

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра обчислювальної математики**

**Затверджено**

на засіданні  
кафедри обчислювальної математики  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № \_1\_ від \_29\_ серпня\_ 2023 р.)

Завідувач кафедри



Роман ХАПКО

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Вступ до блокчейн-технологій»,**  
**що викладається в межах ОПШ Прикладна математика**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів**  
**зі спеціальності 113 – Прикладна математика**

Львів 2023 р.

|  |   |
|--|---|
| <b>Назва дисципліни</b>  | Вступ до блокчейн-технологій  |
| <b>Адреса викладання дисципліни</b>                              | Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка<br>м. Львів, вул. Університетська 1   |
| <b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>       | Факультет прикладної математики та інформатики<br>Кафедра обчислювальної математики   |
| <b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>                 | 113 Прикладна математика  |
| <b>Викладачі дисципліни</b>                                      | Лаврик Святослав Володимирович, асистент кафедри обчислювальної математики  |
| <b>Контактна інформація викладачів</b>                           | <a href="mailto:sviatoslav.lavryk@lnu.edu.ua">sviatoslav.lavryk@lnu.edu.ua</a><br>Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 262.<br>м. Львів, вул. Університетська, 1   |
| <b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b> | Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).  |
| <b>Сторінка курсу</b>  |   |
| <b>Інформація про дисципліну</b>                                 | Дисципліна «Вступ до блокчейн-технологій» є вибірковою дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми «Прикладна математика», яка викладається в 8-му семестрі (4 кредити ECTS).   |
| <b>Коротка анотація дисципліни</b>                               | Курс розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з принципами побудови розподілених та децентралізованих систем, алгоритмічними основами блокчейн систем, методами та інструментами розробки смарт-контрактів Ethereum та Web 3 аплікацій.   |
| <b>Мета та цілі дисципліни</b>                                   | Метою вивчення вибіркової дисципліни «Вступ до блокчейн-технологій» є освоєння студентами принципів побудови розподілених та децентралізованих систем, алгоритмічних основ блокчейн систем, методів та інструментів розробки смарт-контрактів Ethereum та Web 3 аплікацій.  |
| <b>Література для вивчення дисципліни</b>                        | <b>Основна література</b><br>1. Imran Bashir. Mastering Blockchain, 4 <sup>th</sup> edition /Imran Bashir// Packt – 2023<br>2. Darrel Hankerson, Alfred Menezes, Scott Vanstone. Guide to Elliptic Curve Cryptography / Darrel Hankerson, Alfred Menezes, Scott Vanstone // Springer-Verlag –2004<br>3. <a href="https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper">https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper</a><br>4. <a href="https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf">https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf</a><br><br><b>Допоміжна література:</b><br>1. <a href="https://ethereum.org/en/developers/docs">https://ethereum.org/en/developers/docs</a><br>2. <a href="https://www.openssl.org/docs/">https://www.openssl.org/docs/</a> |

|   |  |
|---|--|
|   | <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <a href="https://remix-ide.readthedocs.io/en/latest/">https://remix-ide.readthedocs.io/en/latest/</a></li> <li>4. <a href="https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.24/">https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.24/</a></li> <li>5. <a href="https://archive.trufflesuite.com/docs/">https://archive.trufflesuite.com/docs/</a></li> <li>6. <a href="https://docs.ethers.org/v5/">https://docs.ethers.org/v5/</a></li> <li>7. <a href="https://docs.openzeppelin.com/">https://docs.openzeppelin.com/</a></li> </ol>   |
| <b>Обсяг курсу</b>  | <p>Загальний обсяг:<br/>120 годин (аудиторних занять: 56 год., з них 28 год. лекцій та 28 год. лабораторних робіт; самостійної роботи: 64 год).</p>  |
| <b>Очікувані результати навчання</b>  | <p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципи побудови розподілених та децентралізованих систем;</li> <li>– основи криптографічних алгоритмів, що використовують в блокчейн-технологіях;</li> <li>– основи алгоритмів децентралізованого консенсусу, що використовують в блокчейн-технологіях;</li> <li>– архітектуру блокчейн-системи Ethereum, основні поняття та засоби мови програмування Solidity;</li> <li>– принципи та інструменти побудови смарт-контрактів, токенів в Ethereum;</li> <li>– основи побудови Web 3 аплікацій з використанням бібліотеки ethers.js та інших;</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– аналізувати і розуміти особливості архітектури різних блокчейн-систем;</li> <li>– розробляти смарт-контракти, токени та інші типи децентралізованих аплікацій в системі Ethereum;</li> <li>– розробляти Web 3 аплікації з використанням бібліотеки ethers.js та інших;</li> </ul> |
| <b>Ключові слова</b>  | Розподілені системи, децентралізовані системи, криптографія, алгоритми консенсусу, блокчейн, Ethereum, Web 3, Solidity.  |
| <b>Формат курсу</b>   | Очний<br>Проведення лекцій, лабораторних занять і консультацій.  |
| <b>Теми</b>   | Подано нижче у таблиці Схема курсу «Вступ до блокчейн-технологій».   |
| <b>Підсумковий контроль, форма</b>  | Залік.   |
| <b>Пререквізити</b>   | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з:<br>- теорії алгоритмів та структур даних;<br>- програмування;  |
| <b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b> | Презентації, лекції (лекції-бесіди, лекції-розповіді).<br>Індивідуальні завдання.  |

