

4. Божинова Ф.Я. Фізика. 8 клас. Підручник/ Ф.Я. Божинова, І.Ю. Ненашев, М.М. Кірюхін. – Х.: Ранок-НТ, 2008. – 256 с.
5. Методика навчання фізики у старшій школі: навч. посіб./ [В.Ф. Савченко, М.П. Бойко, М.М. Дідович та ін.]; за ред. В.Ф. Савченка. – К.: ВЦ «Академія», 2011. – 296 с. – (Серія «Альма-матер»).
6. Онишків З.М. Індивідуалізація навчального процесу як науково-педагогічна проблема/ З.М. Онишків// Наукові записки ТДПУ: Педагогіка. – 2002. - №9. – С.6-9.
7. Поняття маси в шкільному курсі фізики: зб. наук. Праць студентів і молодих науковців «Фізика. Новітні технології навчання»/ Наук. ред. С.П. Величко. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2010. – Вип. 8. – 230 с.
8. Сучасний тлумачний словник української мови: 60000 слів / За заг. ред. д-ра філол. наук, проф. В.В. Дубічинського. – Х.: ВД «ШКОЛА», 2007. – 832 с.
9. Яціцька Л. Основні напрямки реалізації професійних якостей учителя в умовах індивідуалізації навчання фізики// Фізика та астрономія. – 2000. - №2. – С.2-4.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Форкун Наталія Володимирівна** – аспірант кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка  
*Коло наукових інтересів:* методика навчання механіки.

## ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТРУКТУРУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В КУРСІ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ

**Олег ЦАРЕНКО**

*Розглядається розробка та впровадження технології структурування навчального матеріалу в курс фізики напівпровідників, що підвищує інтерес до її вивчення та сприяє активізації самостійної дослідницької діяльності студентів.*

*The development and implementation of technology-ual structured teaching material in the course of Semiconductor Physics, increasing its interest to study and promote revitalization of the research activities of students.*

**Постановка проблеми.** На даний час університетська фізична освіта знаходиться в процесі значних перетворень, мета яких – підняти його на новий якісний рівень, відповідний новим умовам і вимогам сучасного стану науки.

У педагогічних дослідженнях неодноразово вивчалось питання відомого протиріччя між лідируючою, за обсягом досліджень і практичною значущістю результатів, роллю фізики напівпровідників у всьому комплексі фізичних досліджень і тим місцем, яке вона займає в навчальних курсах студентів-фізиків педагогічних вищих навчальних закладів (ВНЗ). Навчання майбутніх спеціалістів та магістрів за спеціальностями 7(8).04020301 Фізика \* передбачає вивчення ними слідом за загальним та теоретичним курсами фізики спеціальних фізичних дисциплін, які повинні давати адекватне уявлення про фізику твердого тіла, фізику напівпровідників і фізику напівпровідникових приладів як сучасних галузей знань, котрі інтенсивно розвиваються. Постанова таких спецкурсів вимагає розробки відповідної методики навчання, включаючи інновації в змісті курсу та технології організації навчального процесу.

**Мета дослідження** – розробка та впровадження технології структурування навчального матеріалу в методику вивчення явищ, які виходять за межі зонної теорії, що відповідає сучасному стану фізики напівпровідників і вимогам дослідницької орієнтації навчального процесу.

Для магістрів-фізиків у нашому університеті вже багато років читається інтегрований курс «Фізика напівпровідників та напівпровідникових приладів» (ФННП). У даному курсі розглядаються основні риси фундаментальних квантово-механістичних процесів у напівпровідниках, які тісно пов'язані з прикладними аспектами використання найбільш поширених напівпровідників. На основі зонної теорії твердих тіл розглядаються фізико-хімічні основи теорії напівпровідників, значна увага приділяється фізичним принципам роботи та функціональним можливостями найпоширеніших напівпровідникових приладів.

