

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПОГОДЖЕНО

Керівник  
комплексної наукової програми  
«Нові речовини і матеріали»

проф. Ю.М. Воловенко

« 08 » 01 2019 року

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи  
Київського національного  
університету імені Тараса  
Шевченка

В.С. Мартинюк

2019 року



Технічне завдання

на проведення держбюджетної  
науково-дослідної роботи по темі:

Розробка фізичних засад функціоналізації наноструктурованих матеріалів на  
основі карбону, напівпровідникових гетероструктур та поруватого кремнію

ТЗ НДР № 19БФ051-05

(шифр або номер теми)

Діє з доповненням

(номер доповнення)

/ Декан фізичного факультету,  
д.ф.-м.н., проф.

М.В.Макарець

« 8 » січня 2019 року

Науковий керівник,  
професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф.

О.О. Коротченков

« 8 » січня 2019 року

Головний метролог

« 10 » 01 2019 року

2019

(Макарець М.В.)

# 1 Підстава для проведення науково-дослідної роботи(НДР):

1.1 Рішення Вченої ради Київського національного університету імені Тараса Шевченка від 28.12.2018 р. № 8

## 1.2 Термін виконання роботи:

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| початок    | - | 01.01.2019 |
| закінчення | - | 31.12.2021 |

# 2 Проблематика дослідження(із проекту дослідження, поданого на конкурс) :

## 2.1 Об'єкт дослідження.

Формування та фізичні властивості нанокомпозитних систем на основі карбону, напівпровідникових та діелектричних складових

## 2.2 Предмет дослідження.

Процеси спрямованої зміни фізичних властивостей наноструктурованих матеріалів (НСМ) з полімерними, напівпровідниковими та карбоновими матрицями та нанонаповнювачами на основі карбону, напівпровідникових та діелектричних систем

## 2.3 Опис проблеми, на вирішення якої спрямовано дослідження.

При розробці та створенні НСМ на основі полімерних матриць з карбоністкими нанонаповнювачами різної природи та напівпровідникових структур з наноструктурованими поверхнями та межами поділу однією з ключових є проблема встановлення взаємозв'язку між станом границь "наноповнювач-матриця" та об'ємними тепловими, механічними, електро- та магнітотранспортними властивостями утворених композитних матеріалів. Вирішення цієї проблеми відкриває можливості спрямованої зміни вказаних фізичних характеристик НСМ з розвиненою поверхнею шляхом їх модифікування через інтеркалювання, хімічне прищеплення, осадження, заповнення пор, а також зміни їх структурно-морфологічних характеристик і стану поверхонь при механічній обробці та радіаційному опроміненні.

# 3 Мета, основні завдання та призначення НДР:

*(Наводять коротку характеристику та оцінку стану проблеми, що її вирішують, визначають головну мету і задачі роботи, її актуальність та дають обґрунтування необхідності виконання НДР. Під час проведення НДР, що базується на результатах фундаментальних або пошукових досліджень, зазначають, на основі яких досліджень виконують цю роботу).*

## 3.1 Мета роботи.

Розробка фізичних засад створення функціональних наноструктурованих матеріалів на основі нанокарбон-полімер композитів, напівпровідникових гетероструктур та поруватого кремнію шляхом модифікування їх структурно-морфологічних, механічних, магнітних, електро- та теплофізичних властивостей.

## 3.2 Основні завдання, на вирішення яких спрямовано дослідження.

- Визначити фізичні закономірності та механізми процесів розподілу та переносу заряду, а також тепла у хімічно функціоналізованих та механічно модифікованих інтерфейсних областях полімерних НСМ із графеновими наповнювачами та напівпровідникових гетероструктур із кремнієвими та

кремній-германієвими нанокompонентами з метою створення нових термопровідних та механостійких матеріалів, а також фотогенеруючих покриттів. Розробити та створити ультразвуковий реактор на базі височастотного ультразвукового перетворювача для модифікації інтерфейсних областей напівпровідникових гетеропереходів;

- Встановити фізичні закономірності впливу типу рідинного/гелевого наповнювача та введених у нього наночастинок, а також  $\beta$ - та гамма-опромінення на теплофізичні та сенсорні властивості наноструктурованих систем на основі матриць поруватого кремнію для розробки методів керування тепловим транспортом у таких напівпровідникових нанокompозитах. Запропонувати методи розробки сенсорних систем на основі наноструктурованого поруватого кремнію, зокрема, біосенсорів;

- З'ясувати вплив структурно-морфологічних особливостей та типу модифікації карбонової компоненти НСМ на фізичні закономірності та механізми транспорту носіїв заряду у створених на їх основі наноструктурованих карбонових магнітних матеріалах, що забезпечить використання таких систем як елементної бази спінових транзисторів, фільтрів, елементів пам'яті та датчиків магнітоопору. На основі карбонових матеріалів з анізотропною кристалічною структурою розробити наноструктуровані карбонові системи з вираженою анізотропією як електричних, так і магнітних властивостей.

4 Методи, засоби, підходи, ідеї, робочі гіпотези, які пропонуються для вирішення поставлених завдань.

Підхід, який пропонується для створення НСМ різних типів, передбачає: 1) використання матриць різнорозмірного графіту, полімерів, напівпровідникових гетероструктур, поруватого кремнію як основ нанокompозитних матеріалів; 2) використання нанопластин графіту, графену та окисованого графену, карбонових багатостінних нанотрубок, кремній-германієвих нанокompонентів, рідинних та гелевих наповнювачів з наночастинками різних типів як наноструктурованих компонентів у матрицях; 3) модифікацію утворених НСМ через інтеркаляцію, хімічне прищеплення атомів перехідних металів та їх комплексів, механічне навантаження, сонохімічні реакції, радіаційне  $\beta$ - та гамма-опромінення; 4) визначення комплексу механічних, електротранспортних та теплофізичних характеристик модифікованих наноматеріалів; 5) розробку рекомендацій щодо спрямованої зміни фізичних параметрів модифікованих НСМ.

