



ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ПРИ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОМУ ПЕРЕТВОРЕННІ ЕНЕРГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Теплові процеси при дискретно-імпульсному перетворенні енергії</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>3.0 кредитів ECTS (60 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекції (10 год.), практичні (10 год.), лабораторні заняття (4 год.), самостійна робота (36 год.)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Керівник: д.т.н., пров.н.с. Іваницький Георгій Костянтинович gergei4@gmail.com Викладачі: д.т.н., професор, Ободович Олександр Миколайович tdsittf@ukr.net д.т.н., пров.н.с. Дубовкіна Ірина Олександрівна dubovkinai@ukr.net к.т.н., пров.н.с. Целень Богдан Ярославович b0d@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Googleclassroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Основною метою навчальної дисципліни «Теплові процеси при дискретно-імпульсному перетворенні енергії» є отримання аспірантами знань щодо природи та механізму кавітаційних процесів та явищ. Розглядаються шляхи застосування кавітації для керування хімічними і біохімічними процесами в промислових масштабах та методи створення ефективного енергозберігаючого обладнання і нових конструкцій на основі впровадження сучасних кавітаційних технологій.

ЗДАТНІСТЬ:

- вирішувати задачі із забезпечення надійності і довговічності в енергетиці, в АПК, в хімічних, харчових, нафтопереробних та інших галузях виробництва т.ч. на основі спрямованого застосування високоенергетичних процесів кавітації, з використанням комп'ютерних технологій, CAD-систем та інших прикладних програм;

- ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ФК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проєктів;
- ФК2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень теплофізичних властивостей систем і матеріалів, фізичних явищ і процесів, обробленні та презентації їхніх результатів;
- ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної теплофізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- Теплофізичні основи концепції дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ)
- Сучасне розуміння поняття кавітації., як одного із найбільш ефективних методів ДІВЕ;
- Основні фізичні механізми кавітаційних процесів, ефектів, явищ та шляхи їх використання в сучасних технологіях., зокрема, біо- та нанотехнологіях

УМІННЯ:

- використовувати набуті знання при розробці конструкторської документації відповідних розрахунків;
- ПРН9 Вміння застосовувати теплофізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій;
- ПРН11 Вміння застосовувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН12 Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної теплофізики;
- ПРН13 Вміння організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення курсу «Теплові процеси при дискретно-імпульсному перетворенні енергії» базується на таких курсах:

– «Теплофізика», «Тепломасообмін в дисперсних середовищах», «Гідродинаміка», «Інформатика».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Теплові процеси при дискретно-імпульсному перетворенні енергії» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Основні напрями інтенсифікації технологічних процесів у дисперсних середовищах.

Тема 2. Основні фактори, що визначають рівень інтенсифікацій масообмінних і гідромеханічних процесів.

Тема 3. Альтернативні підходи до інтенсифікації тепломасообмінних і гідродинамічних процесів в дисперсних середовищах. Основні положення принципу дискретно-імпульсного введення енергії.

Тема 4. Основні механізми дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ).

Тема 5. Застосування механізмів ДІВЕ при створенні нових ефективних енергозберігаючих технологій.

Тема 6. Теплофізичні основи принципу ДІВЕ.

Тема 7. Кавітація. Мікромасштабні процеси гідродинамічної кавітації.

Тема 8. Ініціювання кавітаційних процесів. Стадія скипання.

