



Чисельні методи математичної фізики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський) /</i>
Галузь знань	<i>11 Математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Наука про дані та математичне моделювання</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>X курс, осінній / весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6.5 Кредитів, 195 годин, Лек 54, Практ -18, Лаб 18</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, 3 лабораторні, контрольна</i>
Розклад занять	<i>Тижневих годин: 3 год. - лекція, 2 год. – лаб. та практичні заняття</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф., Ориняк Ігор Володимирович, 099-602-0559 Практичні / Семінарські: аспірант, Мазурик Р.В. Лабораторні: аспірант, Мазурик Р.В.
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни «Чисельні методи математичної фізики» полягає в дослідженні та розробці наближених методів аналізу рівнянь математичної фізики, що описують протікання різноманітних фізичних процесів. Особливістю курсу є поєднання розгляду класичних задач (одномірні хвильові процеси, теплопередача по одномірному стержні, вібрації балки, деформування пластини) з такими нетиповими задачами як взаємодія рідини та твердого тіла в трубі з водою. Останнє є досить цікавим, адже формально приводить до розгляду диф рівняння в часі 4го порядку. Інша особливість курсу є те, що в ньому представлено ряд оригінальних авторських рішень, що опубліковані в престижних закордонних виданнях, це зокрема, вказана задача взаємодії рідини та твердого тіла, пів аналітичний метод розгляду класичних задач мат фізики, та застосування наборів послідовних експоненційних функцій в наближеному методі зважених нев'язок. Це відкриває можливості перед студентами активно залучитися до наукової роботи і отримати нові результати в вказаних напрямках. Інша особливість курсу є те, що при порівняно малій кількості проблем, рішення кожної з них розглядається трьома або більше способами. Це приводить до значного розширення математичного кругозору студентів, як майбутніх дослідників. Адже основна мета навчання – це оволодіння методами, які потім можуть застосовуватися в різних галузях знань і техніки.

Курс складається з трьох розділів. В першому розділі дається загальна теорія сіткових методів, а також приклади їх застосування до найпростіших (одномірних) задач на початкові умови та краєвих задач, для яких існують аналітичні розв'язки. Це дозволяє зрозуміти загальні принципи побудови сіткових методів, їх точність та переваги різних схем. В другому розділі розглядаються динамічні процеси для чотирьох принципово різних одномірних тіл. Наприклад,

задача про тепло зводиться до першої похідної в часі і другої по довжині; хвильові задачі – це друга похідні як по часу так і по довжині; коливання балки – четверта похідна по довжині і друга по часу; взаємодія рідини і тіла – це формально четверта похідна як по часу так і по довжині та ще і змішана четверта похідна (друга по часу і друга по довжині). В третьому розділі спочатку розглядається метод зважених нев'язок, що слугує методологічною основою методу кінцевих елементів. Дається техніка оригінального застосування експоненційних функцій для осесиметричної оболонки. Пізніше розглядається статичне і динамічне деформування двовимірної пластини (біквдратне диф рівняння по двом просторовим координатам) та даються авторські конкретні результати застосування МЗН для цієї задачі.

Курс є надзвичайно насиченим, обґрунтованим, цікавим, містить багато співставлень і порівнянь, спирається на новітні авторські результати і дає багато напрямків майбутніх застосувань.

В результаті навчання студент отримає наступні знання та компетентності, які прописані в Освітній Програмі спеціальності.

ЗК 3	Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
ФК 2	Здатність проводити наукові дослідження з розроблення нових та адаптацією існуючих математичних та комп'ютерних моделей для дослідження різноманітних процесів, явищ і систем, проводити відповідні експерименти з аналізом одержаних результатів.
ФК 3	Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати скінченновимірні математичні моделі фізичних явищ та чисельно їх розраховувати.
ФК 4	Здатність створювати та досліджувати математичні та комп'ютерні моделі за допомогою спеціалізованих програмних засобів.
ЗН2	Процедур формального опису системи та результатів дослідження реальних технічних, природних, біомедичних та соціально-економічних систем, впливів некерованих чинників, потрібних для прийняття раціональних рішень.
ЗН5	Шляхів самостійного освоєння нових методів дослідження, нового наукового й науково-виробничого профілю діяльності.
УМ4	Виявляти ініціативу, інноваційність та підприємливість.
УМ5	Застосовувати математичний апарат в інженерній практиці.
УМ6	Будувати моделі складних систем і вибирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютера.