Методологія проекту визначається його складовими: створення НСМ; їх модифікація, визначення фізичних характеристик; розробка рекомендацій щодо оптимізації фізичних параметрів. Експериментальна частина проекту передбачає дослідження кристалічної структури, морфології, елементного та фазового складу, стану поверхні створених НСМ методами рентгеноструктурного та рентгеноспектрального аналізу, електронної мікроскопії, атомно-силової мікроскопії; дослідження електро- та магнітотранспортних характеристик, вимірюванням комплексного

електроопору та діелектричної проникності, магнітоопору, термо-е.р.с. в інтервалі температур 10–300 К, релаксації фото-е.р.с., її спектральних залежностей; дослідження теплофізичних властивостей тонкоплівковим методом (стандарт ASTM C1114), методами фототермоакустичної та раманівської спектроскопії; дослідження механічних властивостей (модулю Юнга, межі міцності на стискання, напруження руйнування, сталої Ламе, модулю зсуву, модулю всебічного стискання, динамічного модулю Юнга та коефіцієнту Пуассона), дослідження термостійкості НСМ методом термодесорбції з мас-спектрометричною реєстрацією продуктів. За патентом учасника проекту буде розроблено нову методику ультразвукової обробки інтерфейсних областей напівпровідникових гетеропереходів та створено ультразвуковий реактор для неї. Теоретична частина дослідження включає використання методів молекулярної динаміки для розрахунку коефіцієнтів теплопровідності, метод скінчених елементів (FEM) для характеристики напруженого стану композиційних зразків.

## 5 Вихідні (початкові) дані для проведення роботи:

### 5.1 Перелік документів, які використовуватимуться під час проведення НДР.

| № п.п. | Назва документу (закону, постанови, стандарту, класифікатору, іншого нормативного документу) | Дата       | Реєстраційний номер документу |
|--------|--|------------|-------------------------------|
| 1      | Закон України “Про наукову і науково-технічну діяльність”.                                   | 26.11.2015 | № 848-VII                     |
| 2      | Закон України “Про науково-технічну інформацію”.   | 25.06.1993 | № 3322-XII                    |
| 3      | Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».                                   | 05.06.2014 | № 1314-VII                    |
| 4      | Статут Київського національного університету імені Тараса Шевченка                           | 24.07.2015 | №802                          |
| 5      | Закон України “Про освіту”.  | 25.09.2017 | № 2145-VIII                   |
| 6      | Закон України “Про інформацію”.  | 02.10.1992 | №2657-XII                     |
| 7      | Закон України «Про науково і науково-технічну експертизу»                                    | 10.02.1995 | № 51/95-BP                    |

5.2 Перелік виконаних раніше науково-дослідних робіт, монографій, статей та іншої наукової продукції, на базі яких буде виконуватись дана робота.

Науково-дослідні роботи:

1. НДР №16БФ051-01 “Формування та фізичні властивості наноструктурованих композитних матеріалів та функціональних поверхневих шарів на основі карбону, напівпровідникових та діелектричних складових”, 2016-2018 рр.

## Монографії:

2. Напівпровідникові гетероструктури та наноккомпозити на основі кремнію та оксиду цинку: сонохімічний синтез та фізичні властивості. Наукова монографія / Коротченков О.О., Надточій А.Б., Закіров М.Т., Тсаєв М.В., Кузьмич А.Г., Боровий М.О. - Київ-Вінниця: ТОВ "Твори", 2018. - 218 с. ISBN 978-617-7706-25-9. Підписано до друку 14.05.2018. УДК 620.22:621.3-024:669.782
3. Isaiev M., Voitenko K., Andrusenko D., Burbelo R. Chapter 5: Methods of Porous Silicon Parameters Control. - Porous Silicon: From Formation to Application: Formation and Properties. - Volume one. - edited by G.Korotcenkov. - CRC Press, Taylor & Francis Group. - 2016. - 423 p. - P.129-153.

## ОСНОВНІ СТАТТІ:

4. Olikh O.Ya., Gorb A. M., Chuprva R. G., Pristav-Fenenkov O. V. Acousto-defect interaction in irradiated and non-irradiated silicon n+-p structures. - Journal of Applied Physics. - 2018. - Volume 123. - Issue 16. - P.161573. SNIP=0.953.
5. Ovsienko I., Matzui L., Berkutov I., Mirzoiev I., Len T., Prylutsky Y., Prokopov O., Ritter U. Magnetoresistance of graphite intercalated with cobalt. - Journal of Materials Science. - 2018. - Volume 53. - Issue 1. - P.716-726. SNIP=1.064.
6. Isaiev M., Tutashkonko S., Jean V., Termentzidis K., Nychyporuk T., Andrusenko D., Marty O., Burbelo R., Lacroix D., Lysenko V. Thermal conductivity of meso-porous germanium. - Applied Physics Letters. - 2014. - Volume 105. - Issue 3. - P.031912. SNIP=1.167.
7. Podolian A., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Romanyuk B., Melnik V., Popov V. Enhanced photoresponse of Ge/Si nanostructures by combining amorphous silicon deposition and annealing. - Journal of Applied Physics. - 2018. - Volume 124. - Issue 9. - P. 095703. SNIP=0.953.
8. Gorelov B.M., Gorb A.M., Polovina O. I., Wacke S., Czaplá Z., Kostrzewa M., Ingram A. Filler's impact on structure and physical properties in polyester resin-oxide nanocomposites. - Adsorption Science & Technology. - 2018. - Volume 36. - Issue 1-2. - P.549-570. SNIP=0.479.
9. Kuryliuk V., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Wang C.-C., Li P.-W. A model for predicting the thermal conductivity of SiO<sub>2</sub>-Ge nanoparticle composites. - Phys. Chem. Chem. Phys. - 2015. - Volume 17. - Issue 20. - P. 13429-13441. SNIP=1.117.
10. Korotchenkov O., Nadtochiy A., Kuryliuk V., Wang C.-C., Li P.-W., Cantarero A. Thermoelectric energy conversion in layered structures with strained Ge quantum dots grown on Si surfaces. - Eur. Phys. J. B. - 2014. - Volume 87. - Issue 3. - P.64 (8 p). SNIP=1.461.
11. Kuryliuk V.V., Korotchenkov O.A. Atomistic simulation of the thermal conductivity in amorphous SiO<sub>2</sub> matrix/Ge nanocrystal composites. - Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. - 2017. - Volume 88. - P.228-236. SNIP=0.846.

