

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ  
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»




Затверджую:

Декан факультету  
машинобудування

 Кассов В.Д.

«27» травня 2024р.

Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент

 Разживін О.В.  
«08» травня 2024р.

Розглянуто і схвалено  
на засіданні кафедри автоматизації  
виробничих процесів  
Протокол №\_13 від 06.05.2024р.  
Зав. кафедри

 Марков О.Є.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНО-**  
**ТЕХНОЛОГІЙ»**  
(назва дисципліни)

Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»  
Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка»

Освітній рівень другий (магістерський)

ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Факультет «Машинобудування»  
(назва інституту, факультету, відділення)

Розробник: Тулупенко В.М., доктор фіз.-мат. наук, професор

КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ, 2024

## 1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна	заочна
Кількість кредитів		Галузь знань: «17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації». Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка»	Дисципліна вільного вибору	
3,0	4,5			
Загальна кількість годин				
90	135			
Модулів – 1		ОПП «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 1			1	1
Індивідуальне науково- дослідне завдання —			Семестр	
			2	1
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи студента – 3		Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	Лекції	
			18	—
			Практичні	
			18	4
			Самостійна робота	
			54	131
		Вид контролю		
		Залік		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 36/54

для заочної форми навчання – 4/131

## 2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність вивчення дисципліни «Автоматизація процесів з використанням нано-технологій» у зв'язку з завданням професійної підготовки магістрів за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» полягає в підвищенні ефективності машинобудування, шляхом та практичному використанні при автоматизованому управлінні технологічними процесами.

**Мета викладання дисципліни** – формування у студентів теоретичних знань у студентів нового рівня знань про фізико-хімічні властивості нано-технологій та їх практичному використанні при автоматизованому управлінні технологічними процесами.

Завдання – навчити майбутнього фахівця використовувати сучасні фізико-хімічні властивості нано-технологій та їх практичному використанні при автоматизованому управлінні технологічними процесами.

**Завдання дисципліни** полягає у формуванні здатностей студентів:

**Знати:**

- види наноструктур;
- технології формування наноструктур;
- методи дослідження наноструктур;
- основні властивості наноструктур;
- фулерени;
- інкрементна нанотехнологія;
- нанопроцесорна електронна техніка;
- застосування нанотехнологій у автоматизації технологічних процесів.

**Вміти:**

- розрізняти наноструктури;
- обрати наноструктуру залежно від галузі застосування;
- охарактеризувати наноструктури залежно від їх властивостей;
- використати технології отримання наноструктур;
- використати наноструктури при конструюванні електронної техніки;
- використовувати наноструктури при проектуванні приладів та систем автоматичного керування.

**Передумови для вивчення дисципліни:**

Фізика, Вища математика, Проектування систем автоматизації, Технічні засоби автоматизації, Теорія оптимально управління, Теорія обчислювального інтелекту, Цифрові системи керування та обробки інформації.

**Обсяг навчальної дисципліни** та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг для денної форми навчання становить 90 годин/ 3 кредити, в тому числі: лекції - 18 годин, практичні заняття - 18 годин, самостійна робота студентів - 54 години;

- загальний обсяг для заочної форми навчання становить 135 годин/ 4,5 кредити, в тому числі: практичні заняття - 4 години, самостійна робота студентів - 131 година.

### 3. Програмні результати навчання

Освітня компонента «Автоматизація процесів з використанням нано-технологій» повинна сформувати наступні програмні **результати навчання**, що передбачені Освітньо-професійною програмою підготовки магістрів «Автоматизоване управління технологічними процесами»:

- Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

- Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Автоматизація процесів з використанням нано-технологій» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних **загальних та фахових компетентностей**:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Автоматизація процесів з використанням нано-технологій» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання, які в загальному вигляді можна навести наступним чином:

**У когнітивній сфері** студент здатний:

- усвідомити створення апаратних засобів з використанням нано-технологій з точки зору забезпечення вимогам автоматизованого керування;

- усвідомити спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій;

- докладно продемонструвати вміння виконувати описання конструкції автоматизованого обладнання;

- здійснювати вибір та виконувати розрахунки параметрів технічних апаратних засобів автоматизації;

- докладно продемонструвати знання та вміння розробляти засоби автоматизації з використанням нано-технологій