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

Для успішного засвоєння курсу необхідно (Н) або доцільно (Д) засвоїти наступні курси.

(Н): - Алгебра і геометрія; Математичний аналіз; Програмування; Прикладна механіка; Диференціальні рівняння; Функціональний аналіз;

(Д): Забезпечення якості ПЗ; Алгоритмічні основи обчислювальної геометрії та комп'ютерної графіки; Математичне моделювання; Алгоритми і системи комп'ютерної математики

Результати курсу можуть мати значення і сприяти освоєнню наступних курсів:

Основи наукових досліджень та організації науки; Системна інженерія. Математичне моделювання біомедичних систем і процесів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Метод кінцевих різниць (МКР). Звичайні диф рівняння , краєва задача та задача на початкові умови

Лекція 1. Звичайні диф рівняння для задач на початкові умови

Лекція 2-3. МКР для задачі Коші (початкові умови) першого степеня

Лекція 4. МКР для задачі Коші (початкові умови) другого степеня

Лекція 5. Лінійне неоднорідне рівняння другого порядку з затуханням

Лекція 6. Теорія сіткових методів для одномірних краєвих задач. Лінійна задача 2го порядку.

Лекція 7. МКР для одномірних краєвих задач. Лінійна задача 4-го порядку

Лекція 8. МКР для одномірних краєвих задач. Лінійна задача 6-го порядку для кругової балки.

Розділ 2. Процеси в одномірних тілах, що відбуваються в часі

Лекція 9. Розповсюдження тепла в стержні. Застосування явної та явно-неявної схеми в МКР

Лекція 10. Розповсюдження тепла в стержні. Піваналітична схема.

Лекція 11. Метод Фур'є температурної задачі в стержні.

Лекція 12. Розповсюдження хвиль в стержні. Постановка та сіткові схеми

Лекція 13. Хвилі в стержні. Піваналітичний метод

Лекція 14-15. Хвилі в стержні. Метод розкладу по власним формам.

Лекція 16. Поперечне динамічне деформування балки. Метод Фур'є.

Лекція 17. Деформування балки. Гармонійне навантаження. Функції Крилова.

Лекція 18. Напіваналітичний метод для динаміки балки на згин.

Лекція 20. Коливання системи труба-пружна рідина. Метод Фур'є.

Лекція 21. Коливання системи труба-пружна рідина. Піваналітичний метод.

Розділ 3. Метод зважених нев'язок (МЗН) та двохвимірні задачі.

Лекція 22. Загальна теорія створення сіток для плоских тіл та деформування мембрани.

Лекція 23. Ідея методу зважених нев'язок.

Лекція 24. Застосування експоненціальних функцій в МЗН на прикладі осесиметричної оболонки.

Лекція 25-26. Деякі аналітичні рішення для згину пластини при статичному і динамічному навантаженні.

Лекція 27-28. МЗН для статичної і динамічної задачі згину пластин.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Роман ТАЦІЙ Марта СТАСЮК Олег ПАЗЕН. ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ, НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК, Львів 2021, 182 стр.

<https://books.ldubgd.edu.ua/index.php/ed/catalog/view/99/66/297-1>

Книга містить загальні постановки математичної фізики, де формулюються основні диференційні рівняння в частинних похідних. Дається поняття краєвої задачі. Детально описується метод Фур'є рішення задач теплопровідності, коливань струни та розповсюдження хвиль в стержні.

2. В.І.Кузьменко, Н.Л.Козакова. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ ІЗ КУРСУ "ЧИСЛОВІ МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ" Дніпропетровськ РВВ ДНУ 2013, 47 стр.

<http://repository.dnu.dp.ua:1100/upload/4975f9fe589d8c07a06f073949eb5a2fKonspektChisMetodMF.pdf>

Книга присвячена створенню кінцево-різницевих схем для рішення задач математичної фізики. Розглядаються особливості побудови схем для статичних двовимірних задач з границею довільної форми. Аналізуються динамічні задачі теплопровідності та розповсюдження хвиль в одномірних тілах, для яких розглядається схема Кранка-Ніколсона. Досліджується двовимірні динамічні задачі. Розглядаються варіаційні методи рішення краєвих задач. \

3. Тимошенко С.П., Янг Д.Х. *Колебания в инженерном деле*. М.: Машиностроение, 1967.