12. Gorelov B.M., Gorb A.M., Polovina O. I., Wacke S., Czaplá Z., Kostrzewa M., Ingram A. Filler's impact on structure and physical properties in polyester resin-oxide nanocomposites. - Adsorption Science & Technology. - 2018. - Volume 36. - Issue 1-2. - P.549-570. SNIP=0.479.
13. Nadtochiy A., Korotchenkov O., Romanyuk B., Melnik V., Popov V. Photovoltage improvements in Cz-Si by low-energy implantation of carbon ions. - Mater. Res. Express. - 2017. - Volume 3. - Issue 5. - P.055017. SNIP=0.508.
14. Tytarenko A.I., Andrusenko D.A., Kuzmich A.G., Gavril'chenko I.V., Skryshevskii V.A., Isaiev M.V., Burbelo R.M. Features of photoacoustic transformation in microporous nanocrystalline silicon. - Technical Physics Letters. - 2014. - Volume 40. - Issue 3. - P.188-191. SNIP=1.019.
15. Kuryliuk A., Steblenko L., Nadtochiy A., Korotchenkov O. Lifetime improvement in silicon wafers using weak magnetic fields. - Materials Science in Semiconductor Processing. - 2017. - Volume 66. - P.99-104. SNIP=1.009.
16. Andrusenko D., Isaiev M., Tytarenko A., Lysenko V., Burbelo R. Size evaluation of the fine morphological features of porous nanostructures from the perturbation of heat transfer by a pore filling agent. Microporous and Mesoporous Materials. - 2014. - Volume 194. - P.79-82. SNIP=1.091.
17. Tkachuk V.Ya., Ovsiyenko I.V., Matzui L.Yu., Len T.A., Prylutsky Yu.I., Brusylovets O.A., Berkutov I.B., Mirzoiev I.G., Prokopov O.I. Asymmetric magnetoresistance in the graphite intercalation compounds with cobalt. - Molecular Crystals and Liquid Crystals. - 2016. - Volume 639. - Issue 1. - P.137-150. SNIP=0.461.
18. Ленъ Т.А., Овсієнко Т.В., Мацуй Л.Ю., Беркутов Т.Б., Мірзоєв І.Г., Гніда Д., Куницький Ю.А. Магнітоопір модифікованих вуглецевих нанотрубок. - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2017. - Volume 9. - Issue 1. - P.01018. SNIP=0.513.
19. Ovsienko I., Len T., Matzuy L., Tugay V. Electrical resistance and magnetoresistance of modified carbon nanotubes. - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2014. - Volume 2. - Issue 2. - P.04024. SNIP=0.513.
20. Voitenko K., Andrusenko D., Pastushenko A., Isaiev M., Kuzmich A.G., Burbelo R.M. Photoacoustic Response Formation in Nanostructured Composite Systems "Porous Matrix - Liquid". - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2017. - Volume 9. - Issue 4. - P.04021. SNIP=0.513.
21. Ovsienko I., Len T., Matzuy L., Prylutsky Yu., Berkutov I., Andrievskii V., Mirzoiev I., Komnik Yu., Grechnev G., Kolesnichenko Yu., Hayn R., Scharff P. Magnetoresistance and electrical resistivity of N-doped multi-walled carbon nanotubes at low temperatures. - Phys. Status Solidi B. - 2015. - Volume 252. - Issue 6. - P.1402-1409. SNIP=0.786.
22. Lishchuk P., Andrusenko D., Isaiev M., Lysenko V., Burbelo R. Investigation of thermal transport properties of porous silicon by photoacoustic technique. - International Journal of Thermophysics. - 2015. - Volume 36. - Issue 9. - P.2428-2433. SNIP=0.759.

23. Gorelov B., Gorb A., Korotchenkov O., Nadtochiy A., Polovina O., Sigareva N. Impact of titanium and silica/titanium fumed oxide nanofillers on the elastic properties and thermal decomposition of a polyester resin. - J. Appl. Polym. Sci. - 2015. - Volume 132. - Issue 22. - P.42010-1-42010-10. SNIP=0.724.
24. Gorb A., Korotchenkov O., Kuryliuk V., Medvid A., Mozolevskis G., Nadtochiy A.; Podolian A. Electron and hole separation in Ge nanocones formed on Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> solid solution by Nd:YAG laser radiation. - Applied Surface Science. - 2015. - Volume 346. - P.177-181. SNIP=1.225.
25. Nadtochiy A., Cremaldi L., Ostrovskii I. Three-dimensional vibrations of acoustoelectric superlattice in ferroelectric plate. - J. Acoust. Soc. Am. - 2016. - Volume 139. - Issue 4. - P.2010. SNIP=1.270.
26. Korotchenkov O., Nadtochiy A., Schlosser V. Study of photovoltage decays in nanostructured Ge/Si. - Solid State Phenomena. - 2014. - Volume 205-206. - P.406-411. SNIP=0.478.

### 5.3 Результати власних попередніх досліджень, які покладено в основу дослідження

Автори проекту мають значний доробок у дослідженні фізичних процесів у нанокompозитних системах різної природи. А саме, у роботах авторів було встановлено, що у композитах із нанорозмірними вбудованими складовими повний аналіз процесів розсіювання фононів повинен враховувати механічні напруги в інтерфейсних областях, що, зокрема, спричиняє суттєве зменшення коефіцієнту теплопровідності композитних систем. Виявлено, що у поруватому кремнії заповнення пор рідиною суттєво змінює теплопровідність композиту, а визначення коефіцієнту теплопровідності складних нанокompозитних систем може ефективно здійснюватися за сигналами фототермоакустичного відгуку. Показано, що ультразвукові хвилі впливають на процеси перенесення заряду в напівпровідникових гетероструктурах, системах "метал-напівпровідник" та тонкоплівкових фотоперетворювачах, а також на дефектну підсистему цих структур. Авторами вперше отримані інтеркальовані сполуки на основі впорядкованих та слабо впорядкованих графітів з кобальтом і залізом, встановлено, що структурно-морфологічний стан компонентів карбонових композитів, концентрація та тип введенного металу істотно впливають на механізми формування електро- та магнітотранспортних властивостей таких систем у широкому діапазоні температур і магнітних полів. Отримані авторами результати закладають підвалини для подальшого комплексного дослідження впливу типу, структурно-морфологічного стану наноструктурованих наповнювачів та стану їх інтерфейсу з матрицями на комплекс фізичних властивостей композитів на основі таких наносистем.