- здійснити доведення розв'язки завдань до практичних прийнятих рішень при впровадженні відповідних інформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій з застосуванням спеціалізованого математичного інструментарію для дослідження, моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації

**В афективній сфері** студент здатний:

- критично осмислювати лекційний і поза лекційний навчально-практичний матеріал; вільно, компетентно, послідовно та раціонально

будувати власну аргументацію; застосовувати основні підходи проектування сучасних апаратних засобів систем автоматизації;

- успішно розв'язувати прикладні обчислювальні задачі з розрахунку технологічних параметрів апаратних засобів автоматизації в рамках використання персональних комп'ютерів;

- регулярно співпрацювати із іншими студентами та викладачем в процесі обговорення проблемних моментів на лекційних, практичних заняттях, при виконанні та захисті курсового проекту; ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних питань навчальної дисципліни «Методи синтезу апаратних засобів», повною мірою розділяти цінності колективної та наукової етики.

**У психомоторній сфері** студент здатний:

- самостійно аналізувати і оцінювати прикладні математичні методи та комп'ютерні алгоритми чисельного розв'язування завдань;

- застосовувати основні підходи створення апаратних засобів з використанням нано-технологій с точки зору забезпечення вимогам автоматизованого керування;

- застосовувати методики вибору проектування апаратних засобів керування виконавчими механізмами та обробки інформації;

- контролювати результати власних зусиль в навчальному процесі та коригувати (за допомогою викладача) ці зусилля для ліквідації пробілів у засвоєнні навчального матеріалу або формуванні умінь, вмінь та навичок;

- самостійно здійснювати пошук, систематизацію, узагальнення навчально-методичного матеріалу, розробляти варіанти розв'язування завдань й обирати найбільш раціональні з них.

## IV ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 4.1 Денна форма навчання

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекції	2		2		2		2		2		2		2		2		2	
Практ. роботи		2		2		2		2		2		2		2		2		2
Сам. робота	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Консультації				К					К		К				К		К	
Контр. роботи								КР1										КР2
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю		ПР1		ПР2		ПР3		КР1		ПР4				ПР5	ТО2		КР2	ПР6

### 4.2 Заочна форма навчання

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекції																		
Практ. роботи	4																	
Сам. робота	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
Консультації				К					К		К				К		К	
Контр. роботи																		КР1
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю	ПР1,2																	КР1

### Тематичний план

#### Змістовий модуль 1 Види та технології створення наноструктур

##### Тема 1. Види наноструктур [1, 2].

Наноматеріал. Алотропні форми вуглецю. Фулерен та графен. Нанотрубки. Властивості нанотрубок.

##### Практична робота № 1.

##### Тема 2. Технології формування наноструктур [1 – 3].

Вихідні речовини для наноматеріалів. Способи отримання наноматеріалів. Термічне розкладання графіту. Отримання нанотрубок електродуговим методом. Отримання нанотрубок методом хімічного осадження

##### Практична робота № 2.

**Тема 3.** *Методи дослідження наноструктур* [1 – 3].

Скануюча зондова мікроскопія. Тунельний ефект. Скануючий тунельний мікроскоп. Атомний силовий мікроскоп. Кантилевер. Лазерний атомно-силовий мікроскоп. Ближньопольовий оптичного лазерний силовий мікроскоп. Електронна спектроскопія.

*Практична робота № 3.*

**Змістовий модуль 2 Сучасні наноматеріали та їх застосування**

**Тема 4.** *Основні властивості наноструктур* [1, 2].

Зміна фізико-хімічних характеристик матеріалу залежно від розміру структури. Хіральність. Неорганічна фуллереноподібна наноструктура. Механохімічні та трибологічні властивості наноматеріалів. Масштабний ефект.

*Практична робота № 4.*

**Тема 5.** *Фулерени. Інкрементна нанотехнологія* [1, 3].

Структура молекули фулерену. Хімічні властивості фулерену. Інкрементна нанотехнологія

*Практична робота № 5.*

**Тема 6.** *Нанопроцесорна електронна техніка* [1, 2]. Нанозапис інформації та її зчитування. Мікросхеми нанорозмірів. «Розумний пил».