Тема 9. Теоретичні основи кавітації. Перспективи створення інноваційних кавітаційних технологій та обладнання.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Долинский А.А., Басок Б.И., Гулый И.С., Накорчевский А.И., Шурчкова Ю.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологиях. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 1996. 208 с.
2. Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии. К.: Наукова думка, 2008. 381 с.
3. Dolinsky A., Ivanitsky G. The principle of discrete-pulse energy input - new approach to the development of efficient power-saving technologies. *Ann.Review of Heat Transfer. Vol. XIII. 2003. N.-Y, Wallingford (UK): Begell House Inc. pp.47–83.*
4. Pavlenko A., Basok B., Davydenko B. Energy conversion in local volumes of dispersed media, *Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2021. 308 p.*
5. Davies J.T. Turbulence phenomena. N.-Y.: Acad.Press, 1972. 412 p.
6. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах. Тернопіль: Вид.ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. 220 с.
7. Ivanitsky G., Tselen B., Nedbaylo A., Gozhenko L. The ways of producing an unified mathematical model for the cavitating flow in hydrodynamic cavitation reactors. *Thermophysics and Thermal Power Engineering. 2020. 42(2), pp. 31-38. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2020.3>*
8. Ivanitsky G. K., Tselen B. Ya., Nedbaylo A.Ye., Konyk A.V. Modeling the kinetics of cavitation boiling up of liquid. *Фізика аеродисперсних систем. 2019. № 57. С. 136-146. <https://doi.org/10.18524/0367-1631.2019.57.191970>*
9. Brennen C. *Cavitation and Bubble Dynamics*, 1995, Oxford. 304 p.
10. Franc J.-P. *Physics and Control of Cavitation*, University of Grenoble, 2006. 36 p.
11. Ranade V.V. Modeling of hydrodynamic cavitation reactors: Reflections on present status and path forward. *ACS Eng. 2022. 2. pp. 461-476. <https://doi.org/10.1021/acsengineeringau.2c00025>*

Додаткова література

12. Kumar S., Kumar R., Gandhi K.S. Alternative mechanism of drop breakage in stirred vessels. *Chem.Engng.Sci. 1991. V.46, No10. pp. 2490-2493. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(91\)80041-V](https://doi.org/10.1016/0009-2509(91)80041-V)*
13. Kumar S., Kumar R., Gandhi K.S. Alternative mechanism of drop breakage in stirred vessels. *Chem.Engng.Sci. 1991. V.46, No10. pp.2490-2493. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(91\)80041-V](https://doi.org/10.1016/0009-2509(91)80041-V)*
14. Долінський А.А., Авраменко А.О., Іваницький Г.К. Фізичні основи, математичні підходи та технологічні аспекти використання методу ДІВЕ для керування кінетикою протікання нанорівневих процесів в дисперсних та супрамолекулярних системах. *Пром. теплотехніка. 2014. Т. 36, №1. С. 3-17.*
15. Бауман К.В., Коц І.В. Кавітаційна технологія виготовлення бітумних емульсій Вінниця: ВНТУ, 2013. 128 с.
16. Долинский А.А., Ободович А.Н., Борхаленко Ю.А. Метод дискретно-импульсного ввода энергии и его реализация. Харьков: Изд-во Апостроф, 2012. 185 с.
17. Целень Б.Я., Гоженко Л.П., Радченко Н.Л., Іваницький Г.К., Використання кавітаційних ефектів в процесах екстрагування. *Наукові праці ОНАХТ. 2020. 84(1). С. 92-97. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v84i1.1876>*
18. Іваницький Г.К., Целень Б.Я., Недбайло А.Е., Коник А.В. Исследование дегазации жидкости в кавитационных течениях. *Проблемы моделирования. Наукові праці ОНАХТ. 2019. 83(1). С. 129-134. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1430>*
19. Ivanitsky G. K., Avdeyeva L. Y., Makarenko A. A. Using the effects of hydrodynamic cavitation for purposeful dynamical action on the supramolecular structures. *Фізика аеродисперсних систем. 2016. вип. 53. С. 142-151. <https://doi.org/10.18524/0367-1631.2016.53.159442>*

20. Иваницкий Г.К., Шуркова Ю.А., Недбайло А.Е. Использование гидродинамической кавитации для разрушения бактериальных клеток в технологии обработки молока. Пром. теплотехника. 2012. Т.34, №3. С.31–39.

21. Ashokkumar M., Krasulya O., Shestakov S., Rink R. A new look at cavitation and the applications of its liquid-phase effects in the processing of food and fuel. Applied physics research. 2012. Vol. 4, No 1. pp. 19-29. <https://doi.org/10.5539/apr.v4n1p19>

22. Carpenter J., Badve M., Rajoriya S, Suja George S., Saharan V.K., Pandit A.B. Hydrodynamic cavitation: an emerging technology for the intensification of various chemical and physical processes in a chemical process industry. Reviews in Chemical Engineering. 2016. 33(5). pp. 36 <https://doi.org/10.1515/revce-2016-0032>