Звичайно ж, провідною формою організації навчального процесу при вивченні даної дисципліни залишається лекція, оскільки:

–з окремих актуальних тем курсу відсутній матеріал у відомих підручниках та посібниках і лекція є основним джерелом інформації;

–навчальний матеріал з деяких тем не знайшов ще відбиття в існуючих підручниках, а деякі його розділи застаріли;

–окремі теми підручника достатньо складні для вивчення й вимагають методичної переробки лектором.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У зв'язку з цим при підготовці до лекції виникає потреба в пошуку нових методичних підходів, одним з яких є відбір і структурування навчального матеріалу. А.М. Сохор [1] вважає, що один і той же матеріал може бути викладено в різній структурі, причому з точки зору обґрунтованості, доказовості міркувань всі ці способи викладання можуть виявитися одноцінними, а дидактичні якості будуть різними. Таким чином, процес викладання має супроводжуватись переконструюванням навчального матеріалу, тобто наданням йому такої структури, яка сприяла б його більш ефективному засвоєнню.

Зміст «структурування», як зазначено в [1,2], – це процедура, за допомогою якої складові елементи змісту навчального матеріалу (поняття, закони, ідеї, принципи, способи їх передачі тощо) вибудовуються в певних зв'язках і відносинах, що відображають:

–логіку процесу пізнання і його результати;

–технологію процесів розпізнавання явищ, їх впорядкування та систематизацію;

–виявлення і пояснення сутності явищ.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Важливим у структуруванні та подальшому викладенні навчального матеріалу є процес виділення його складових елементів. У даній роботі розглянуто можливі структура та зміст лекції на тему «Напівпровідникові прилади з вольт-амперною характеристикою S-типу», яка завершує курс ФННП, містить значний обсяг нового матеріалу та носить оглядово-узагальнювальний характер. Дана тема відноситься до категорії актуальних, оскільки розглядає специфічні властивості геретопереходів, які все більше використовуються в промислових зразках напівпровідникових приладів і вимагає від лектора опрацювання наукової літератури значного періоду (за останні 50–60 років), оскільки комплексно така тема не розглядається у жодному із сучасних навчальних посібників.

До змісту даної теми навчальною програмою включено два основні питання, які нами структуровані у логічно завершенні блоки:

1. Інжекційні S-діоди: вольт-амперна характеристика (ВАХ); механізм формування ділянки з негативним диференціальним опором (НДО); S-діоди на гетеропереходах; вплив оптичного випромінювання та інших зовнішніх впливів на ВАХ S-діода.

2. Лавинні S-діоди: ВАХ; механізм формування ділянки НДО; сучасні досягнення в застосуванні S-діодів.

Для прикладу розглянемо можливий зміст першого питання лекції, розробленої відповідно до технології структурування навчального матеріалу.

**Вступ.** S-діоди – це напівпровідникові прилади, дія яких заснована на S-подібній вольт-амперній характеристиці, на якій є одна або декілька ділянок з негативним опором. У напівпровідникових приладів існує два типи нелінійних вольт-амперних характеристик. Один з них характеризується N-подібною формою (тунельний діод, Ганна-діод), інший – S-подібною (лавинні та лавинно-інжекційні діоди).

Напівпровідникові прилади, на статичній вольт-амперній характеристиці яких є ділянки з негативним диференціальним опором S-типу ( $dU/dI < 0$ ) стали відомими ще у 50-х роках минулого століття та володіють широким набором функціональних можливостей. Завдяки наявності внутрішнього зворотного зв'язку на їх основі можна створювати радіотехнічні пристрої зі значно меншим числом елементів, ніж на основі інших приладів. Наприклад, для створення генератора змінного струму на основі приладу з вольт-амперною характеристикою S-типу досить паралельно йому під'єднати ємність певної величини. Для вирішення цієї ж

задачі за допомогою біполярного транзистора необхідна ємність, індуктивність і коло зворотного зв'язку.

S-діоди з *p-n*-переходом за принципом дії можна розділити на два типи – це, по-перше, інжекційні S-діоди, які працюють при прямому зсуві в режимі високого рівня інжекції носіїв заряду в базу. Основоположні роботи з теорії та створення цього типу приладів виконані В.І.Стафесєвим і його учнями [3]. Другий тип S-діодів можна назвати лавинними S-діодами, оскільки вони працюють при зворотному зсуві в режимі розвинуеного лавинного пробою. Практично всі теоретичні роботи та розробка технології одержання таких приладів також належать вітчизняним вченим [4,5]. У 1970 році з'явилися перші повідомлення про те, що на зворотній вітці ВАХ  $\pi-v-n$ -структур, отриманих дифузією Fe в GaAs *n*-типу, спостерігається ділянка з НДО S-типу [6]. Аналогічне явище в області низьких температур пізніше було встановлено і для діодних структур, отриманих дифузією Mn в GaAs *n*-типу [5]. Такий же ефект дає компенсація бази діода на основі *n*-GaAs й іншими перехідними елементами (наприклад, Cu, Cr тощо) [7].