| <b>Необхідне обладнання</b>  | Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio, Visual Studio Code, openssl, Node.js, доступ до Internet мережі.   |                       |                                 |                |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
|--|---|-----------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|-------|---|----------|----------|----------|---|------------|---|------------|--------|-------|--|--|---|-------|--------|---|------------|---------|------------|---|---|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------------|---|---------------|
| <b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b> | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.</p> <table border="1" data-bbox="454 241 1489 801"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="454 241 815 383">Оцінка за шкалою ECTS</th> <th data-bbox="815 241 967 383">Оцінка в балах</th> <th colspan="3" data-bbox="967 241 1489 280">Оцінка за національною шкалою</th> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <th colspan="2" data-bbox="967 280 1297 383">Екзамен, диференційований залік</th> <th data-bbox="1297 280 1489 383">залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="454 383 587 443">A</td> <td data-bbox="587 383 815 443">Відмінно</td> <td data-bbox="815 383 967 443">100 - 90</td> <td data-bbox="967 383 1201 443">Відмінно</td> <td data-bbox="1201 383 1297 443">5</td> <td data-bbox="1297 383 1489 689" rowspan="5">зараховано</td> </tr> <tr> <td data-bbox="454 443 587 504">B</td> <td data-bbox="587 443 815 504">Дуже добре</td> <td data-bbox="815 443 967 504">81- 89</td> <td colspan="2" data-bbox="967 443 1297 568" rowspan="2">Добре</td> <td data-bbox="1297 443 1489 504" rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="454 504 587 564">C</td> <td data-bbox="587 504 815 564">Добре</td> <td data-bbox="815 504 967 564">71 -80</td> </tr> <tr> <td data-bbox="454 564 587 624">D</td> <td data-bbox="587 564 815 624">Задовільно</td> <td data-bbox="815 564 967 624">61 - 70</td> <td data-bbox="967 564 1201 624">Задовільно</td> <td data-bbox="1201 564 1297 624">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="454 624 587 685">E</td> <td data-bbox="587 624 815 685">Достатньо</td> <td data-bbox="815 624 967 685">51- 60</td> </tr> <tr> <td data-bbox="454 685 587 801">FX (F)</td> <td data-bbox="587 685 815 801">Незадовільно</td> <td data-bbox="815 685 967 801">0 - 50</td> <td data-bbox="967 685 1201 801">Незадовільно</td> <td data-bbox="1201 685 1297 801">2</td> <td data-bbox="1297 685 1489 801">не зараховано</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="454 853 1489 1093">Впродовж семестру студент може отримати 100 балів. З них:<br/> - <b>за роботу на лабораторних заняттях:</b> максимальна кількість – 100 балів (4 програми (індивідуальні завдання) по 25 балів); для кожного завдання встановлено терміни здачі. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (кожен блок тем на 5 балів менше).</p> <p data-bbox="454 1106 1075 1137">Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p data-bbox="454 1173 1126 1205"><b>Критерії оцінювання індивідуальних завдань:</b></p> <p data-bbox="454 1218 1489 1413"><b>25 балів</b> – студент повністю виконав умови завдання, алгоритм реалізовано правильно, відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання, проводить чіткий аналіз та порівняння отриманих результатів, пропонує інші підходи до вирішення поставленого завдання;</p> <p data-bbox="454 1426 1489 1621"><b>20-24 бали</b> – студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, алгоритм реалізовано правильно, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з незначними неточностями;</p> <p data-bbox="454 1635 1489 1830"><b>15-19 балів</b> – студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з неточностями;</p> <p data-bbox="454 1843 1489 2009"><b>5-14 балів</b> – студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які частково може виправити, якщо на них вкаже викладач, на запитання відповідає з помилками, проводить аналіз отриманих результатів з помилками;</p> <p data-bbox="454 2022 1489 2094"><b>2-5 балів</b> – студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які самостійно не може виправити, переважно не</p> | Оцінка за шкалою ECTS |                                 | Оцінка в балах | Оцінка за національною шкалою |  |  |  |  |  | Екзамен, диференційований залік |  | залік | A | Відмінно | 100 - 90 | Відмінно | 5 | зараховано | B | Дуже добре | 81- 89 | Добре |  |  | C | Добре | 71 -80 | D | Задовільно | 61 - 70 | Задовільно | 3 | E | Достатньо | 51- 60 | FX (F) | Незадовільно | 0 - 50 | Незадовільно | 2 | не зараховано |
| Оцінка за шкалою ECTS  |   | Оцінка в балах        | Оцінка за національною шкалою   |                |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
|  |   |                       | Екзамен, диференційований залік |                | залік                         |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| A  | Відмінно  | 100 - 90              | Відмінно                        | 5              | зараховано                    |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| B  | Дуже добре  | 81- 89                | Добре                           |                |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| C  | Добре   | 71 -80                |                                 |                |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| D  | Задовільно  | 61 - 70               | Задовільно                      | 3              |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| E  | Достатньо   | 51- 60                |                                 |                |                               |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |
| FX (F)   | Незадовільно  | 0 - 50                | Незадовільно                    | 2              | не зараховано                 |  |  |  |  |  |                                 |  |       |   |          |          |          |   |            |   |            |        |       |  |  |   |       |        |   |            |         |            |   |   |           |        |        |              |        |              |   |               |