23. Parag R. Gogate P.R. Hydrodynamic Cavitation for Food and Water Processing. Food Bioprocess Technol. <mailto:pr.gogate@ictmumbai.edu.in> 2011. Vol.4, No 6. pp 996-1011. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0418-1>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

№№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Основні напрями інтенсифікації технологічних процесів у дисперсних середовищах. Аналіз традиційних методів інтенсифікації. Коротка характеристика традиційних методів введення енергії. Особливості інтенсифікації гідромеханічних і тепломасообмінних процесів. Гідромеханічні процеси. Масообмінні процеси. Інтенсифікація технологічних процесів. Непродуктивні енерговитрати. Непродуктивні енерговитрати в операціях руйнування дисперсій. Непродуктивні енерговитрати в операціях масообміну.
Література:	[2], [3], [4]
Завдання на СРА:	Особливості інтенсифікації масообмінних процесів і стимуляції гідромеханічних процесів в дисперсних середовищах. Принципова відмінність у використанні методів впливу на дисперсну систему з метою руйнування дисперсної фази і з метою інтенсифікації
2	Основні фактори, що визначають рівень інтенсифікацій масообмінних і гідромеханічних процесів. Наявність взаємного руху фаз. Відносна швидкість дисперсії в потоці. Вплив масових сил та прискорення потоку на величину відносної швидкості дисперсій. Методи прискорення потоку в одномірних течіях в каналі. Трансформація енергії в процесах з прискоренням потоку. Величина питомої потужності. Дія зсувних напружень. Альтернативні способи збільшення величини введеної потужності. Переваги імпульсного і дискретного введення
Література:	[2], [3], [4]
Завдання на СРА:	Альтернативні способи збільшення величини введеної потужності. Переваги збільшення величини потужності за рахунок зменшення тривалості трансформації енергії. Переваги імпульсного і дискретного введення енергії з метою інтенсифікації процесів в дисперсних

3	<p>Основні положення принципу дискретно - імпульсного введення енергії. Альтернативні підходи до інтенсифікації тепломасообмінних і гідродинамічних процесів в дисперсних середовищах.</p> <p>Концепція локальної ізотропної турбулентності як традиційний підхід до інтенсифікації тепломасообмінних і гідродинамічних процесів в рідинних середовищах. Концепція дискретно-імпульсного введення енергії. Реалізація принципу ДІВЕ на основі динаміки парогазових бульбашок. Трансформація енергії у механізмах ДІВЕ.</p>
Література:	[2], [3], [4] [5], [12]
Завдання на СРА:	<p>1. Основні положення концепція локальної турбулентності.</p> <p>2. Основні положення концепції ДІВЕ. Реалізація механізмів та методів ДІВЕ за рахунок сукупності парогазових бульбашок, що динамічно розвиваються в рідині і виконують роль мікро-трансформаторів перетворення енергії.</p>
4	<p>Основні механізми дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Ефекти, пов'язані з прискоренням (гальмуванням) безперервної фази. Дія зсувних напружень. Збурення міжфазної поверхні у газорідинних бульбашкових середовищах. Механізм вибухового скипання. Колективні ефекти у бульбашковому ансамблі.</p>
Література:	[1], [2], [4]
Завдання на СРА:	<p>Основні механізми методу дискретно імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Приклади їх практичного застосування. Сукупність колективних ефекти та явищ, які виникають в між бульбашковому просторі в ансамблі парогазових бульбашок в процесі його динамічного розвитку.</p>
5	<p>Застосування механізмів ДІВЕ при створенні нових ефективних енергозберігаючих технологій та обладнання Пульсаційні апарати (диспергатори, екстрактори, ферментери). Струминні трубчасті пульсатори. Пульсаційні апарати з активною мембраною. Кавітаційний реактор пульсаційного типу. Апарати адіабатичного скипання. Роторно-пульсаційні апарати (РПА). Апарати пульсаційного мікродозування. Аналіз кавітаційних ефектів в циліндричних та дискових РПА.</p>
Література:	[1], [2], [4], [13], [15]
Завдання на СРА:	<p>Детально проаналізувати гідромеханічні, масообмінні та термічні процеси, які реалізуються в струминних пульсаційних апаратах та в циліндричних і дискових роторно-пульсаційних апаратах циліндричні з точки зору застосування механізмів ДІВЕ. напрямки застосування таких апаратів</p>
6	<p>Термофізичні основи принципу ДІВЕ. Термодинамічне обґрунтування принципу ДІВЕ. Еволюція бульбашки в процесах кавітації. Еволюція бульбашки в процесах кипіння. Трансформація енергії у механізмах ДІВЕ. Енергетичні аспекти застосування принципу ДІВЕ. Критерії ефективності механізмів ДІВЕ.</p>
Література:	[2], [4], [9], [15]