Класична книга, що містить постановки задач коливання тіл, та аналітичні і чисельні методи їх рішення. Описується загальний метод Крилова рішення диференціальних задач.

4. Henry R. Busby, George H. Staab. *Structural Dynamics Concepts and Applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group. 2018. 599 p

Цікава, сучасна книга. Бажано прочитати розділи 1,3,6,7, 9,11. В основному даються аналітичні інженерні методи для задач, які розглядаються в курсі – коливання тіл з одним ступенем вільності, динаміка стержня, балки. Є основи методу зважених невязок, основи методу кінцевих елементів.

5. Рихтмайер Р., Мортон К. *Разностные методы решения краевых задач*. М.: Мир, 1972. — 420 с.

Класична книга, що присвячена різницевим методам рішення задачі Коші і змішаної задачі для рівнянь в частинних похідних. Розглядаються рівняння теплопровідності, хвильове рівняння, рівняння газової динаміки, рівняння переносу.

6. Peter J. Olver. *Introduction to Partial Differential Equations*. Springer International Publishing. 2014. 665 p. DOI 10.1007/978-3-319-02099-0

Книжка цікава тим, що техніка рішення рівнянь в частинних похідних дається на прикладі задач мат фізики, де поруч використовуються аналітичні і чисельні методи. Звідси даються завдання для 3ї лаб (стр 210+) для задачі Діріхле. Є поняття оберненої температурної задачі.

Додаткова література

Ця література, з однієї сторони, є прикладами практичного застосування чисельно-аналітичних методів мат фізики в техніці та індустрії, а з іншої, - може бути основою творчого розвитку, зокрема, з метою написання магістерських робіт.

1. Orynyak I.V., Radchenko S.A., Dubik Ya. R. *Application of the Transfer Matrix Method to the Analysis of Hydro-mechanical Vibration of NPP Piping*. // ASME 2013 Pressure Vessels & Piping Conference (PVP 2013), July 14-18, 2013 Paris, France. PVP2013-97676.
2. Orynyak I., Radchenko S., Batura A., Bohdan A. *Two Axisymmetric Models Application for Fast and Conservative Analysis of Cold Plumes in RPV at PTS Condition* // Proceedings of the ASME 2014 Pressure Vessels & Piping Conference July 20-24, 2014, Anaheim, California, USA, PVP2014-28997.
3. Orynyak I., Dubyk I., Batura A. *Analysis of Dynamic Stress in the Reactor Core Barrel due to the Pressure Pulsations* // ASME 2015 Pressure Vessels and Piping Conference. – American Society of Mechanical Engineers, 2015. – PVP2015-45291, doi: 10.1115/PVP2015-45291.
4. Dubyk, Iaroslav, and Orynyak, Igor. "Analysis of Water Hammer due to Sudden Rupture of Reactor Coolant System." Proceedings of the ASME 2016 Pressure Vessels and Piping Conference. Volume 4: Fluid-Structure Interaction. Vancouver, British Columbia, Canada. July 17–21, 2016. V004T04A021. ASME. <https://doi.org/10.1115/PVP2016-63589>

5. Orynyak Igor, Burak Igor, Okhrimchuk Sergiy, Novikov Andrii, and Pashchenko Andrii. Assessment of Stress-Displacement State of Cable Suspended Pipeline Bridge During Inspection Pig Motion // Proceedings of the 2016 11th International Pipeline Conference IPC2016 September 26-30, 2016, Calgary, Alberta, Canada (Scopus) doi.org/10.1115/IPC2016-64197
6. Dubyk Y., Orynyak I., Ishchenko O. (2018) An exact series solution for free vibration of cylindrical shell with arbitrary boundary conditions. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 89, no 1, pp. 79-88. 10.33108/visnyk_tntu2018.01.079
7. Orynyak I, Dubyk Y. Approximate Formulas for Cylindrical Shell Free Vibration Based on Vlasov's and Enhanced Vlasov's Semi-Momentless Theory. ASME. Pressure Vessels and Piping Conference, Volume 8: Seismic Engineering():V008T08A050. doi:10.1115/PVP2018-84932.
8. Orynyak I., Mazuryk R., Orynyak A. (2020). "Basic (discontinuous) and smoothing up (conjugated) solutions in transfer matrix method for static geometrically nonlinear beam and cable in plane". Journal of Engineering Mechanics, V46, 5. doi: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001753
9. Oryniak A., Orynyak I. (2021) "Application of short and long (enhanced Vlasov's) solutions for cylindrical shell on example of concentrated radial force" J. Pressure Vessel Technol. Feb 2021, 143(1): 014501 (11 pages). Paper No: PVT-19-1069 doi.org/10.1115/1.4047828
10. Orynyak I.V., Bai Yu.P. Application of exponential functions in weighted residuals method in structural mechanics. Part II: static and vibration analysis of rectangular plate// Advanced Mechanics Technology. 2021 N1. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47338>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

