

REFERENCES

1. Falcon 9. [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Falcon_9.
2. Pnevmohidravlichna raketa. [Pneumatic hydraulic rocket]. [Online]. Available: <https://bit.ly/2xTTp4A>.
3. Proton (raketa-nosiy) [Proton (carrier rocket)]. [Online]. Available: <https://bit.ly/2JtiaFR>.
4. Rekord vysoty polotu pnevmohidravlichnoyi rakety. [Record of flight height of the pneumohydraulic rocket.]. [Online]. Available: <https://www.news.uct.ac.za/article/-2015-10-07-uct-team-smashes-eight-year-water-rocket-world-altitude-record>.
5. Savel'yev, I.V. (1970) Kurs zahal'noyi fizyky [General Physics Course]. Moskow.
6. Spysok kosmichnykh zapuskiv v 2017 rotsi. [The list of space launches in 2017]. [Online]. Available: <https://bit.ly/2rXvnCP>.
7. Contribute to the Arduino Software. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Donate>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СЛІПУХІНА Ірина Андріївна – доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси: теорія і методика навчання фізики і технічних дисциплін, дидактика STEM освіти.

ПУШКАРСЬКИЙ Микита Олександрович – студент першого курсу кафедри аеронавігації Інституту Аеронавігації Національного Авіаційного Університету.

Наукові інтереси: фізика, технології, безпілотні авіаційні комплекси, авіація.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

SLIPUKHINA Iryna Andriivna – Doctor Habilitat (social sciences), Associate Professor, Professor of General Physics Department, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Circle of scientific interests: theory and methods of teaching physics and technical disciplines, didactics STEM education.

PUSHKARSKY Nikita Alexandrovich – student of the first course of the Aeronavigation Department of the Institute of Air Navigation of the National Aviation University.

Circle of scientific interests: physics, technology, drone aerial systems, aviation.

*Дата надходження рукопису 15.04.2018 р.
Рецензент – д.пед.н., професор М.І. Садовий*

УДК 378.1:372.853:001.8 (045)

СЛІПУХІНА Ірина Андріївна –

доктор педагогічних наук, доцент,
професор кафедри загальної фізики

Національного авіаційного університету

ORCID ID 0000-0002-9253-8021

e-mail: slipukhina@i.ua

ЦИМБАЛЮК Іван Сергійович –

студент Національного Авіаційного Університету

ORCID ID 0000-0002-1383-1327

e-mail: tsymbaliuk.nau@gmail.com

КЛЮЧЕНКО Іван Ігорович –

студент Національного Авіаційного Університету

ORCID ID 0000-0002-8054-1995

e-mail: Vania.Clyuchencko2@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ARDUINO NANO ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОРТАТИВНОГО ТЕРМОМЕТРА

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Наукова та інженерно-технологічна діяльність нині потребує використання датчиків (сенсорів), які дозволять реєструвати і опрацювати різноманітні дані про стан систем різної природи. Зокрема, існує необхідність дистанційного вимірювання температури. Особливо важливим є також підвищення точності вимірювання в довготривалих експериментах.

Відомо, що температура це найважливіший параметр технологічних процесів багатьох галузей промисловості. Якість температурного контролю часто обумовлює успіх процесу виробництва. У зв'язку з цим серед найважливіших завдань сучасного приладобудування та сучасної вимірювальної техніки є розробка надійних методів вимірювання температури у різних виробництвах, створення вимірювальних приладів необхідної

точності, стабільності і швидкодії, а також дослідження впливів множини супутніх факторів на результат вимірювання.

Широко застосовуваними для вимірювання температури твердих тіл є термоелектричні прилади – термопари, термометри опору та інші. В ряді випадків вони виявляються невідповідними для вимірювання температури полум'я. Більшість звичайних термопар не витримують температури вищої 1500°C, тому вони не можуть бути використані для вимірювання температури полум'я [2, с. 1].

Нами встановлено, що сучасний ринок пропонує споживачам широкий вибір пристроїв для вимірювання температури, якість та можливості яких перебувають на високому рівні, але водночас їх вартість є високою. Аналіз цін на комплектуючі продемонстрував, що собівартість власноруч

зібраного пристрою майже така ж або навіть менша від пропозицій на ринку (<https://www.amazon.com/Infrared-Thermometers/b?ie=UTF8&node=9931459011>).

