART TECHNOLOGIES

Abstract. The tasks of improving the quality of professional training of specialists in an agrotechnical institution of higher education are determined by the modeling of the educational process. The purpose of the study is to reveal some aspects of modeling the process of training specialists in electrical engineering using smart technologies. To achieve the goal, the following general scientific research methods were taken as the methodological basis of the publication: analysis of one's own experience in the field and scientific and technical literature to clarify approaches to determining the essence of the research problems; study of official websites of manufacturers of smart devices; systematization to organize information on modern smart solutions; modeling to form program results of training of a future specialist in the electrical engineering field; practical generalization to form conclusions of the work. The publication considered some aspects of modeling the process of training future specialists in the context of designing professional activities. In particular, the issue of modeling electrical installations in agricultural production facilities using modern application software products was studied. Special attention is paid to the free software for students Cisco Packet Tracer, which has a wide range of devices, online visualization of data exchange, the ability to simulate real processes in renewable energy systems, and study their integration into local networks, in particular into smart homes and microgrids. In general, the study emphasizes that modeling recreates the production process of acquiring knowledge and contributes to a significant approximation of the educational process to production activities.

Keywords: agrotechnical institution of higher education, future specialists, modeling, design, educational process.