Перший розділ є обов'язковим для засвоєння усім студентам. Там даються базові поняття різницевої схеми, поняття про краєву задачу та задачу Коші (на початкові умови). Описується узагальнений метод Крилова рішення диф рівнянь з правими частинами, та описується метод початкових параметрів (transfer matrix method) як техніка зручного рішення системи рівнянь. Як підсумок, студенти рішення Першу лабораторну роботу, яка, зазвичай, включає в собі три компоненти. Перша – це аналітичне рішення задачі, для того, щоб було зручно перевірити чисельне ішення. Друга – це аналітичне обґрунтування кількості необхідних кроків заданої чисельної схеми, щоб отримати рішення з заданною точністю. І третя компонента – це власне чисельне рішення.

Другий розділ – це власне найпростіші нестационарні задачі мат фізики (задачі в частинних похідних). Це наступні: розподіл тепла в стержні, хвильова задача, динаміка балки, та динаміка взаємодії тверде тіло – рідина в тонкостінному трубопроводі. Кожна з задач має свої особливості постановки та рішення. По кожній задачі розглядаються три-чотири можливих методи рішення. Це сітковий метод, аналітичне рішення методом розділення змінних (метод Фур'є), піваналітичний метод. По кожному методі окреслюються перспективи його розвитку. Щодо підсумкової лабораторної по розділу. Оскільки задачі є складними, то звичайно, одна задача рішення студентом лише одним методом. Проте даються однакові задачі різним студентам, але кожен рішення іншим методом. Потім на заняттях всі обговорюють і порівнюють результати. Важливо, щоб студент освоїв різні методи, але не обов'язково, щоб він в деталях розумів застосування всіх методів для всіх задач.

Третій розділ – найскладніший. Тут вивчаються а) двовимірні задачі матфізики; б) метод зв'язаних невязок як ефективний піваналітичний метод рішення задач мат фізики та як підґрунтя до розвитку методу кінцевих елементів. Даються базові знання по теорії пластин та аналітичні рішення. Потім описується методологія застосування МЗН до рішення подібних задач. В кінці наводиться майже дослівно стаття автора, де показана техніка застосування

методу, його порівняння з іншими роботами. Цей матеріал слугує також як приклад оформлення результатів роботи. Лабораторні роботи даються в основному для прямокутної мембрани, як найпростішої задачі для двовимірних тіл.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Лабораторні роботи в принципі є досить складними і оволодіння ними уже свідчить про набуті чи існуючі знання у студентів. Вони складені таким чином, що часто необхідно консультиватися з викладачем чи вивчати спеціальну літературу, адже задачі складаються по матеріалам різних технічних і фізичних процесів, і розуміння їх є часто умовою, що допомагає іштити задачу. Крім того, лекції містять велику кількість оригінальних матеріалів, що спонукає студентів займатися пошуком літератури. Задачі є такими, що вимагають розуміння фізичної суті чи доповнення геометричних чи фізичних параметрів