Отже, існує потреба у створенні модернізованих (приспосованих для певних завдань) пристроїв, вдосконаленні або переобладнанні існуючих приладів, що відкриє нові можливості у реалізації конструкції пірометричних вимірювачів. Зокрема, особливо важливим є підвищення точності вимірювання в довготривалих експериментах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Використання різних властивостей теплового випромінювання тіл, що впливають із фізичних законів, покладено в основу ряду безконтактних методів вимірювання температур тіл. Найбільш поширені такі оптичні методи [1, с. 274 – 454]:

- яскравісної (оптичної) пірометрії, що використовують для вимірювання температур тіл за яскравістю тіла в даній довжині хвилі;
- колірної пірометрії, в основу яких покладено зміну температурного розподілу енергії всередині даної ділянки спектра випромінювання тіла;
- радіаційної пірометрії, в яких використовується залежність від температури загальної кількості енергії, що випромінюється тілом у широкому спектральному інтервалі.

За усталеною термінологією оптичним пірометром називають прилад, призначений для вимірювання яскравості температур розжарених тіл в одному вузькому інтервалі довжин хвиль видимого спектру. Чутливим елементом при цьому слугує око. Найбільш поширеним у ХХ ст. був оптичний пірометр з «зникаючою» ниткою [1, с. 274].

У сучасних пірометричних конструкціях використовуються різні типи датчиків, принципи дії яких базуються на визначенні змін фізичних або хімічних властивостей тіл. Успіхи в таких областях як лазерна фізика, фізика твердого тіла, мікроелектроніка, мікропроцесорна техніка привели до розвитку технологій створення датчиків, які використовують інфрачервоне (ІЧ) випромінювання.

Енергія ІЧ діапазону випромінюється всіма матеріалами за температури вищої 0 К. ІЧ випромінювання є частиною електромагнітного спектра і містить частоти між видимим світлом і радіохвилями: від 0,7 до 1000 мкм (мікрон). У цій хвильовій смузі для практичного щоденного вимірювання температури використовуються лише частоти від 0,7 мкм до 20 мкм. Це пояснюється тим, що застосовані нині датчики (ІЧ сповіщувачі) недостатньо чутливі для виявлення дуже малих енергій, доступних на довжинах хвиль більше 20 мкм.

З'ясовано, що сучасні безконтактні датчики температури (тепловізори), які є основою ІЧ термометрії, здатні визначати температуру на великій відстані. Деякі моделі датчиків можуть бути додатково забезпечені лазерним покажчиком, який дозволяє більш точно захоплювати об'єкт для вимірювання

(<http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1906-lazernye-termometry-ustrojstvo-princip.html>).

Нами виявлено, що основу інфрачервоних термометрів (ІЧТ) для безконтактного вимірювання температури складають сучасні датчики, які широко застосовуються у науці і високотехнологічному виробництві. ІЧТ вимірює температуру, визначаючи енергію в ІЧ діапазоні, випромінювану всіма матеріалами, які перебувають при температурах вище абсолютного нуля. Так, базова модель ІЧТ складається з об'єктива, який фокусує ІЧ енергію на детектор, який перетворює енергію на електричний сигнал, який може відобразитися в одиницях температури після компенсації зміни температури навколишнього середовища. Ця конфігурація створює умови для дистанційного вимірювання температури, що, зокрема, має значення для вимірювання температури в умовах, коли термопари або інші датчики не можуть бути використані або вони не дають точних даних з різних причин. Такими типовими обставинами є випадки спостереження рухомого об'єкта, який перебування у вакуумі або іншому контрольованому середовищі при використанні програм які потребують швидкої відповіді.

Попереднє дослідження проблеми показало, що проектування, розробка і створення ІЧТ розглядається нами з однієї сторони, як один із способів дослідження фізичних аспектів пірометрії, а з іншої – як засіб формування інженерних компетенцій майбутніх фахівців техніко-технологічного профілю з використанням STEM підходу у навчанні фізики.