**Актуалізація знань студентів.** Залежність інжекційного струму в напівпровідниковому діоді від напруги при досить високому рівні інжекції носіїв заряду в базу класично описується виразом  $I = I_o \exp(\frac{eU}{C_o kT})$  [8]. З цього слідує, що чим більше значення довжини

дифузії носіїв струму  $L = L_p [2b_o / (b_o + 1)]^{1/2}$ , тим менше  $C_o$  – ємність *p-n*-переходу і тим різкіше  $I$  повинно зростати при збільшенні  $U$  (рис.1).

**Методика вивчення нового матеріалу.**

1). Проведемо аналіз рис.1, з якого видно, що саме збільшення  $L_p$  в деякому інтервалі струмів від  $L_{p1}$  до  $L_{p2}$  призведе до утворення на ВАХ діода ділянки з НДО S-типу. Дійсно, при  $I \leq I_1 \Rightarrow L_p = L_{p1}$ , тому ВАХ йде кривою 1, а при  $I \geq I_2 \Rightarrow L_p = L_{p2}$  – ВАХ зображується кривою 2. Отже, в інтервалі зміни струмів від  $I_1$  до  $I_2$  здійснюється перехід від кривої 1 до кривої 2.

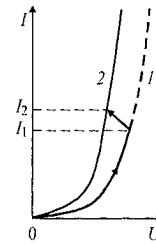


Рис.1.

2). З'ясуємо причину виникнення ВАХ S-типу з точки зору зонної

теорії. Зростання дифузійної довжини дірок  $L_p = \sqrt{(D_p \tau_p)}$  в

базі діода при підвищенні рівня інжекції носіїв може бути викликаний збільшенням часу життя дірок або їх рухливості.

Для якісної ілюстрації цих положень розглянемо випадок, коли рекомбінаційні рівні ( $E_t$ ) в базі діода розташовуються нижче рівня Фермі (рис. 2), а тому в термодинамічно рівноважних умовах повністю заповнені електронами, а їх заряд компенсується зарядом дрібних донорів. У цій ситуації при малому рівні інжекції дірок

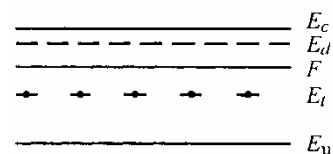


Рис.2.

в базу діода їх час життя  $\tau_p = (\gamma_p \bar{v}_p N)^{-1}$  досить малий через велике значення поперечного перерізу захоплення дірок  $\gamma_p$  на негативно заряджені рекомбінаційні рівні.

Кількість актів захоплення дірок в одиницю часу в одиниці об'єму напівпровідника на зайнятий електроном рекомбінаційний центр зростає в міру підвищення рівня інжекції  $K = \gamma_p \bar{v}_p p$ . Це в свою чергу призводить до того, що, починаючи з деякого значення струму  $I_1$  в області бази, що безпосередньо прилягає до *p-n*-переходу (в шарі товщиною порядку  $L_p$ ), рекомбінаційні центри виявляються в нейтральному стані. Концентрація дірок

тут настільки велика, що як тільки в рекомбінаційному центрі з'явиться електрон, він практично миттєво рекомбінує з діркою. Час життя дірок в цьому шарі бази збільшується, оскільки він лімітується величиною поперечного перерізу захоплення електрона на порожній рекомбінаційний центр, тому  $\gamma_n \ll \gamma_p$ .

Збільшення  $\tau_p$ , а отже, і  $L$  при  $I > I_1$  викличе підвищення кількості дірок  $\Delta p$ , яке дорівнює надлишковій концентрації електронів  $\Delta n$ . У результаті зменшиться опір бази діода і спад напруги на ньому, а падіння напруги на  $p$ - $n$ -переході збільшиться при незмінній загальній напрузі  $U = U_{p-n} + U_\delta$ . Зростання  $U_{p-n}$  призведе до збільшення рівня інжекції дірок, перезарядки рекомбінаційних центрів в більш протяжному шарі бази, збільшення  $\Delta p$  в ньому. Таким чином, за рахунок збільшення  $\tau_p$  при підвищенні рівня інжекції виникає позитивний зворотний зв'язок, завдяки якому опір діода настільки різко зменшується, що зростання сили струму супроводжується зменшенням падіння напруги.