### 6 Вимоги до виконання НДР:

Цінність очікуваних результатів визначається, перш за все, перспективами практичного використання функціоналізованих наноструктурованих матеріалів на основі карбонових та напівпровідникових наноструктур у

багатьох галузях, як то сонячна енергетика, мікро-, нано-, та оптоелектроніка, лазерні технології, медицина (біосенсорика та тераностика) тощо. Зокрема, розроблені при виконанні проекту магнітні нанокарбонові структури із заданими функціональними властивостями будуть основою для створення нових типів магнітних матеріалів на основі нанокарбону різної структурної організації, допованих перехідними металами, з широким комплексом регульованих характеристик, придатних для використання як елементної бази спінтроники, спінових транзисторів, ефективних магнітних датчиків і магнітних систем зберігання даних. Слід також звернути увагу, що за рахунок великої питомої поверхні певний клас функціоналізованих наноструктурованих матеріалів на основі карбонових та напівпровідникових наноструктур має високу реактивну здатність (при взаємодії з рядом окиснювачів), що дозволяє використовувати їх як альтернативні дешеві запальні елементи для оборонної промисловості. Зважаючи на широку різноманітність таких структур, а також можливість їхніх модифікацій, які суттєво впливають на зміну фізичних та хімічних властивостей, існує глобальна проблема пошуку нових або адаптації та розробки відомих ефективних експрес методів моніторингу, діагностики та дослідження вказаних вище неоднорідних наносистем. У ході виконання проекту планується не лише розробка відносно дешевих та зручних портативних приладів для комплексної діагностики наноструктурованих матеріалів, але і, власне, дослідження впливу режимів виготовлення кремнієвих наноструктур на їхні властивості, що, безумовно, дозволить оптимізувати процеси їх виробництва в різноманітних прикладних цілях.

6.1 Вимоги до рівня проведення досліджень (не гірше ніж світові стандарти).

Цінність очікуваних результатів для світової та вітчизняної науки зумовлена не лише можливостями практичного застосування вуглецевих та напівпровідникових наноструктурованих систем, але й вирішенням ряду питань фундаментального характеру у фізиці твердого тіла. Зокрема, проектом передбачається визначення характеристик спінових флуктуацій, провідності і магнітного впорядкування у функціоналізованих нановуглецевих системах, що дозволить не тільки отримати нові знання щодо закономірностей формування магнітних і провідних властивостей модифікованих нанокарбонових структур різної мірності, але й встановити шляхи отримання нових матеріалів з регульованими магнітотранспортними характеристиками для потреб наоелектроніки. Наукова цінність очікуваних результатів полягає і у встановленні механізмів поширення тепла у таких структурах, їхніх оптичних та механічних властивостей, які суттєво залежать від умов виготовлення. Очевидно, що структури на основі кремнію, які плануються досліджуватись у рамках проекту, також розглядаються як модельні матеріали, а отримані результати можуть також бути спроектовані та розширені на інші типи наноструктурованих напівпровідникових систем.

Виконання проекту передбачає проведення комплексних досліджень, що поєднують методи хімії поверхні при створенні наноструктурованих



матеріалів та фізичних методів дослідження їх властивостей, теоретичного моделювання та експериментальних вимірювань, використовують автоматизовані методики вимірювання параметрів матеріалів.

Рівень запланованих досліджень забезпечуватиме кінцеві результати не гірші, ніж отримані іншими дослідниками в світі і в Україні, що буде підтверджено публікацією одержаних досліджень та запропонованих фізичних моделей в найкращих вітчизняних та зарубіжних журналах. Високий рівень запланованих досліджень і їх відповідність світовим стандартам підтверджується запланованими публікаціями, цитованими в базах даних Scopus і Web of Science. Наукові результати, отримані в ході виконання проекту, будуть також широко представлені на вітчизняних та міжнародних конференціях і опубліковані в матеріалах конференції.

6.2 Основні нормативні вимоги до форми представлення результатів досліджень, декларування створеної наукової продукції про відповідність її чинним нормативним документам України згідно з переліком, який додається (Додаток 1).

Якість створеної наукової продукції відповідатиме вимогам чинних законодавчих та нормативних документів.

6.3 Вимоги до матеріально-технічного забезпечення для проведення експериментальних досліджень, їх відповідність чинним нормативним документам України (Додаток 2).

Вимоги до форми представлення результатів досліджень визначатимуться відповідними стандартами і нормами.

6.4 Нестандартні вимоги до техніки безпеки та охорони праці.

Передбачаються дослідження методом фототермоакустики з використанням випромінювання лазерів YAG:Nd, довжина хвилі 1064 нм, 532 нм, середня потужність 1 Вт, енергія імпульсу 800 мдж.

6.5 Інші вимоги.

Співробітники теми можуть бути направлені у відрядження для проведення спільних наукових досліджень, зокрема, до країн ЄС в рамках програм ERASMUS та Horizon 2020, а також для представлення результатів роботи на наукових конференціях, форумах, симпозіумах, конгресах та семінарах в Україні (Дніпро, Львів, Одеса, Ужгород, Харків, Чернівці, Івано-Франківськ та інші міста України, в яких проводитимуться відповідні заходи) та за кордоном: Берклі, Вашингтон, Нью-Йорк, Лос Анджелес (США), Афіни, Геракліон (Греція), Варшава, Гданськ, Краків, Люблін, Бидгош (Польща), Відень (Австрія), Берлін, Гамбург, Нюрнберг – Ерланден, Штуттгарт, Мюнхен, Берлін, Цойтен (Німеччина), Рим, Мілан, Трієст (Італія), Прага (Чехія), Мадрид, Барселона, Валенсія (Іспанія), Женева, Лозанна (Швейцарія), Ліон, Страсбург, Париж, Марсель (Франція), Ліссабон (Португалія), Мінськ, Гомель, Нароч (Беларусь), Лондон, Саутгемптон

(Велика Британія), Чанчунь, Бейджін (Китайська Народна Республіка), Сінчжу, Чжунлі (Тайвань, КНР), Сеул (Південна Корея), Токіо, Осака, Нара, Сендай, Хіросіма, Хамамацу (Японія), Бухарест (Румунія) Констанца (Алжир) та інші наукові центри/університети Європи, Північної Америки та Азії.

Витрати на відрядження – за рахунок коштів, передбачених на фінансування проекту (у разі наявності достатнього фінансування), або за рахунок приймаючої сторони.

Результати участі в заходах будуть відображені в проміжних та заключних звітах за результатами НДР.