Мета статті. Огляд досягнень в напрямку пірометрії та ознайомлення з розробками в цій галузі, дослідження ІЧТ, принципу його дії, а також проектування і створення модернізованого, приспосованого до певних завдань пристрою з використанням Arduino Nano, визначення меж його застосування.

Методи дослідження. Теоретичне дослідження фізичних принципів сучасної пірометрії, проектування і створення ІЧТ – високотехнологічного приладу, придатного для дистанційного вимірювання температури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ними з'ясовано, що базова конструкція ІЧТ містить: об'єктив для збору енергії, яка випромінюється мішенню, детектор для перетворення енергії в електричний сигнал, блок коригування випромінювання для відповідності каліброваного ІЧТ до випромінювальних характеристик вимірюваного об'єкта, а також схему компенсації температури навколишнього середовища.

Концепція сучасних ІЧТ є більш технологічно складною, що дозволяє розширити сферу їхнього застосування. Основними такими особливостями є: можливість використання значного спектру детекторів; селективна фільтрація ІЧ-сигналу; лінеаризація та посилення сигналу на виході детектора; забезпечення стандартних, кінцевих виходів, таких як 4-20 мА, 0-10 В постійного струму.

Принципову схему типового сучасного ІЧТ наведено в [6]. Вочевидь, найбільш важливим кроком у розвитку ІЧ термометрії було впровадження селективної фільтрації вхідного ІЧ сигналу, що стало можливим завдяки більш чутливим детекторам та більш стабільним підсилювачів сигналу. Зауважимо, що ранні ІЧТ потребували широкої спектральної смуги для отримання дієздатного детектора. Водночас сучасні ІЧТ мають вузькі спектральні смуги (1 мкм). Необхідність виділення вузьких спектральних ліній виникає через те, що часто спостереження проводиться за наявності певних перешкод, які можуть існувати на шляху зору (газ або інша речовина, які є прозорими для широкої смуги ІЧ енергії).

Вочевидь, найважливішим кроком у розвитку ІЧ термометрії було введення селективної фільтрації вхідного ІЧ сигналу, що стало можливим завдяки наявності більш чутливих детекторів та більш стабільних підсилювачів сигналу. Враховуючи, що для раннього ІЧТ необхідний широкий спектр інфрачервоного випромінювання, щоб отримати ефективний вихід детектора, сучасні ІЧТ мають спектральні відповіді лише 1 мікрон. Потреба в ізолюваних та вузьких спектральних реакціях пов'язана з тим, що часто необхідно переглянути певну форму атмосферної або іншої інтерференції у вигляді виду або фактично отримувати вимірювання газу або іншої речовини, яка є прозорою для широкої смуги інфрачервоної енергії.

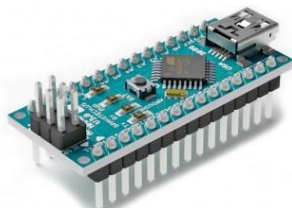
Основними елементами створеної нами конструкції ІЧТ є (рис. 1): інфрачервоний датчик MLX90614 (а), дисплей Nokia 5110 LCD (б) та платформа Arduino Nano (в).



а



б



в

Рис. 1. Основні елементи створеного ІЧТ

Нами з'ясовано, що одно- та двозонний пристрій MLX90614(MLX) – це ІЧТ для безконтактного вимірювання температури. MLX об'єднує два чіпи Melexis у пакеті TO-39: ІЧ детектор термопари MLX та кондиціонер сигналів, спеціально розроблений для обробки виходу ІЧ датчика MLX (рис. 1, а). MLX має заводське калібрування у широких діапазонах температур: від -40 до 125°C для температури навколишнього середовища, і від -70 до 382,2°C для температури об'єкта. MLX вимірює середні температури всіх об'єктів у полі зору датчика зі стандартною точністю $\pm 0,5^\circ\text{C}$ відносно кімнатної температури. Спеціальна версія для медичних застосувань доступна з точністю $\pm 0,1^\circ\text{C}$ в обмеженому температурному діапазоні близькому до температури тіла людини (<https://arduino.ua/prod1431-modul-beskontaktnogo-termmetra-mlx90614>). Також в якості детектора температури можуть бути використані датчики інших виробників як, наприклад, [4] або [5].