*Практична робота № 6.*

**Тема 7.** *Застосування нанотехнологій у приладобудуванні* [1 – 3].

Використання наноматеріалів для створення приладів автоматизації технологічних процесів.

**Тема 8.** *Перспективи розвитку нанотехнологій* [1 – 3].

Управління наномолекулами. Перспективи розвитку нанотехнологій.

№ з/п	Найменування змістовних модулів і тем	Кількість годин (денна/ заочна)					
		Разом	в т.ч.				
			Л	П	Лаб	СРС	Літ.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Змістовий модуль 1. Види та технології створення наноструктур</b>							
1	<b>Тема 1.</b> Види наноструктур.	10/16	2/0	2		6/16	[1, 2]
2	<b>Тема 2.</b> Технології формування наноструктур.	10/17	2/0	2		6/17	[1-3]
3	<b>Тема 3.</b> Методи дослідження наноструктур.	10/17	2/0	2		6/17	[1-3]
<b>Змістовий модуль 2 Сучасні наноматеріали та їх застосування</b>							
4	<b>Тема 4.</b> Основні властивості наноструктур.	12/21	2/0	4		6/17	[1,2]
5	<b>Тема 5.</b> Фулерени. Інкрементна нанотехнологія.	12/17	2/0	4/2		6/15	[1,3]
6	<b>Тема 6.</b> Нанопроцесорна електронна техніка	20/17	4/0	4/2		12/15	[1,2]
7	<b>Тема 7.</b> Застосування нанотехнологій у приладобудуванні	8/17	2/0			6/17	[1,2]
8	<b>Тема 8.</b> Перспективи розвитку нанотехнологій	8/17	2/0			6/17	[1,3]
Разом годин		90/135	18/0	18/4		54/131	



## Теми практичних занять

Мета практичних робіт - закріплення знань теоретичного матеріалу, здобуття навичок дослідження та розробки цифрових систем керування та обробки інформації.

№ з/п	№ теми	Кількість годин	Найменування роботи	Література
1	13	2	Фулерени	[1], [2]
2	2	2	Одношарові вуглецеві нанотрубки	[1], [3]
3	3	2	Багатошарові вуглецеві нанотрубки та нановолокна	[1], [2], [3]
4	4	4	Дослідження ефекту «Лотоса»	[1], [2], [3]
5	5	4	Дослідження моделі системи нейронних кіл	[12]
6	6	4	Дослідження зміни стану поверхні при нанесенні ПАР	[1], [2], [3]
Усього годин		18		

## Контрольні роботи

Контрольні роботи з теоретичної частини розподілені таким чином:

№ з/п	№ теми	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1-3	Види та технології створення наноструктур	30
2	4-7	Сучасні наноматеріали та їх застосування	30

## Перелік індивідуальних та/або групових завдань

Курсових та розрахунково-графічних робіт у цьому курсі непередбачено; самостійна робота студентів містить наступне:

- проробка лекційного матеріалу згідно з конспектом та літературою;
- підготовка до опитування, контрольних робіт;
- самостійне вивчення частини теоретичного матеріалу згідно з рекомендованою літературою;
- складення конспектів;
- виконання завдань індивідуального характеру.

## V КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

### Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	2	3	4
1	Фулерени	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав дослідження характеристик систем проводить аналіз отриманих результатів, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
2	Одношарові вуглецеві нанотрубки	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав дослідження проводить аналіз за критеріями стійкості, а також навів аргументовані відповіді на запитання викладача та колег.
3	Багатошарові вуглецеві нанотрубки та нановолокна	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав дослідження, а також навів аргументовані відповіді на запитання викладача та колег.
4	Дослідження ефекту «Лотоса»	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав дослідження, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
5	Дослідження моделі системи нейронних кіл	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав індивідуальне завдання з проводить аналіз конструктивних та технологічних особливостей моделі, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача та колег.