#### 7 Етапи науково-дослідної роботи і терміни їх виконання:

| № п/п | Назва етапів НДР   | Термін виконання |                   | Очікувані результати за етапами  | Звітні документи та наукова продукція, що підлягають здачі в кінці етапу   |
|-------|--|------------------|-------------------|--|--|
|       |  | початок (дата)   | закінчення (дата) |  |  |
| 1.    | Визначення характеристик вихідних компонентів для виготовлення графен-містких полімерних НСМ на основі епоксидної смоли, відпрацювання технологічних режимів модифікації поверхні графенових нанопластинок, виготовлення поверхневомодифікованих нанопластинок та порівняльні дослідження термодеструкції та статичних механічних параметрів виготовлених НСМ. Отримання модифікованих карбонових НСМ на основі карбонових | 01.01. 2019      | 31.12. 2019       | Будуть отримані експериментальні зразки: 1) поверхнево-модифікованих графенових нанопластинок та графенмістких полімерних наноккомпозитів; 2) карбонових магнітних НСМ з різною морфологією металу в нанотрубках та 2D графіті; 3) карбонових нанотрубок, заповнених перехідними металами, а також карбонових нанотрубок, що містять Co, Ni, Fe та їх координаційні сполуки, закріплені на поверхні трубок; 4) карбонових нанотрубок та 2D графітів, графітових нанопластин та графеноподібних структур, інтеркальованих перехідними металами; карбонових нанотрубок з прищепленими по поверхні металмістними комплексами. Буде визначено: 1) концентраційні ефекти впливу графенових нанопластинок на термічну та механічну стійкість наноккомпозитів на основі | Проміжний науковий звіт, презентаційні матеріали, наукові публікації у фахових журналах та презентація результатів на наукових конференціях. |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| <p>нанотрубок та графеноподібних структур методами хімічної модифікації та інтеркаляції перехідними металами. Створення модифікованих карбонових нанотрубок, заповнених перехідним металом, та модифікованих карбонових нанотрубок та графеноподібних структур, солюбілізованих металістними комплексами. Визначення впливу типу карбонового матеріалу, його морфологічних та структурних особливостей, а також методу модифікування, на характер розподілення металу в карбонових НСМ. Розробка високочастотного ультразвукового реактора для модифікації інтерфейсних областей НСМ на основі напівпровідникових гетероструктур. Дослідження термоелектричного ефекту у кремній-германієвих НСМ.</p> <p>4) Дослідження</p> |  |  | <p>епоксидної смоли; 2) температурні залежності термо-е.р.с. у кремній-германієвих НСМ; 3) структурно-морфологічний стан та стабільність металічної та карбонової компонент залежно від параметрів процесу модифікації, параметрів структури та мірності вихідних для модифікованих карбонових НСМ. Буде розроблено методику моніторингу процесу дифузії наночастинок у НСМ на основі порушеного кремнію. Буде з'ясована роль структури гелів на кінетичні параметри процесу дифузії наночастинок. Буде створена діюча модель високочастотного ультразвукового реактора.</p> |  |
|---|--|--|--|--|

|    |   |             |             |   |  |
|----|---|-------------|-------------|---|--|
|    | процесів формування фотоакустичного відгуку в НСМ “поруватий кремній-гель” на основі силікатних та агарозних гелів із вмістом наночастинок.   |             |             |   |  |
| 2. | Запуск височастотного ультразвукового реактора та дослідження ефектів впливу ультразвукової обробки на характеристики тонкоплівкових напівпровідникових фотоелектроперетворювачів. Експериментальні та теоретичні дослідження: 1) акустичних, теплових параметрів та хімічної стійкості графен-містких НСМ на основі епоксидної смоли; 2) електро- та магнітотранспортних, зокрема, спин-залежних транспортних та магнітних властивостей отриманих карбонових магнітних НСМ з різним структурно-морфологічним станом компонентів та різною концентрацією модифікуючого металу в | 01.01. 2020 | 31.12. 2020 | Буде запущено височастотний ультразвуковий реактор із протоколами розрахунків створюваних пружних полів. Буде визначено: 1) характеристики тонкоплівкових фотоелектроперетворювачів в умовах ультразвукового навантаження залежно від частоти, інтенсивності акустичних хвиль та температури обробки; 2) концентраційні залежності впливу графенових нанопластинок на теплопровідність та теплоємність графен-містких полімерних нанокомпозитів на основі епоксидної смоли, результати теоретичних розрахунків концентраційних залежностей теплопровідності. Будуть встановлені: 1) закономірності зміни електричних та магнітотранспортних властивостей і характеристик спин-залежного транспорту при зміні фазового складу компонентів, температури, індукції магнітного поля; 2) час спінової релаксації носіїв заряду у модифікованих нанокарбонових структурах на основі досліджень залежності їх провідності від температури та величини зовнішнього магнітного | Проміжний науковий звіт, презентаційні матеріали, наукові публікації у фахових журналах та презентація результатів на наукових конференціях, 1-й розділ монографії за темою проекту. |

|    |  |             |             |  |   |
|----|--|-------------|-------------|--|---|
|    | широкому інтервалі температур та магнітних полів;<br>3) особливостей фотоакустичного перетворення у НСМ “поруватий кремнійрідина”.<br>Визначення впливу морфології та складу таких НСМ на їх теплові та термопружні властивості.   |             |             | поля. Створено гібридні нанокомпозитні системи на основі поруватих кремнію та карбіду кремнію.   |   |
| 3. | Дослідження низькочастотної електропровідності і та спектрів інфрачервоного поглинання графен-містких полімерних нанокомпозитів на основі епоксидної смоли. Аналіз основних чинників впливу зовнішнього механічного навантаження на фотоелектричні властивості нанокомпозитів на основі кремній-германію та тонко плівкових фотоелектроперетворювачів.<br>Встановлення енергетичних спектрів електронів провідності для магніто-впорядкованих фаз карбонових магнітних матеріалів, вивчення впливу зовнішнього магнітного поля на їх енергетичну | 01.01. 2021 | 31.12. 2021 | Концентраційні залежності впливу графенових нанопластинок на електропровідність та інфрачервоне поглинання графен-містких полімерних нанокомпозитів на основі епоксидної смоли. Рекомендації щодо використання зовнішнього механічного навантаження при застосуванні напівпровідникових фотоелектроперетворювачів. Розробка основних принципів функціонування електронних приладів, що базуються на ефекті спін-залежного транспорту в магнітних нанокарбонових композитах. Розробка підходів для керування тепловим транспортом в поруватих гібридних композитах на основі кремнію. Оптимізація складу наповнювача для спостереження процесів релаксації термоіндукованих тисків гідрогелю в порах поруватих матриць. Рекомендації щодо розробки нових принципів роботи сенсорних систем на основі поруватих кремнієвих композитів. | Заключний звіт, презентаційні матеріали, наукові публікації у фахових журналах та презентація результатів на наукових конференціях, 2-й розділ монографії за темою проекту. |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| зонну структуру та магнітний стан. Дослідження фізичних закономірностей теплового транспорту в структурах “порувата матриця-гель” ФА методом. З’ясування ролі термоіндукованих тисків гідрогелів в порах твердотільної матриці на параметри ФА відгуку. |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|

8 Кількість наукових працівників, що залучаються до виконання роботи, обґрунтування.

|                |         |
|----------------|---------|
| доктори наук   | – 2     |
| кандидати наук | – 5     |
| інженери       | – 3     |
| інші           | – немає |

Кваліфікація співробітників відповідає посадам, які вони обіймають (обґрунтування наведено в Додатку №3).