Модульний дисплей Nokia 5110 LCD (рис. 1, б) складається з друкованої плати, на якій розміщується рідкокристалічний індикатор Nokia 5110, який містить контролер PCD8544 фірми Philips PCD8544. Для з'єднання модуля з іншими пристроями плата містить вилку з'єднувача і отвори для припаювання проводів. Також є чотири настановних отвори, розташовані по кутах плати. Монохроматичний дисплей Nokia 5110 LCD (blue screen) має підсвічування синіми світлодіодами. Екран з роздільною здатністю 84x48 пікселів дозволяє виводити символи і графічну інформацію із задовільною якістю.

Arduino Nano v.3 (рис. 1, в), створений фірмою Gravitech, відноситься до класу основних модулів конструктора Arduino (<https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328-p-20au-s-kabelem-mini-usb-i-raspayannimi-razyomami>). Пристрій містить центральний мікроконтролер. Nano, призначений для інженерів, виробників електроніки, студентів, радіоаматорів і всіх тих, хто любить захоплюючі подорожі у світі кібернетики. Зібрані системи з конструктора Arduino оцінюють навколишнє середовище, отримуючи інформацію від різних датчиків, впливають на навколишній простір за допомогою світлодіодів, динаміків і двигунів. Arduino Nano здатні функціонувати автономно або у комплексі з персональним комп'ютером та іншими приладами, підключеними за допомогою стандартних інтерфейсів. Головний компонентом, заради якого створено модуль Arduino Nano v.3 є мікроконтролер ATmega328 фірми Atmel (<https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328-p-20au-s-kabelem-mini-usb-i-raspayannimi-razyomami>). Він під управлінням записаної в нього програми керує роботою приєднаної до модуля периферії і обробляє інформацію, що надходить від датчиків та з інтерфейсів.

Застосування Arduino для створення ІЧТ нами було реалізовано на основі підходів, описаних в [3] і [6].

Внутрішній вигляд створеного і зібраного нами приладу ІЧТ на основі Arduino Nano показано на рис. 2. Було використано пластиковий корпус, а джерелом живлення є батарея (li-ion battery). Фокусна відстань датчика 0,3–0,4 м і регулюється за допомогою перемикача, розташованого на передній панелі приладу.

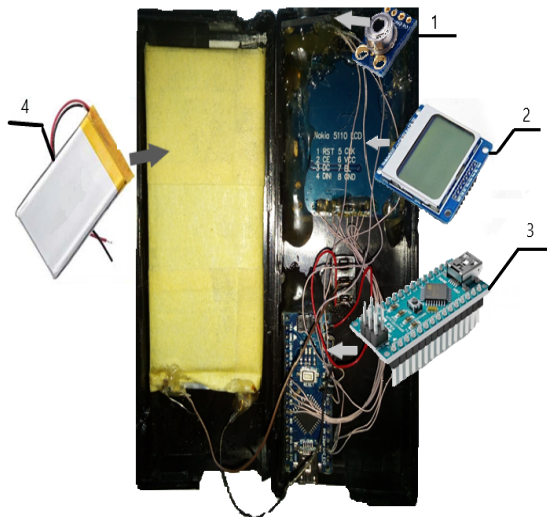


Рис. 2. ІЧТ на основі Arduino Nano: 1 – датчик MLX90614, 2 – LCD дисплей Nokia 5110, 3 – платформа Arduino nano, 4 – літій-іонна батарея 3.7В

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. Необхідно зазначити, що пірометри знаходять з кожним роком все більш широке застосування в самих різних галузях промисловості і наукових дослідженнях. Причому в багатьох випадках застосування їх виявляється не тільки кращим у порівнянні з контактними засобами вимірювання температури, а й єдиною можливістю. Основними недоліками пірометричних вимірювань температури є труднощі зв'язку між термодинамічною температурою об'єкта і тією, що реєструється пірометром. Необхідно враховувати: зміну випромінювальної здатності поверхні від довжини хвилі в реєстрованому спектральному діапазоні і від температури у діапазоні вимірювань, наявність поглинання випромінювання в середовищі між пірометром і об'єктом контролю, геометричні параметри поля зору пірометра і його оптичної системи, температуру навколишнього середовища і корпусу приладу.