1	2	3	4
6	Дослідження зміни стану поверхні при нанесенні ПАР	12	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав дослідження проводить аналіз конструктивних та технологічних особливостей, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
7	Контрольна робота 1 за лекційним матеріалом	14	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
8	Контрольна робота 1 за лекційним матеріалом	14	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
Поточний контроль		100	Студент виконав тестові та розрахунково-графічні індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни «
Всього		100	

**Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів заочної форми навчання**

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Тестова контрольна робота, яка виконується студентом індивідуально в системі Moodle	40	Здобувач вищої освіти виконав тестові завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни
2	Письмовий залік	60	Студент виконав розрахункові завдання білету, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни «Оцінка ефективності проектних рішень»
Всього		100	-

Підсумкові оцінки за семестр в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до таблиці перекладу, яка визначається діючим в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

Рейтингова оцінка	У національній шкалі	У шкалі ECTS
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
65-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

Для отримання позитивної оцінки з дисципліни студент повинен скласти всі модулі та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки. Студент, який на протязі триместру склав всі модулі і набрав не менше 55 балів сумарної оцінки, має право отримати підсумкову оцінку і буди допущений до іспиту.

Результати прийому екзамену оцінюються за 100 – бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів використовується також національна 5- бальна шкала та вищенаведена таблиця перекладу з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

#### **Критерії оцінювання сформованості прогнаних результатів навчання під час підсумкового контролю**

Синтезований опис компетентності	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
1	2
<p>Когнітивні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів розв'язку задач моделювання прикладних наукових досліджень;</li> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів комп'ютерного розв'язку проектування та синтезу апаратних засобів систем автоматизації ;</li> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних обчислювальних</li> </ul>	<p>75-89% – студент припускається незначних помилок у описі прикладних алгоритмів та комп'ютерних методів задач, недостатньо повно визначає прикладний науково-статистичний зміст наукометричних співвідношень, неповною мірою розуміє переваги та недоліки застосованої моделі, припускається несуттєвих фактичних помилок при витлумаченні розрахунково-графічних результатів та визначенні точності досліджування обчислювальних методів</p>

<p>методів та комп'ютерних алгоритмів в рамках практичного застосування програмування програмованих логічних контролерів</p>	<p>60-74% – студент некоректно формулює алгоритми та методи розв'язання практичних задач та робить суттєві помилки у змісті моделювання, припускається помилок при проектуванні власного комп'ютерного алгоритму, присукається грубих помилок у витлумаченні та розрахунках, а також при оформленні практичної роботи</p>
	<p>менше 60% – студент не може обґрунтувати свою позицію посиланням на конкретний алгоритм розв'язання практичних задач, неповно володіє методикою розрахунків, не може самостійно підібрати необхідну елементну базу апаратних засобів для систем автоматизації та розрахункові методи; не має належної уяви про витлумачення одержаних результатів</p>
<p><b>Афективні:</b>  - студент здатний критично осмислювати матеріал лекційних та або лабораторних занять; аргументувати власну позицію, спроможний оцінити аргументованість вимог та компетентно дискутувати у професійному та науковому середовищі;  - студент здатний креативно співпрацювати із іншими студентами та викладачем; ініціювати і брати участь у конструктивній та аргументованій дискусії, розділяти цінності колективної та наукової етики у сфері прикладних загальнонаукових досліджень</p>	<p>75-89% – студент припускається певних логічних помилок в аргументації власної позиції в дискусіях на заняттях та під час захисту лабораторних та індивідуальних розрахункових завдань, відчуває певні складності у поясненні фахівцю та колегам певних подробиць та окремих аспектів професійної проблематики</p>
1	2
	<p>60-74% – студент припускається істотних логічних помилок в аргументації власної позиції, виявляє недостатню ініціативу до участі у дискусіях та індивідуальних консультаціях за наявності складності у виконанні лабораторних та індивідуальних завдань; відчуває істотні складності при поясненні фахівцю або нефахівцю окремих аспектів професійної проблематики</p>
	<p>менше 60% – студент не здатний продемонструвати вільного володіння логікою та аргументацією у виступах, не виявляє ініціативи до участі у професійній дискусії, до консультування з проблемних питань виконання лабораторних та індивідуальних завдань, не здатний пояснити нефахівцю суть відповідних проблем професійної діяльності; виявляє зневагу до етики навчального процесу</p>