Завдання на СРА:	Розглянути ефективність механізмів ДІВЕ в процесах кавітації та кипіння (на прикладах, представлених на рисунках 26 та 27). Пояснити застосування термінів «акумуляція енергії» та «трансформація енергії». Сформулювати базові критерії ефективності механізмів ДІВЕ.
7	Кавітація. Необхідні та достатні умови ініціювання кавітаційних процесів. Мікромасштабні процеси акустичної та гідродинамічної кавітації. Кавітаційні реактори як апарати створені на основі принципу ДІВЕ. Основні види гідродинамічних кавітаційних реакторів. Аналіз виконання умов кавітації в кавітаційних реакторах.
Література:	[2], [4], [6], [9] [10], [20], [21], [22]
Завдання на СРА:	Визначення поняття кавітації і формулювання умови ініціювання процесів кавітації. Основні динамічні та термічні ефекти, що виникають на стадії захоплення бульбашок. Кавітаційний кластер і яка тривалість його існування. Проаналізувати основні типи кавітаційних реакторів і виконання в кожному з них базових умови виникнення кавітації.
8, 9	Термодинамічний аналіз процесу скипання рідини. Кавітаційне (ізотермічне) скипання рідини - за рахунок скидання тиску. Умови порушення рівноваги в системі «бульбашки-рідина» в процесі кавітаційного скипання. Термічне (ізобаричне) скипання рідини - за рахунок підвищення її температури. Умови порушення рівноваги в системі «бульбашки - рідина» в процесі термічного скипання. Аналогія між процесами термічного і кавітаційного скипання рідини. Поняття "скипання" та "кипіння" рідини в ізотермічному та ізобаричному процесах. Зростання сукупності бульбашок (кластера) в процесі кавітаційного скипання. Режим суперкавітації. Початкова стадія зростання кавітаційного
Література:	[2], [6], [8], [9] [17], [18]
Завдання на СРА:	Схожість та відмінність процесів скипання рідини в ізотермічному та в ізобаричному режимах. Наявність в рідині газових мікро-зародків як необхідна умова кавітаційного та термічного скипання рідини. Активація паргазових мікро-зародків. Фізична суть критичного тиску та критичного радіуса мікро-бульбашок в процесах ізотермічного та ізобаричного скипання. Різниця між температурою скипання і температурою кипіння будь-якої рідини. аналогію між кризами термічного кипіння та кавітаційного кипіння. Впливає температура рідини на величину критичного тиску активації рівноважних мікро-бульбашок в процесах кавітації.

<p>10,11</p>	<p>Теоретичні основи кавітації. Застосування методів математичного моделювання для дослідження кавітаційних процесів. Принципи чисельного моделювання динаміки бульбашкового кластера в процесах гідродинамічної кавітації.</p> <p>Аналіз наномасштабних гідродинамічних, термічних та хімічних процесів на стадії захоплення кавітаційних бульбашок. Перехід рідини в стан надкритичного флюїду на стадії кавітаційного колапсу бульбашок. Властивості речовини в стані надкритичного флюїду.</p> <p>Застосування кавітації для керування біохімічними та біофізичними процесами в рідинних середовищах. Руйнування міжмолекулярних і внутрішньо-молекулярних енергетичних зв'язків під дією кавітації.</p> <p>Перспективи використання методів акустичної та гідродинамічної кавітації при створенні інноваційних нано - та біотехнологій.</p>
<p>Література:</p>	<p>[2], [4], [6], [7] - [22]</p>
<p>Завдання на СРА:</p>	<p>Необхідність і доцільність застосування методів математичного моделювання для дослідження кавітаційних процесів. Проаналізувати відомі експериментальні та аналітичні дані про температуру та тиску всередині парової бульбашки на стадії її максимального стиснення. Перебування речовини в стані надкритичного флюїду (НКФ). Тривалість існування НКФ. Аномальні властивості води вода в стані НКФ. Зміна енергетичних параметрів в рідині на границі з кавітаційною бульбашкою.</p> <p>Перспективи кавітаційних методів при модифікації існуючих та створенні інноваційних нано - та біотехнологій.</p> <p>За підсумками результатів проведених практичних занять.</p>