9 Очікувані наукові результати, їх переваги над аналогами та засоби їх реалізації. Окремо виділити можливий економічний ефект та очікувану патентоздатність.

Основні очікувані результати: теплові параметри, електро- та магнітотранспортні властивості, спектри інфрачервоного поглинання, хімічна стійкість отриманих нанокарбон-полімер композитних матеріалів з різним структурно-морфологічним та поверхнево-модифікованим станом компонентів; фото- та термоелектричні характеристики тонкоплівкових фотоелектричних перетворювачів залежно від частоти, інтенсивності акустичних хвиль та температури обробки, а також товщини плівки; характеристики теплового транспорту та дифузії наночастинок у НСМ на основі поруватого кремнію з модифікованими нанонаповнювачами рідина/гель. Буде встановлено: основні фізичні закономірності та механізми процесів розподілу і переносу заряду й тепла у хімічно функціоналізованих і механічно модифікованих інтерфейсних областях полімерних НСМ із графеновими наповнювачами та напівпровідникових гетероструктур із кремній-германієвими та цинк-оксидними наноконпонентами; механізми впливу типу рідинного/гелевого наповнювача, введених у нього

наночастинок, а також радіаційного опромінення на сенсорну чутливість та теплофізичні параметри НСМ на основі матриць комбінованого поруватого кремнію. Буде отримано експериментальні зразки: модифікованих тонкоплівкових напівпровідникових фотоелектро-перетворювачів; поверхнево-модифікованих графен-містких полімерних нанокомпозитів; поверхнево-модифікованих карбонових нанотрубок та 2D графітів, графітових нанопластин; поруватого кремнію з модифікованими наповнювачами рідина/гель. Будуть розроблені: практичні рекомендації щодо зовнішнього механічного навантаження при створенні та функціонуванні напівпровідникових фотоелектро-перетворювачів; основні підходи щодо керування тепловим транспортом та принципів роботи сенсорних систем на основі поруватого кремнію через оптимізацію складу та стану рідинного/гелевого нанонаповнювача; основні принципи функціонування електронних пристроїв, що базуються на ефекті спін-залежного транспорту в магнітних нанокарбонових композитах.

Питання щодо впливу розмірності карбонових наноструктур, типу їх модифікації та структурно-морфологічних особливостей на характер формування їх тепло-, електротранспортних та магнітних властивостей, які розглядаються у проекті, є новими і залишаються нерозв'язаними. Попередні дослідження засвідчують, що використання теплопровідних наповнювачів здатне підвищити теплопровідності композитів, але для досягнення суттєво покращеного коефіцієнту теплопровідності важливо поліпшити теплопередачу на інтерфейсах. Вирішення цієї задачі дозволить отримати цілісні уявлення щодо кореляції між тепловими, структурними, механічними та електричними властивостями нанокомпозитів та станом інтерфейсу у них. Новизна очікуваних результатів ґрунтується також на одночасному впливі декількох факторів на варіювання теплофізичних властивостей неоднорідних матеріалів. Зокрема, для зміни коефіцієнта теплопровідності поруватих систем пропонується не тільки зміна поруватості матриці, а й її заповнення рідинним та гелевим наповнювачем. Додатково буде визначено вплив  $\beta$ - та гамма-випромінювання на структурні та теплофізичні властивості вказаних систем, що є економічно більш привабливим, ніж використання іонів гелію.

Отримані у роботі експериментальні зразки модифікованих НСМ різного типу та запропоновані рекомендації щодо створення та практичного використання таких зразків будуть корисними методичними і технічними напрацюваннями на основі практичного досвіду.

Оригінальність і новизну результатів буде підтверджено статтями, опублікованим у визнаних наукових виданнях високого рейтингу. Як засіб їх реалізації, результати будуть апробовані на найвищого рівня фахових міжнародних наукових конференціях та наукових семінарах, а саме:

1. Будуть опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до науково-метричних баз даних WoS та/або Scopus – не менш ніж 10.
2. Будуть опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України, а також тези доповідей у матеріалах міжнародних та вітчизняних конференцій – не менш ніж 15.

3. Монографії за темою проекту – 3 друк. арк.

4. Буде захищено дисертації кандидата наук (доктора філософії) виконавцями роботи за темою проекту – не менш ніж 2.

Результати роботи не передбачають оформлення патентів.

10 Перелік звітної документації та наукової продукції, що пред'являються замовнику після закінчення робіт.

Порядок приймання НДР та її етапів.

- Заключний звіт.
- Витяг з протоколу засідання Вченої ради фізичного факультету про розгляд і прийняття НДР.
- Акт прийняття НДР комісією комплексної наукової програми університету.
- Акт впровадження результатів НДР в навчальний процес.
- Облікова картка НДР.
- Інформаційна картка НДР.
- Анотований звіт.

11 Порядок розгляду та приймання науково-дослідної роботи:

Результати роботи розглядаються Вченою радою фізичного факультету та Координаційною радою комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка “Матеріали і речовини” та приймаються Вченою радою Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Анотований звіт за завершеною науковою роботою приймається секцією № 3 «Загальна фізика» МОН України.

Додатки до технічного завдання:

1. Перелік чинних законодавчих та нормативних документів України, вимогам яких повинна відповідати наукова продукція, створена при виконанні науково-дослідної (фундаментальної, прикладної, експериментальної) роботи (Додаток №1).
2. Перелік обладнання та засобів вимірювальної техніки, які передбачається використовувати при виконанні науково-дослідної (фундаментальної, прикладної, експериментальної) роботи (Додаток №2).
3. Кадрове забезпечення виконавців науково-дослідної роботи (Додаток №3).
4. Про нестандартні вимоги до техніки безпеки та охорони праці при виконанні науково-дослідної роботи (Додаток №4).