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- Неможливо оволодіти курсом лише з лекцій, тому через ЗУМ надається велика кількість додаткових консультацій. Спеціальних вимог щодо присутності на лекціях немає, бо є контрольні роботи, екзамен, а особливо лабораторні, бо кожна лабораторна це невелика дослідницька робота. Успішне виконання лабораторної є свідченням кваліфікації
- Спеціальних вимог щодо на заняттях немає, якщо все в межах пристойності. Звичайно, заохочується активність, підготовка додаткових повідомлень, тощо. В кінці (останній місяць) студенти активно залучаються до навчального (себе і одногрупників) процесу шляхом проведення активного захисту і демонстрації свої результатів. Осільки завдання індивідуальні, то результати є цікавими і пізнавальними для інших. Враховується активність як демонстрантів, так і слухачів
- Лабораторні роботи оформляються як наукові роботи з постановкою задачі, рішенням, висновками і оформлюються наглядно, повно, логічно і красиво. Такі вимоги до оформлення. Дозволяється здавати необмежене число раз, викладач ставить питання (або усно, при явному навчанні, або письмово в тексті лабораторної – при карантинному навчанні), які вимагають відповіді. Починаючи з певного рівня (60 відносних балів) студенту дається вибір: або покращити роботу (є дуже конкретні зауваження викладача) або отримати запропоновану оцінку.

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

1. Робота на практичних заняттях

Викладач має право заохотити студента певною додатковою кількістю балів (максимально – 4 бали за семестр) за надання оригінального рішення, відповіді чи питання на практичних заняттях. За одне заняття студент не може отримати більше, ніж 1 бал.

2. Модульний контроль

Максимальна кількість балів за двогодинну МКР дорівнює:

$$8 \text{ балів} \times 1 = \mathbf{8 \text{ балів.}}$$

Кожне завдання контрольної роботи оцінюється (в залежності від його складності) в один, півтора чи два бала.

Максимальну кількість балів студент отримує у випадку, якщо він навів повний та правильний розв'язок задачі або припустився незначних арифметичних помилок/описок, які не вплинули суттєво на розв'язок.

Меншу ніж максимальну кількість балів (як правило, половину від цієї максимальної кількості) студент отримує у випадку, коли наведений ним розв'язок є правильним, проте неповним (задача не розв'язана до кінця), або хід розв'язку є правильним та повним, проте студент припустився помилок, які суттєво вплинули на відповідь.

Нуль балів студент отримує у випадку, коли задача взагалі не розв'язана, або наведений хід розв'язку містить грубі помилки, або наведено тільки відповідь на задачу.

3. Бали за виконання та захист лабораторних робіт

Протягом семестру студент виконує 3 лабораторні роботи. Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу: 14 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: $14 \text{ балів} \times 3 = 42 \text{ балів}$. Бали нараховуються за:

- відповіді на теоретичні запитання викладача: 0 – 5 балів,
- за повноту і естетичність оформлення звіту: 0-4 бали
- відповіді на запитання викладача по програмній реалізації: 0 – 5 балів;

штрафні бали можна отримати за:

- несвоєчасність подання роботи до захисту: за кожен прострочений тиждень мінус 1 бал, але сумарний штраф не повинен перевищувати мінус 6 балів.

Граничні терміни виконання лабораторних робіт		
1	2	3
20 жовтня	15 листопада	12 грудня

Кожна лабораторна робота повинна супроводжуватись відповідним звітом, в форматі WORD, поданим в електронному вигляді. Звіт має містити титульну сторінку, назву предмета, номер лабораторної, дату відправлення, прізвище студента, постановку задачі. В описовій частині треба привести опис загального алгоритму і теоретичні відомості до роботи, ілюстрації, тестові приклади і розрахунки з відповідними їм знімками екрану комп'ютера (скріншотами), висновки, програмні коди. Звіт може відсилатися назад на доопрацювання. Додаткові питання викладач може задавати письмово, тоді і відповідь в звіті повинна бути викладена студентом письмово.

4. Відповідь на екзамені

Ваговий бал – **50**.

Форма проведення екзамену залежить від того – буде він відбуватися у традиційному (очному) режимі чи у дистанційному:

Очна форма	Дистанційна форма
На екзамені студент отримує білет з двома теоретичними та двома практичними завданнями.	На екзамені студент отримує білет з одним теоретичним та двома практичними завданнями.
<p>За відповіді на кожне з теоретичних чи практичних завдань нараховується максимум 10 балів. На вказані завдання студент надає письмову відповідь, яку викладач перевіряє у день проведення екзамену.</p> <p>За відповідь на кожне запитання білету студент отримує:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 8-10 балів, якщо він надав повну та правильну відповідь або припустився незначних похибок, які істотно не вплинули на саму відповідь, – 5-7 балів, якщо відповідь правильна лише частково або не є повною (наприклад, наведена лише схема необхідного доведення теореми або під час розв'язання прикладу не перевірена можливість застосування відповідного методу), 	

- 2-4 бали, якщо відповідь частково правильна, але містить значні прогалини (наприклад, відсутнє необхідне доведення теореми чи під час розв’язання прикладу враховані не всі можливі випадки),
- 0-1 бали, якщо відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки.