3). *Важливо розглянути й інший варіант.* Якщо розсіювання носіїв заряду на іонізованих центрах відіграє істотну роль у визначенні рухливості в розглянутому діапазоні температур, то перезарядка центрів (їх нейтралізація) за рахунок інжекції дірок в базу призведе до збільшення дрейфових рухливостей носіїв  $\mu_n, \mu_p$ , питомої провідності  $\gamma$  і дифузійної довжини носіїв  $L$ . А це, в свою чергу, викличе появу на вольт-амперній характеристиці ділянки з НДО S-типу.

4). *Аналіз можливої ВАХ S-типу для гетеропереходів.* За рахунок перезарядки рекомбінаційних рівнів ділянка з НДО S-типу може утворитися і на ВАХ  $p^+n-n^+$ -структури, яка працює в режимі подвійної інжекції. Як і в попередньому випадку, вважаємо, що рекомбінаційні рівні розташовуються нижче рівня Фермі. Крім того, припустимо, що відношення довжини  $n$ -області до дифузійної довжини настільки велике, що ВАХ можна описати в суто дрейфовому наближенні. Час життя дірок в  $n$ -області розглянутої структури малий, оскільки вони рекомбінують поблизу  $p^+n$ -переходу. Така ситуація зберігається до тих пір, поки рівень інжекції носіїв у  $n$ -область не перевищить деякої величини. Навпаки, час життя електронів практично нескінченний, тому немає вільних рекомбінаційних рівнів, які могли б їх захопити. Електрони дрейфують через всю  $n$ -область і рекомбінують з дірками поблизу  $p^+n$ -переходу.

У випадку, коли ступінь компенсації бази діода досить великий ( $N_d \cong N_a$ ) і наявністю рівноважних носіїв заряду в ній можна знехтувати ( $n_0 \ll N_i$ ), в області напруг менших деякого порогового значення  $U_n$  через  $p^+n-n^+$ -структуру буде текти електронний струм, обмежений об'ємним зарядом, коли  $I \sim \mu U^2 / W^3$ , де  $W$  – товщина бази діода. Положення різко зміниться при  $U = U_n$ , коли час дрейфу дірок через  $n$ -область зрівняється з їх часом життя  $\tau_p = W^2 / \mu_p U_n$  [9]. При цьому дірки проникають вглиб бази та нейтралізують центри рекомбінації. У результаті час життя дірок при високому рівні інжекції стане рівним часу життя електронів при порожніх рекомбінаційних центрах, тобто  $\tau_p = \tau_n = \tau_\infty = (\gamma_n \bar{v}_n N_i)^{-1}$ . Струм монополярної інжекції електронів в базу в міру збільшення рівня інжекції замінюється на струм подвійної інжекції (електронів і дірок). Внаслідок цього опір діодної структури зменшується настільки сильно, що на ВАХ виникає ділянка з НДО S-типу (рис. 3). В кінці ділянки ВАХ з НДО при мінімальному падінні напруги на діодній структурі ( $U_M$ ) час дрейфу дірок дорівнює часу життя дірок, але вже при незаповнених центрах рекомбінації, тобто  $W^2 / \mu_p U_M \cong \gamma_n \bar{v}_n N_i$ . Таким чином,  $U_n / U_M \cong \gamma_p \bar{v}_p / (\gamma_n \bar{v}_n)$ .

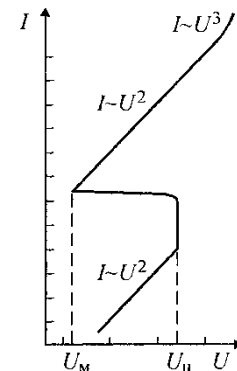


Рис.3.