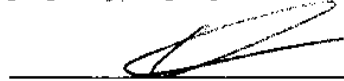


**Додаток № 1 до технічного завдання:**

Перелік чинних законодавчих та нормативних документів України, вимогам яких повинна відповідати наукова продукція, створена при виконанні науково-дослідної (фундаментальної, прикладної, експериментальної) роботи.

| № п.п. | Назва документу (закону, постанови, стандарту, класифікатору, іншого нормативного документу)  | Дата       | Реєстраційний номер документу |
|--------|---|------------|-------------------------------|
| 1.     | Закон України "Про наукову і науково-технічну діяльність".  | 26.11.2015 | № 848-VII                     |
| 2.     | Закон України "Про науково-технічну інформацію".  | 25.06.1993 | № 3322-XII                    |
| 3.     | Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».  | 05.06.2014 | № 1314-VII                    |
| 4      | Державний стандарт України «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» (затверджено указом Держкомітету України з питань технічного регулювання і споживчої політики № 322 від 10.11.2006). | 10.11.2006 | ДСТУ 7.1:2006                 |
| 5      | Державний стандарт України "Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" (затверджено наказом Держстандарту України № 58 від 23.02.1995).   | 22.06.2015 | ДСТУ 3008-2015                |
| 6      | Статут Київського національного університету імені Тараса Шевченка  | 14.03.2007 | № 443                         |
| 7      | Закон України "Про освіту".   | 25.09.2017 | № 2145-VIII                   |
| 8      | Закон України "Про інформацію".   | 02.10.1992 | № 2657-XII                    |

Науковий керівник,  
професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф.

 О.О. Коротченко

### Додаток № 2 до технічного завдання:

2.1. Перелік обладнання та засобів вимірювальної техніки, які передбачається використати при виконанні науково-дослідної (фундаментальної, прикладної, експериментальної) роботи.

Наявні обладнання та засоби вимірювальної техніки:

| № п/п | Назва засобу вимірювальної техніки         | Тип       | Заводський номер | Дата останньої повірки, атестації або калібрування                           | Дата наступної повірки, атестації або калібрування | Місце знаходження |
|-------|--|-----------|------------------|--|--|-------------------|
| 1     | Осцилограф                                 | С1-83     | № С10339, 1983   | Повірка, свідоцтво № 26-02/ 2662 25.11. 2008 р.                              |  | 434               |
| 2     | Мілівольтметр                              | В3-41     | №3598, 1982      | Повірка, свідоцтво № 26-02/2060 05.05. 2007 р.                               |  | 336/432           |
| 3     | Вольтметр                                  | В7-40/4   | №864989, 1989    |  |  | 432               |
| 4     | Частотомір                                 | Ч3-34     | № Н05351, 1986   | Повірка, свідоцтво № 26-02/2680 25.11.2008 р.                                |  | 237               |
| 5     | Генератор                                  | Г3-112    | №8218, 1984      | Повірка, свідоцтво № 26-02/2674 25.11.2008 р.                                |  | 449               |
| 6     | Вага лабораторна рівноплеча,               | ВЛР 200 г | №926.            | Повірка, свідоцтво № 35-1/ 3680 25.11.2008                                   |  | 224               |
| 7     | Дифрактометр рентгенівський                | ДРОН-4.07 | №76, 1989        | Свідоцтво про придатність до застосування №26-04/1467 від 23 вересня 2008 р. |  | 233               |
| 8     | Довго хвильовий рентгенівський спектрограф | ДРС-2     | зав.№105, 1969   | Свідоцтво про придатність до застосування №26-04/1467 від 23 вересня 2008 р. |  | 235               |
| 9     | Вольтметр                                  | В7-35     | №ГО70490 , 1987  | Повірка, свідоцтво № 26-02 /2679   |  | 125/235           |

|    |   |                          |         |            |  |     |
|----|---|--------------------------|---------|------------|--|-----|
|    |   |                          |         | 25.11.2008 |  |     |
| 10 | Головка Лазерна<br>неперервна;<br>довжина хвилі<br>532 нм,<br>потужність 1 Вт | DPSSL<br>MGL 1w<br>H532, |         |            |  | 125 |
| 11 | Головка лазерна<br>імпульсна<br>1064 нм,<br>532 нм<br>800 мДж                 | ИЗ25-1А                  | 9012041 |            |  | 125 |
| 12 | Нано-вольтметр  | Unip.<br>232В            | 114599  |            |  | 125 |

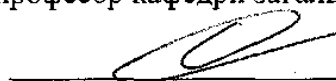
\*-- При потребі, згідно з законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII від 05.06.2014 р. в редакції від 02.08.2017 р.

2.2. Обладнання та засоби вимірювальної техніки, що потрібно придбати для виконання НДР \* (повинно відповідати переліку із кошторису, узгодженого з ПФВ)

| №<br>п/п | Назва         | Технічні параметри  |
|----------|---------------|---|
|          | Тесламетр     | Діапазон вимірів: 30 $\mu$ T – 30 T   |
|          | Вимірювач RLC | 10 мкОм...200 МОм; L 0,001 мкГн...635,5 кГн; C 0,001 пФ...399,9 мФ; Q 0,01...199,9; D 0,0001...9,999; |

\*-- у разі наявності достатнього фінансування

Науковий керівник,  
професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф.