|                   |  |
|-------------------|--|
|                   | <p>відповідає на запитання;</p> <p><b>1 бал</b> – студент виконав завдання частково з грубими помилками, які самостійно не може виправити, демонструє незнання матеріалу;</p> <p><b>0 балів</b> – студент не виконав завдання.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані за індивідуальні завдання. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> |
| <b>Опитування</b> | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.   |

## Схема курсу «Вступ до блокчейн-технологій»

| Тиждень | Тема, план, короткі тези  | Форма діяльності (заняття) | Література. Ресурси в інтернеті | Завдання, год.                            | Термін виконання |
|---------|---|----------------------------|---------------------------------|---|------------------|
| 1       | <b>Тема 1.</b> Поняття про розподілені та децентралізовані системи, децентралізований консенсус, основні проблеми побудови децентралізованих систем | лекція (2 год.)            | [1]                             | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень        |
|         | <b>Тема 2.</b> Властивості розподілених систем – consistency, availability, partition   | лекція (2 год.)            | [1]                             | Опрацювання лекційного матеріалу          | 1 тиждень        |

|   |   |                         |                          |   |                                |
|---|---|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
|   | tolerance. CAP теорема.   |                         |                          | (2 год.)  |                                |
| 2 | <b>Тема 3.</b> Вступ до криптографії. Основні криптографічні задачі. Поняття криптографічних примітивів. Криптографічні хеш-функції.  | лекція<br>(2 год.)      | [1]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
|   | <b>Тема 3.</b> Базові команди openssl. Приклади використання хеш-функції SHA256 в openssl.  | лабораторне<br>(2 год.) | [1],<br>допоміжна<br>[2] | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
| 3 | <b>Тема 4.</b> Основи симетричної криптографії. Потоківі та блочні шифри. Алгоритми DES, AES, їх особливості.   | лекція<br>(2 год.)      | [1]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
|   | <b>Тема 4.</b> Приклади використання алгоритму AES в openssl. Поняття транспортного кодування (Base64).   | лабораторне<br>(2 год.) | [1],<br>допоміжна<br>[2] | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
| 4 | <b>Тема 5.</b> Основи асиметричної криптографії. Алгоритми RSA, ECC. Алгоритми обміну ключами (Diffie-Hellman)  | лекція<br>(2 год.)      | [1]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
|   | <b>Тема 5.</b> Приклади використання алгоритмів RSA, ECC та Diffie-Hellman key exchange в openssl.<br><i>(Індивідуальне завдання №1. Обмін захищеними повідомленнями з використанням openssl та RSA)</i>          | лабораторне<br>(2 год.) | [1],<br>допоміжна<br>[2] | Виконання індивідуального завдання №1<br>(4 год.) | під час заняття<br><br>2 тижні |
| 5 | <b>Тема 6.</b> Алгоритми децентралізованого консенсусу. Типи стійкості алгоритмів – СFT, ВFT. Практичні обмеження стійкості алгоритмів.   | лекція<br>(2 год.)      | [1]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
|   | <b>Тема 7.</b> Алгоритми консенсусу на основі Proof-of-Work, Proof-of-Stake. Поняття транзакції та децентралізованого леджеру.  | лекція<br>(2 год.)      | [3]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
| 6 | <b>Тема 7.</b> Приклад обчислювальної складності Proof-of-Work на основі хеш-функції SHA256.<br><i>(Індивідуальне завдання №2. Proof-of-Work з використанням SHA256)</i><br><i>Здача індивідуального завдання</i> | лабораторне<br>(2 год.) | [3]                      | Виконання індивідуального завдання №2<br>(4 год.) | під час заняття<br><br>2 тижні |
|   |   |                         |                          |   | під час                        |