Назва теми практичних занять (теми семінарів)

1.	Загальний огляд напрямків розвитку сучасних кавітаційних технологій для вирішення практичних задач, пов'язаних з інтенсифікацією гідромеханічних та тепломасообмінних процесів в рідинних багатокомпонентних середовищах.
2.	Наявність відносного руху дисперсій відносно суцільної фази як необхідна умова інтенсифікації масообміну і гідромеханічних процесів в газовому та рідинному середовищах. Виведення рівнянь відносного руху дисперсій.
3.	Розрахункові порівняння енергоефективності традиційних диспергуючих апаратів, створених на основі концепції локальної ізотропної турбулентності та диспергуючих апаратів, створених на основі принципу DIBE.
4	Приклади використання відцентрових насосів як ефективних кавітаційних реакторів. Стерилізація молока за рахунок дезінтеграції бактеріальних клітин.
5	Приклади використання відцентрових насосів як ефективних кавітаційних реакторів. Стерилізація молока за рахунок дезінтеграції бактеріальних клітин.
6	Застосування кавітаційних технологій в харчовій промисловості на приладах операцій диспергування овочевих соків, освітлення вина та виробництва розчинної кави.
7	Розрахунок оптимальної геометрії та оптимальних режимів роботи сопла Вентурі як ефективного гідродинамічного кавітаційного реактора.

8	Кавітаційні технології деполімеризації супрамолекулярних структур. Застосування сопла Вентури і та роторно-пульсаційного апарата для виготовлення нано-дисперсних ліпосом.
9	Екстрагування біоактивних компонентів з рослинної та тваринної сировини із застосуванням кавітаційного реактора пульсаційного типу. Підвищення ефективності роботи пульсаційного екстрактора через реалізацію ефектів гідравлічного удару.
10	Кавітаційні методи дегазации рідини. Акустична кавітація. Вплив частоти та інтенсивності ультразвуку. Роль ефекту спрямованої дифузії та сили Бьєркнеса на інтенсивність процесу дегазации.
11	Кавітаційні методи дегазации рідини. Гідродинамічна кавітація. Типи кавітаційних реакторів в технологіях гідродинамічної кавітаційної дегазации рідин.
12	Аналіз системи базових рівнянь універсальної математичної моделі динаміки ансамблю парогазових бульбашок в процесах скипання та кавітації рідини. Припущення моделі, Приклади застосування моделі для вирішення конкретних практичних задач.

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи входять до плану (4 год.) і проводяться за наступними темами:

1.	Створення емульсії «масло-вода» із заданим максимальним розміром дисперсій при різних потужностях перемішуючого пристрою	По темі лекції 1 «Інтенсифікація гідромеханічних процесів. Непродуктивні енерговитрати в операціях руйнування дисперсій»
2.	Оцінка енерговитрат при створенні дрібнодисперсних емульсій із застосуванням кавітаційного реактора - сопла Вентури	По темі лекції 7 «Кавітаційні реактори і апарати ДІВЕ» та практичної роботи 7 «Розрахунок оптимальної геометрії та оптимальних режимів роботи сопла Вентури»

Основні завдання лабораторних робіт – навчити аспірантів застосовувати отримані знання шляхом проведення відповідних експериментальних досліджень на лабораторних стендах.

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспіранта планується на кожній лекції.

Самостійна робота аспірантів є навчити їх самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і обмірковувати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і обмірковування інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання екзамену.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій, семінарських та лабораторних занять

- активність на семінарських, лабораторних та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності
- відвідування лекцій, семінарських та лабораторних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій так і семінарів і лабораторних);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач, тощо.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Доктор технічних наук, професор



Г.К. Іваницький

Доктор технічних наук, професор



О.М. Ободович

Ухвалено

Вченою радою ІТТФ НАН України (протокол № __ від «__» _____ 202_р.)