У процесі конструювання пірометра на основі Arduino Nano виникали труднощі з програмуванням мікроконтролера (для цього необхідний був програматор). Також певні складнощі виникали у процесі електромонтажу, що потребувало наявності спеціального обладнання (паяльної станції). Існує необхідність, на наш погляд, у створенні можливості для заряджання батареї через mini-USB роз'єми, або реалізувати живлення за допомогою батареї «Крона» на 9 В.

Основним нашим завданням на майбутнє є модернізація приладу з метою реалізації можливості

онлайн моніторингу температур упродовж тривалих досліджень. А також збереження вимірних значень у масиві та створення графіків, які б наочно демонстрували умови протікання досліджуваних процесів, наприклад, дистанційне спостереження через смартфон за довготривалим експериментом на відстані, що значно економить час та ресурси). Без сумніву перспективним є створення «розумного» датчика, який буде передавати отримані експериментальні дані через інтернет з'єднання.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Гордов А. Н. Основы пирометрии / А.Н. Гордов. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
2. Кадышевич А. Е. Современное состояние и пути развития оптической пирометрии пламени [Электронный ресурс] / А. Е. Кадышевич // УФН 76 683–710. – 1962. – Режим доступа: <https://ufn.ru/ru/articles/1962/4/c/>.
3. Arduino Based IR Thermometer with TFT Display and TMP006 [Электронный ресурс] // Arduino project hub. – 2017. – [Online]. Available: https://create.arduino.cc/projecthub/antiElectron/arduino-based-ir-thermometer-with-tft-display-and-tmp006-30a1ef?ref=search&ref_id=infrared%20thermometer&offset=0.
4. Grove – Infrared Temperature Sensor Introduction [Online]. Available: http://wiki.seeed.cc/Grove-Infrared_Temperature_Sensor/
5. IR temperature sensor [Online]. Available: <http://www.instructables.com/id/IR-Temperature-Sensor/>
6. Principles of Non-Contact Temperature Measurement [Online]. Available: <https://www.omega.com/technical-learning/infrared-temperature-measurement-theory-application.html>

REFERENCES

1. Gordov, A. N. (1971) *Osnovy pyrometrii* [Fundamentals of Pyrometry]. Moscow.
2. Kadyshевич, A. E. (1962) *Sovremennoye sostoyaniye i puti razvitiya opticheskoy pirometrii plameni* [Current state and ways of development of optical flame pyrometry] [Online]. Available: <https://ufn.ru/ru/articles/1962/4/c/>
3. Arduino Based IR Thermometer with TFT Display and TMP006 [Электронный ресурс] // ARDUINO PROJECT HUB. – 2017. – URL : https://create.arduino.cc/projecthub/antiElectron/arduino-based-ir-thermometer-with-tft-display-and-tmp006-30a1ef?ref=search&ref_id=infrared%20thermometer&offset=0.
4. Grove - Infrared Temperature Sensor Introduction [Online]. Available: http://wiki.seeed.cc/Grove-Infrared_Temperature_Sensor/.
5. IR temperature sensor [Online]. Available: <http://instructables.com/id/IR-Temperature-Sensor/>
6. Principles of Non-Contact Temperature Measurement. [Online]. Available: <https://www.keller-its.com/application/principles-infrared-temperature-measurement.php>.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СЛІПУХІНА Ірина Андріївна – доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету.
Наукові інтереси: теорія і методика навчання фізики і технічних дисциплін, дидактика STEM освіти.
ЦІМБАЛЮК Іван Сергійович – студент Національного авіаційного університету.
Наукові інтереси: прикладна фізика.

КЛЮЧЕНКО Іван Ігорович – студент
Національного авіаційного університету.
Наукові інтереси:: прикладна фізика.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

SLIPUKHINA Iryna Andriivna – Doctor Habilitat
(social sciences), Associate Professor, Professor of General
Physics Department, National Aviation University, Kyiv,
Ukraine.