 О.О. Коротченков

### Додаток № 3 до технічного завдання:

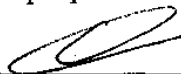
#### Кадрове забезпечення виконавців науково-дослідної роботи (узгоджується з ПФВ)

| № з/п | Посада, вчений ступінь, вчене звання                  | Робота, що буде виконуватись  |
|-------|---|---|
| 1     | Провідний науковий співробітник,<br>д.ф.-м.н, проф.   | Координування робіт за проектом. Планування досліджень теплопровідності графен- містких НСМ та фотоелектричних властивостей напівпровідникових гетеропереходів; аналіз результатів цих досліджень.  |
| 2     | Провідний науковий співробітник,<br>д.ф.-м.н, с.н.с.  | Керівництво групою співробітників з фотоакустичних досліджень наноструктурованих та поруватих неоднорідних матеріалів на основі напівпровідникових структур. Аналіз і узагальнення отриманих експериментальних результатів з досліджень композитних та модифікованих НСМ в рамках існуючих модельних уявлень, формулювання основних висновків, створення нових моделей явищ, що досліджуються. Підготовка публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на міжнародних наукових конференціях.                         |
| 3     | Старший науковий співробітник,<br>к.ф.-м.н., ст.досл. | Виконання досліджень наноструктурованих матеріалів методом фототермоакустики з використанням випромінювання лазерів YAG:Nd, довжина хвилі 1064 нм, 532 нм, середня потужність 1 Вт, енергія імпульсу 800 мдж. Організація збору науково-технічної інформації з проблематики фотоакустичного перетворення у неоднорідних системах. композитних системах. Аналіз і узагальнення отриманих експериментальних результатів. Підготовка публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на міжнародних наукових конференціях. |

| № з/п | Посада, вчений ступінь, вчене звання      | Робота, що буде виконуватись  |
|-------|---|---|
| 4     | Старший науковий співробітник, к.ф.-м.н.  | Планування та проведення досліджень термоелектричного ефекту та теплових параметрів наноструктурованих матеріалів, аналіз впливу інтерфейсних механічних напруг на фотоелектричні властивості нанокомпозитів на основі кремнієвих гетеропереходів. Розробка та запуск високочастотного ультразвукового реактора для модифікації інтерфейсних областей НСМ на основі напівпровідникових гетероструктур. Підготовка звітів та публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на наукових конференціях. |
| 5     | Науковий співробітник, к.ф.-м.н.          | Виконання досліджень структурних, акустичних та теплових властивостей графен-містких НСМ, встановлення взаємозв'язку між структурно-морфологічними характеристиками наповнювачів та структурою НСМ. Пошук та аналіз літературних джерел. Підготовка звітів та публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на міжнародні наукові конференції.  |
| 6     | Науковий співробітник, к.ф.-м.н.          | Виконання досліджень електричних та оптичних властивостей графен-містких НСМ, встановлення взаємозв'язку між структурно-морфологічними характеристиками наповнювачів та властивостями НСМ. Математична обробка результатів вимірювань. Підготовка звітів та публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на міжнародні наукові конференції.  |
| 7     | Молодший науковий співробітник, к.ф.-м.н. | Проектування та контроль виготовлення електричних та кінематичних схем устаткування для проведення експериментальних досліджень наноструктурованих матеріалів фотоакустичними методами, складання опису відповідних пристроїв, наладка, регулювання вузлів складного обладнання. Виконання досліджень фотоактичного перетворення в композитних системах з наночастотами. Підготовка звітів та публікацій до друку в фахових виданнях та доповідей на міжнародні наукові конференції.                      |

| № з/п | Посада, вчений ступінь, вчене звання | Робота, що буде виконуватись  |
|-------|--------------------------------------|---|
| 8     | Провідний інженер                    | Проведення експериментальних досліджень електричних властивостей графен-містких НСМ. Виготовлення зразків для вимірювань, вимірювальних комірок та елементів науково-дослідного обладнання. Забезпечення належного функціонування та профілактичний ремонт вимірювальної апаратури. |
| 9     | Провідний інженер                    | Виконання досліджень електроопору нановуглецевих композитів на основі полімерних матриць. Виготовлення зразків для вимірювань, налагодження апаратури та обладнання для проведення випробувань та експериментів, забезпечення дотримання вимог безпечного ведення робіт по темі.    |
| 10    | Інженер I категорії                  | Проведення експериментальних досліджень Виготовлення вимірювальних комірок та елементів науково-дослідного обладнання. Автоматизація вимірювань. Забезпечення належного функціонування та профілактичний ремонт вимірювальної апаратури.  |

Науковий керівник,  
професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф.

 О.О. Коротченков

#### **Додаток № 4 до технічного завдання:**

Про нестандартні вимоги до техніки безпеки та охорони праці при виконанні науково-дослідної роботи

При виконанні НДР передбачаються дослідження методом фототермоакустики з використанням випромінювання лазерів YAG:Nd, довжина хвилі 1064 нм, 532 нм, середня потужність 1 Вт, енергія імпульсу 800 мдж.

Робоче місце має у наявності (за результатами проведеної атестації робочого місця) один фактор 3 класу 1 ступеня та два фактори 3 класу 2 ступеня. За показниками робоче місце належить до категорії із шкідливими умовами праці.

Для виконавців НДР, які безпосередньо працюють з лазерним випромінюванням обов'язковою є атестація робочого місця, оформлення акту для визначення та надання пільг (встановлення надбавок до посадових окладів і надання додаткових відпусток згідно з нормативами) як таким, що працюють у шкідливих, небезпечних умовах праці.

Робота в шкідливих умовах праці повинна виконуватись із засобами індивідуального захисту та за умови регламентованих режимів робіт.

Перелік чинних законодавчих та нормативних документів:

1. Кодекс законів про працю (КзПП) ст. 100 "Інструкція про порядок обчислення заробітної плати працівників освіти", затверджену наказом Міністерства освіти України від 15.04.1993 №102; Колективний договір Київського університету імені Тараса Шевченка (Доплата до посадових окладів до 12% і 24%)
2. КзПП ст. 76; Постанова Кабінету Міністрів України від 17.11.1997 №1290 "Про затвердження Переліку виробництв, робіт, цехів, професій та посад, зайнятість працівників яких дає право на щорічні додаткові відпустки за роботу із шкідливими умовами праці та за особливий характер праці";  
Колективний договір Київського університету імені Тараса Шевченка (Додаткова відпустка)
3. КзПП п.51; Постанова Кабінету Міністрів України від 21.02.2001 №163 "Про затвердження Переліку виробництв, цехів, професій та посад із шкідливими умовами праці, робота в яких дає право на скорочену тривалість робочого тижня" (Скорочений робочий тиждень)
4. КзПП ст.166; Постанова Держкомпраці та президії профспілки від 16.12.1987 №731/П-13 "Про порядок безкоштовної видачі молока або інших рівноцінних харчових продуктів робітникам та службовцям, які зайняті на

роботах зі шкідливими умовами праці" (Отримання молока в робочу зміну)  
5 . Наказ Ректора від 20.02.2017 р. №133-32 «Про затвердження Переліку  
робочих місць працівникам структурних підрозділів університету, яким  
підтверджено право на пільги і компенсації»

Науковий керівник,  
професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф.

  
\_\_\_\_\_ О.О. Коротченков