<p>Психомоторні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- студент здатний самостійно працювати, розробляти оригінальні варіанти індивідуальних рішень, впевнено та кваліфіковано звітувати про них;</li> <li>- студент здатний спокійно та зосереджено слідувати методичним підходам до прикладних розрахунків;</li> <li>- студент здатний повною мірою контролювати результати власних зусиль та намагатися оптимально коригувати свої власні зусилля</li> </ul>	<p>75-89% – студент припускається певних помилок у стандартних методичних підходах та відчуває ускладнення при їх модифікації за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>60-74% – студент відчуває ускладнення при модифікації стандартних методичних підходів за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>менше 60% – студент нездатний самостійно здійснювати пошук та опрацювання методів та алгоритмів розв'язання задач, виконувати індивідуальні завдання, проявляє ознаки академічної не сформовані навички самооцінки результатів навчання і навичок міжособистісної комунікації з прийняття допомоги з виправлення поточної ситуації не доброчесності при підготовці індивідуальних завдань та виконанні контрольних робіт</p>

## VI ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1	Захист практичних робіт	- опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи; - оцінювання аргументованості звіту лабораторних завдань; - оцінювання активності участі у дискусіях
2	Контрольні роботи	- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання
Підсумковий контроль		- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання

## VII РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Абрамян А.А. Основи прикладної нанотехнології/А.А. Абрамян, В.І. Балабанов, В.І. Беклемишев, Р.В. Вартанов, І.І. Махонін, В.А. Солодовников - М.: МАГІСТР-ПРЕС, 2007. - 208 с.
2. Ратнер М. Нанотехнологія: просте пояснення чергової геніальної ідеї: пер. з англ. / Марк Ратнер, Даніель Ратнер. - М.: Видавничий дім "Вільямс", 2004. - 240 с.
3. Гусев А.І. Наноматеріали, наноструктури, нанотехнології. - М.: Фізмліт, 2005. - 416 с.
4. Лозовик Ю.Є. Утворення та зростання вуглецевих наноструктур - фулеренів, наночастинок нанотрубок та конусів / Ю.Є. Лозовик, А.М. Попов// УФН. - 1997. - Т.167, №7. - С. 715-774.
5. Наноматеріали. Нанотехнології. Наносистемна техніка. Світові досягнення за 2005 рік/За ред. П.П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2006. - 152 с.
6. Dorf R., Bishop R. Modern Control Systems. [Text]. – Addison: Wesley: Prentice Hall, – 2010, – 1104 p.
7. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – 2-е изд. – М.: Техносфера, 2006. – 260 с.

### Додаткова література

8. V. Akimov, D.A. Firsov, C.A. Duques, V. Tulupenko, R.M. Balagula, M. Ya. Vinnichenko, L.E. Vorobjev. Temperature shift of intraband absorption peak in tunnel-coupled QW structure. *Optical Materials*, Volume 66, April 2017, Pages 160–165.
9. V. Tulupenko, R. Demediuk, V. Akimov, C. A. Duque, R. L. Restrepo, O. Fomina, T. Dmitrichenko, A. Tiutunnyk, A. Morales. Background impurity in Si<sub>0.8</sub>Ge<sub>0.2</sub>/Si/Si<sub>0.8</sub>Ge<sub>0.2</sub> n-type QW,  $\delta$ -doped in the center and the edge. // *Phys/ status Solidi B*, V. 254, Issue 4, April 2017- c.1- 6.
10. O. Fomina, V. Tulupenko, R. Demediuk, V. Akimov, C. A. Duque, A.L. Morales and D. Sushchenko; International Conference on Terahertz Emission, X International Conference TOPICAL PROBLEMS OF SEMICONDUCTOR PHYSICS, Truskavets 26-29 June 2018, p.21; “Background impurities and delta-doped QWs”.
11. V. Tulupenko, R. Demediuk, V. Akimov, C. A. Duque, A.L. Morales, D. Sushchenko and O. Fomina; International Conference on Terahertz Emission, X International Conference TOPICAL PROBLEMS OF SEMICONDUCTOR PHYSICS, Truskavets 26-29 June 2018, p.45; “On rearrangement of the energy spectrum of delta-doped QW in the THz range”.
12. В.М. Тулупенко. «ТГц-модулятор на основі дельта-легованої КЯ». /VIII Українська наукова конференція з фізики напівпровідників УНКФН-8, Ужгород, 2-4 жовтня, 2018, т.1, ст.177.