Для встановлення степені знання студентом матеріалу дисципліни після перевірки письмової відповіді викладач додатково задає студенту одне чи декілька нових запитань – на уточнення наданої відповіді або, взагалі, на іншу тему з матеріалу, що перевіряється.

Відповіді на сукупність додаткових запитань оцінюються загалом від 0 до 10 балів в залежності від їх точності та повноти за тим же принципом, що і відповіді на письмові завдання.

Відповіді на сукупність додаткових запитань оцінюються загалом від 0 до 20 балів в залежності від їх точності та повноти за тим же принципом, що і відповіді на письмові завдання.

Викладач має право захопити студента певною кількістю балів (максимально – 3 бали) за надання оригінального рішення чи відповіді на екзамені.

6. Заохочувальні бали за:

- виступ на лекції (за попередньою домовленістю з лектором) із доповіддю по матеріалам навчального курсу (або близьким до них), надається до 3-х заохочувальних балів;
- активність на лекціях, тобто за
 - відповіді на запитання лектора до загальної аудиторії,
 - знаходження описок/помилки у лекціях,
 - задавання «правильних запитань», тобто запитань, які свідчать про вдумливу роботу студента з навчальним матеріалом нараховується загалом до 3-х заохочувальних балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 8 + 14 \cdot 3 = 50 \text{ балів.}$$

Із цієї суми за семестр студент може набрати певну кількість балів r_C .

Екзаменаційна складова (R_E) шкали дорівнює 50 балам, тобто складає 50% від R .

За відповідь на екзамені студент може набрати певну кількість балів r_E .

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_C + R_E = 100$ балів.

Сумарна кількість заохочувальних балів (r_S) за роботу студента з дисципліни під час семестру (див. п. 1 та п. 6) не повинна перевищувати $0,1 \times R_C$, тобто $0,1 \times 50$ балів = 5 балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання як мінімум, двох розрахункових робіт.

Студенти, які допущені до екзамену, отримують свою попередню оцінку з дисципліни (R_D) автоматично.

Вона повідомляється студентам на консультації перед екзаменом і розраховується таким чином:

$$R_D = 2 * (r_C + r_S).$$

Якщо навчання відбувалося у дистанційному режимі й студент погоджується із попередньою оцінкою, то вона стає остаточною та виставляється у екзаменаційну відомість.

Якщо навчання відбувалося у дистанційному режимі й студент не згоден із попередньою оцінкою, яку він отримав «автоматом», то він здає екзамен за наведеними раніше правилами, а його остаточною рейтинговою оцінкою R_D розраховується за формулою: $R_D = r_C + r_S + r_E$.

Якщо навчання відбувалося у очному режимі, то оцінка за екзамен автоматично не виставляється, а студенти здають екзамен у традиційному форматі за наведеними раніше

правилами, при цьому остаточна рейтингова оцінка R_D студента розраховується за формулою: $R_D = r_C + r_S + r_E$.

Для отримання відповідних оцінок рейтингова оцінка студента R_D переводиться згідно з такою таблицею:

Межі переведення рейтингових оцінок	R_D	Оцінка
$R_D \geq 0,95R$	≥ 95	відмінно
$0,85R \leq R_D < 0,95R$	85 .. 94,5	дуже добре
$0,75R \leq R_D < 0,85R$	75 .. 84,5	добре
$0,65R \leq R_D < 0,75R$	65 .. 74,5	задовільно
$0,6R \leq R_D < 0,65R$	60 .. 64,5	достатньо
$R_D < 0,6R$	< 60	незадовільно
Розрахункові роботи не виконано		не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором каф. ПМА Ориняк І.В.

Ухвалено кафедрою *прикладної математики* (протокол № 12 від 02 червня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету *прикладної математики* (протокол № 7 від 24.06.21)