Circle of scientific interests: theory and methods of
teaching physics and technical disciplines, didactics STEM
education.

TSYMBALIUK Ivan Serhiiiovych – student of the
National Aviation University.

Circle of scientific interests: Applied Physics.

KLIUCHENKO Ivan Ihorovyich – student of the
National Aviation University.

Circle of scientific interests: Applied Physics.

Дата надходження рукопису 15.04.2018 р.

Рецензент – д.пед.н., професор М.І. Садовий

УДК 53 (07)

СЛЮСАРЕНКО Віктор Володимирович –

кандидат педагогічних наук,
головний спеціаліст відділу освіти, молоді та спорту
Знам'янської районної державної адміністрації
ID ORCID: 0000-0001-6958-8090
e-mail: sportkr1@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ ТА ЇЇ СКЛАДОВІ

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Нинішній стрімкий розвиток науки потребує підвищення якості освіти, що надається громадянам. Це і спрямований Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. Соціально-економічні вимоги суспільства до системи освіти нині сформульовані як завдання створення умов для: всебічного і гармонійного розвитку особистості, як індивіда і члена суспільства, становлення і відтворення у підростаючого покоління соціальної, національної і світової культури, формування ціннісної системи, що базується на загальнолюдських і загальнокультурних цінностях; освіти, за якої передбачає формування в особистості певних здатностей до соціально значимих видів діяльності, що забезпечують її конкурентоздатність на ринку праці і, таким чином, можливість активної участі громадянина в соціально-економічному напрямку розвитку суспільства.

Проблеми підготовки компетентних фахівців постали перед людством давно. Займаючись організацією освіти і маючи свої пріоритетні завдання, ще у Стародавньому Єгипті, Стародавній Греції ставили за мету навчити філософії, суспільствознавству, математиці, астрономії та сформувати компетентність управління, громадянську компетентність. Із когорти компетентностей виокремлюється експериментальна, яка є однією з основних при вивченні фізики.

Аналіз актуальних досліджень і публікацій.

Ідея формування експериментальних компетентностей пов'язана з розвитком дослідницьких методів навчання, які розробляли В.І. Андрєєв [3], І.Я. Лернер [5], А.М. Матюшкін [5] та М.М. Скаткін [7]. Аналіз праць М.Ю. Галатюка [1], В.О. Демкової [2], В.Ф. Заболотного [2] та Т.О. Олефіренка [5] дозволило зробити вагомі висновки щодо методики формування експериментальних компетентностей.

Мета статті: проаналізувати структуру експериментальної компетентності та питання методики формування експериментальних компетентностей.

Методи дослідження. У процесі дослідження нами використовувалися теоретичні та емпіричні методи дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. У ХХ столітті в роботу освітніх закладів розпочалося запровадження парадигми компетентнісного підходу навчання, формування науково-обґрунтованих понять «компетентність» та «компетенції».

Компетентність визначається як сукупність знань, умінь та навичок і певний досвід їх використання для реалізації потенційних можливостей особистості [3, с. 74]. Поняття «компетентність» включає і когнітивний компонент. Він окрім певного освітнього об'єму знань, вмінь й навичок включає також емоційну складову, яка ґрунтується на двох специфічних аспектах: сформованості мотиваційних установок та усвідомленні мети власної діяльності. Компетентнісна особа – це така особа, коли вона здатна дати результат внаслідок її діяльності, настільки вона здатна розв'язувати практичні завдання, настільки її діяльність ефективна.

Сукупність особистих якостей, знань, умінь, навичок, способів дій, які необхідні для продуктивної діяльності утворюють компетенції. Тоді під компетентністю ми розуміємо здатність учня володіти компетенціями: ціннісними, змістовими, загальнокультурними, особистісного самовдосконалення. «Компетенція є нормативною, ідеальною метою освітнього процесу, що моделює якості випускника, а компетентність – його результатом, рівнем прояву (сформованості). Поняття «компетенція» пов'язане зі змістом сфери діяльності, а «компетентність» – з особистістю, із здатністю особи ефективно діяти у стандартних і нестандартних ситуаціях».

На засадах компетентнісного підходу під методичною системою навчання фізики