|    |  |                         |                          |   |                                |
|----|--|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
|    | <i>№1</i>  |                         |                          |   | заняття                        |
|    | <b>Тема 8.</b> Основи побудови блокчейн системи Ethereum, основні інструменти (адреси, гаманці, seed phrases), поняття про смарт-контракти.  | лекція<br>(2 год.)      | [1]                      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
| 7  | <b>Тема 8.</b> Приклади розробки простих смарт-контрактів з використанням Remix.   | лабораторне<br>(2 год.) | [1],<br>допоміжна<br>[3] | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
|    | <b>Тема 9.</b> Ознайомлення з мовою програмування Solidity.  | лекція<br>(2 год.)      | допоміжна<br>[4]         | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
| 8  | <b>Тема 9.</b> Приклади розробки складніших смарт-контрактів з використанням Remix, приклади тестових мереж Ethereum   | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[3]         | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
|    | <b>Тема 9.</b> Приклади розробки складніших смарт-контрактів з використанням Truffle і Ganache, приклади blockchain explorers.   | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[5]         | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
| 9  | <i>Здача індивідуального завдання №2</i>   | лабораторне<br>(2 год.) | [3]                      | Виконання індивідуального завдання<br>(2 год.)    | під час заняття                |
|    | <b>Тема 10.</b> Ознайомлення з бібліотеками ethers.js та платформою Truffle.   | лекція<br>(2 год.)      | допоміжна<br>[5], [6]    | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень                      |
| 10 | <b>Тема 10.</b> Приклади взаємодії з Ethereum засобами ethers.js – створення та підпис транзакцій, моніторинг транзакцій.  | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[6]         | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                |
|    | <b>Тема 10.</b> Приклади взаємодії з Ethereum засобами Truffle – створення, тестування та деплоймент смарт-контрактів.<br><i>(Індивідуальне завдання №3. Створення смарт-контракту в Ethereum для обміну повідомленнями)</i> | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[5], [6]    | Виконання індивідуального завдання №3<br>(4 год.) | під час заняття<br><br>2 тижні |

|           |   |                         |                       |   |   |
|-----------|---|-------------------------|-----------------------|---|---|
| <b>11</b> | <b>Тема 11.</b> Поняття про токени, взаємозамінність (fungibility) токенів  | лекція<br>(2 год.)      | допоміжна<br>[1]      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень   |
|           | <b>Тема 11.</b> Приклади створення токенів в Ethereum засобами Truffle  | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[5]      | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                                       |
| <b>12</b> | <b>Тема 12.</b> Поняття про NFT (non-fungible tokens), стандарти токенів ERC-20, ERC-721, ERC-1155  | лекція<br>(2 год.)      | допоміжна<br>[1]      | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень   |
|           | <b>Тема 12.</b> Приклади створення NFT токенів в Ethereum засобами Truffle. Бібліотека OpenZeppelin.<br><i>(Індивідуальне завдання №4. Створення токена в Ethereum)</i><br><i>Здача індивідуального завдання №3</i> | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[5], [7] | Виконання індивідуального завдання №4<br>(4 год.) | під час заняття<br><br>2 тижні<br><br>під час заняття |
| <b>13</b> | <b>Тема 13.</b> Поняття про Web 3 аплікації, використання бібліотеки ethers.js у Web-аплікаціях.  | лекція<br>(2 год.)      | допоміжна<br>[6]      | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                                       |
|           | <b>Тема 13.</b> Приклади використання бібліотеки ethers.js у Web-аплікаціях   | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[6]      | Виконання практичних прикладів<br>(2 год.)        | під час заняття                                       |
| <b>14</b> | <b>Тема 14.</b> Аспекти побудови систем з використанням блокчейну, поняття про on-chain та off-chain. Підсумки курсу.   | лекція<br>(2 год.)      | [1]                   | Опрацювання лекційного матеріалу<br>(2 год.)      | 1 тиждень   |
|           | <i>Здача індивідуального завдання №4</i>  | лабораторне<br>(2 год.) | допоміжна<br>[5], [7] | Виконання індивідуального завдання<br>(2 год.)    | під час заняття                                       |