Ділянка ВАХ після перемикавання структури в стан з малим опором відповідає режиму подвійної інжекції носіїв заряду в  $n$ -область. При високому рівні інжекції електрони з рекомбінаційних рівнів переходять в зону провідності (у зоні провідності з'явиться стільки електронів, скільки дірок пішло на нейтралізацію рекомбінаційних центрів), і база діода перетворюється на напівпровідник з рівноважною концентрацією електронів  $n_o = N_I$ . В області ще більш високих рівнів інжекції, коли  $n_o = p \gg N_I$ , можлива поява ділянки ВАХ, що відповідає режиму подвійної інжекції носіїв заряду в діелектрик  $I \sim U^3$ .

5). *Бажано розглянути випадок*, коли  $N_d < N_a$  і концентрацією рівноважних носіїв нехтувати не можна, а рекомбінаційні рівні знаходяться поблизу від рівня Фермі а, отже, лише частково заповнені електронами. *Цей варіант цікавий тим, що* рекомбінаційний бар'єр існує, як для дірок, так і для електронів. Для такої моделі  $p^+n-n^+$ -структури при низькій напрузі ВАХ підкоряється закону Ома, тобто  $I \sim \mu_p U / W$ . На відміну від попереднього випадку, інжектвані в базу діода електрони захоплюються порожніми рекомбінаційними центрами, тому на ВАХ відхилення від закону Ома спостерігається, починаючи з деякої напруги  $U_\alpha$ , для якої час дрейфу електронів через  $n$ -область співпадає з їх часом життя  $W^2 / \mu_n U_\alpha \cong \tau_n$ . При цьому залежність струму від напруги стає квадратичною, а подальший хід ВАХ буде таким же, як і в попередньому випадку.

6). *Експериментальне підтвердження розглянутої теорії.* Дійсно, на прямій ВАХ ділянки НДО S-типу спостерігались для діодних структур з Ge, Si, GaAs, InAs база яких була частково компенсована домішками з глибокими рівнями (Au, Cu, Mn, Fe, Cr та інші) [5,7,9]. Причому спеціальні дослідження показали, що в деяких випадках виникає шнуровання струму в базі діодів. При цьому вид ВАХ частково спотворюється, наприклад, на ВАХ  $p^+n-n^+$ -структури слідом за ділянкою НДО з'являється ділянка зростання струму при майже постійній напрузі, а потім струм збільшується за ступеневим законом  $I \sim U^n$ , де  $n = 1,5 \div 1,9$  [10].

7). *Важливим елементом даного питання є вплив оптичного випромінювання на базову область S-діода коли спостерігається зміна його ВАХ:* суттєво зростає сила струму і зменшується напруга перемикавання  $U_n$ . Цей факт пояснюється тим, що в області власного поглинання світла підвищується концентрація носіїв у базі діода і знижується її опір. Внаслідок цього зростає падіння напруги на  $p$ - $n$ -переході та збільшується інжекційний струм, що, в свою чергу, зменшує опір бази. Поглинання світла в домішковій частині спектру змінює заселеність рекомбінаційних центрів електронами і, отже, час життя надлишкових носіїв і біполярну рухливість, що призводить до наслідків, аналогічних попередньому випадку. Таким чином, інжекційні S-діоди можна використовувати для створення високочутливих фотоприймачів як в області власного, так і домішкового поглинання. Різкий спад  $U_n$  при освітленні дозволяє використовувати інжекційні S-діоди і як фотореле [11].

*Гідростатичний тиск* також змінює концентрацію носіїв і заселеність рекомбінаційних рівнів електронами в базовій області, тому інжекційні S-діоди можна використовувати і як датчики тиску. Істотним недоліком інжекційних S-діодів є той факт, що час їх перемикавання зі стану з високим опором в стан з малим опором порівняно великий. Його мінімальне значення становить приблизно  $10^{-6}$  с [12].

Аналогічним чином слід розглянути й друге питання, структура якого запропонована вище.

*Загальні висновки лекції повинні не лише підвести підсумок, а й сформулювати проблему, розібратись в якій пропонується студентам самостійно.* Наприклад у такій формі: На закінчення відзначимо, що в діодах з високою базою, але з малою концентрацією глибоких рівнів може бути реалізованим механізм формування ділянки ВАХ з НДО S-типу, пов'язаний зі зміною профілю розподілу  $E$  в ОПЗ  $p$ - $n$ -переходу за рахунок появи великої концентрації вільних носіїв при лавинному пробі. Однак густина струму перемикавання  $j \cong e(N_d - N_a)v_{др}$  в таких S-діодах буде велика, і в залежності від концентрації

нескомпенсованих донорів ( $N_d - N_a$ ) може становити  $10^3 - 10^4$  А/см<sup>2</sup>. Для реалізації цього механізму перемикання лавинного S-діода швидкість підвищення напруги на ньому повинна бути настільки велика, щоб теплові ефекти не відігравали помітної ролі. В протилежному випадку лавинний пробій трансформується в тепловий і на ВАХ з'явиться ділянка з НДО, але вже з іншої причини – *пропонується за вказаною літературою дослідити даний висновок.*

**Висновки.** Розглянута структура та зміст лекції на тему «Напівпровідникові прилади з ВАХ S-типу», яка відповідає сучасному стану фізики напівпровідників, формує дослідницьку діяльність студентів та розроблена згідно технології структурування навчального матеріалу.

Аналіз результатів дослідження показав, що застосування такої технології дозволяє зробити зміст фізики напівпровідників доступнішим для студентів, при цьому зростає інтерес до предмету, що свідчить про зв'язок мотивації та рівня сприйняття. Розуміння змісту дисципліни обумовлює підвищення інтересу до її вивчення, а отже сприяє активізації самостійної дослідницької діяльності в більшій мірі, ніж традиційні форми навчання.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа/ Сохор А.М. – М.: Педагогика, 1974. – 192 с.
2. Михнина Н.В. Способы структурирования учебного материала как условие развития внимания/ Н.В. Михнина // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – №7. – С. 71-73.
3. Стафеев В.И. Влияние сопротивления толщины полупроводника на вид вольт-амперной характеристики диода/ В.И. Стафеев // ЖТФ. – 1958. – Т.28. – №8. – С. 1631–1837.
4. Стриха В.И. Контактные явления в полупроводниках/ Стриха В.И. – Киев: Высшая школа, 1982. – 220 с.
5. Гаман В.И. Вольт-амперные характеристики диодных структур на основе арсенида галлия, компенсированного марганцем или железом В.И. Гаман //Изв. Вузов. Физика. – 1983. – №10. – С. 79–95.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов / Зи С. – М.: Мир, 1984. – Т.1. – 453 с.; Т.2. – 448 с.
7. Овсяк В.Н. Электронные процессы в полупроводниках с областью пространственного заряда/ Овсяк В.Н. – Новосибирск: Наука, 1984. – 253 с.
8. Викулин И.М Физика полупроводниковых приборов/ И.М. Викулин, В.И. Стафеев – М.: Радио и связь, 1990. – 220 с.
9. Гаман В.И. Переходные процессы в плоскостных диодах при прохождении импульса прямого тока / В.И. Гаман //Изв. вузов. Физика. – 1965. – №6. – С. 27–34.
10. Прудаев И. А. Переключающие лавинные S-диоды на основе GaAs многослойных структур / И.А. Прудаев, С.С. Хлудков [та інш.]// Приборы и техника эксперимента. – 2010, № 4. – С. 68–73.
11. Тугов Н.М. Полупроводниковые приборы/ Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А., Н.А. Чарыков – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 570 с.
12. Гасанов Л.С. Влияние магнитного поля ВАХ p<sup>+</sup>-n-p<sup>+</sup>-структур/ Л.С. Гасанов, И.Н. Горбатый // Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника. – 1979. – в.2 (80). – С.32–40.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Царенко Олег Миколайович** – кандидат технічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* методологічні дослідження навчального процесу, інноваційні педагогічні технології навчання.

## ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ З ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ ЗМІСТОМ ЯК ЗАСІБ МОТИВАЦІЇ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

**Сергій КОНОНЕНКО, Олександр ЧІНЧОЙ**

*У статті розглянуто мотивацію навчальної діяльності учнів у позаурочній роботі за допомогою прикладних задач з електротехнічним змістом.*

*The article reviews the motivation learning activities of students in extracurricular work through applications of electrical maintenance.*

**Постановка проблеми.** Сучасні умови народного господарства зумовлюють нові вимоги до конкурентоспроможності кваліфікованих спеціалістів які здатні швидко пристосовуватись до умов праці, що постійно змінюються. Цього вимагає сьогодення. Особливу роль у підготовці молодого покоління до життя відіграє школа, яка формує фундаментальні знання, необхідні в подальшому навчанні та майбутній професії. За останні роки все більше уваги