

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення спеціальності  
від « 22 » 09 2020 року  
протокол № 5  
Голова групи д.т.н., проф. Мещеряков В.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан факультету комп'ютерних наук, управління та  
адміністрування  
к.геогр.н., доцент Коваленко Л.Б.

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни

Грід-системи та технології хмарних обчислень

(назва навчальної дисципліни)

122 – «Комп'ютерні науки»

(шифр та назва спеціальності)

«Комп'ютерні науки»

(назва освітньої програми)

РВО «Магістр»

(рівень вищої освіти)

денна

(форма навчання)

1 рік н.

(рік навчання)

1 семестр

(семестр навчання)

4 кр./120 год.

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

іспит

(форма контролю)

Інформаційних технологій

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

Автори: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор  
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні катедри інформаційних технологій від « » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року, протокол № \_\_\_\_\_.

Викладачі: лекції: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор  
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

лабораторні роботи: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор  
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

\_\_\_\_\_

### Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Підготовка фахівців з комп'ютерних наук в галузі сучасних методів, технологій та засобів обробки даних заснованих на використанні грид-системи та хмарних обчислень
Компетентність	К07 Здатність організовувати та проводити інформаційну діяльність на будь-якому об'єкті інформаційної та неінформаційної сфери, керувати колективом розробників проектів
Результат навчання	Р071 Демонструвати вміння виявляти резерви підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності інформаційних служб та вміти мобілізувати їх; вміти очолювати керівництво інформаційної служби.
Базові знання	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Про визначення та класифікація грид-систем.</li> <li>2. Про стек протоколів та структуру грид-систем.</li> <li>3. Про визначення та рівні хмарних обчислень.</li> <li>4. Про класифікацію прикладних завдань, які вирішуються на грид-системах та хмарних обчисленнях.</li> <li>5. Про хмарні технології на основі котејнерізації Docker.</li> <li>6. Про сучасні технології паралельного програмування.</li> <li>7. Про технологію побудови обчислювальних кластерів в системі Slurm.</li> <li>8. Про загальну організацію графічних процесорних пристроїв.</li> </ol>
Базові вміння	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Використання сучасних прикладних бібліотек в середовищі грид-системи та хмарних обчислень.</li> <li>2. Розробка та запуск програм в середовищі PaaS технології контейнерізації Docker.</li> <li>3. Інсталяція та використання обчислювальних кластерів на основі системи Slurm</li> <li>4. Розробка масово паралельних програм з комплексним використанням засобів OpenMP, MPI, CUDA</li> </ol>
Базові навички	1. Використовувати сучасні методи, технології та засоби грид-системи та хмарних обчислень
Пов'язані силлабуси	немає
Попередня дисципліна	немає
Наступна дисципліна	немає

Кількість годин	лекції:	30
	практичні заняття:	-
	лабораторні заняття:	15
	семінарські заняття:	-
	самостійна робота студентів:	75

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Хмарні технології на основі сучасних засобів контейнеризації		
	Введення до грід-системи та хмарних обчислень [1]	2	2
	Вивчення на прикладі: розв'язання лінійних систем за допомогою бібліотеки LAPACK та її розширень для паралельних архітектур [5]	2	2
	Загальна організація та основи використання системи контейнеризації Docker [2]	2	2
	Технологія розробки образів для запуску в контейнерах Docker [2]	2	2
	Вивчення на прикладі: розв'язання лінійних систем за допомогою бібліотеки LAPACK та її розширень в системі Docker [2,5]	2	2
ЗМ-Л2	Комплексне використання сучасних технологій розробки паралельних програм в грід-системах та хмарних обчисленнях		
	Комплекс сучасних технологій паралельного програмування: OpenMP, MPI, CUDA [3]	2	2
	Технологія програмування багатоядерних систем зі спільною пам'яттю в системі OpenMP [3]	2	2
	Технологія програмування розподілених систем з виділеною пам'яттю в системі MPI [3]	2	2
	Технологія програмування графічних процесорних пристроїв в системі CUDA [3,16]	2	2
	Особливості розробки паралельних програм мовою системного програмування C [3]	2	2
ЗМ-Л3	Проектування та реалізація засобів грід-системах та хмарних обчислень		
	Проектування та реалізація кластерів в системі MPI [3]	2	2
	Загальна організація системи управління кластерами та балансування навантаження Slurm [4]	2	2
	Інсталяція та налаштування обчислювального кластера в системі Slurm [4]	2	2
	Інтеграція системи Slurm з комплексом технологій паралельного програмування OpenMP, MPI та CUDA [3,4]	2	2

Огляд архітектури сучасних відомих найпотужніших суперкомп'ютерів та кластерів	2	2
Разом:	30	30

Консультації:

Зайцев Дмитро Анатольович, четвер, ауд. 329, 14:45-16:05.

## 2.2. Лабораторний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-ЛР1	Лабораторний модуль		
	1. Інсталяція та використання бібліотеки LAPACK та її розширень для паралельних архітектур [5]	3	5
	2. Основи роботи з контейнерами Docker, запуск пакета LAPACK в контейнері [2,5]	3	5
	3. Розробка та програмування кластерів з використанням технологій MPI-OpenMP [3]	3	5
	4. Побудова лабораторного кластера в системі Slurm [4]	3	5
	5. Розробка програм для графічних процесорних пристроїв в системі CUDA [3,16]	3	5
	Разом:	15	25

Перелік лабораторій:

1. Лабораторія 329.

Перелік лабораторного обладнання:

1. Комп'ютери.

2. Система контейнерів Docker.

3. Системи паралельного програмування OpenMP, MPI, CUDA.

4. Система організації кластерів Slurm

5. Навчальні програми мовою C та конфігураційні файли.

Консультації:

Зайцев Дмитро Анатольович, четвер, ауд. 329, 14:45-16:05.

### 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	Підготовка до лекційних занять	5	1-4 тижні
	Підготовка до модульної контрольної роботи № 1	5	1-4 тижні
	Модульна контрольна робота № 1 (обов'язкова)		4 тиждень
ЗМ-Л2	Підготовка до лекційних занять	5	5-9 тижні
	Підготовка до модульної контрольної роботи № 2	5	5-9 тижні
	Модульна контрольна робота № 2 (обов'язкова)		9 тиждень
ЗМ-Л3	Підготовка до лекційних занять	5	10-15 тижні
	Підготовка до модульної контрольної роботи № 3	5	10-15 тижні
	Модульна контрольна робота № 3 (обов'язкова)		15 тиждень
ЗМ-П1	підготовка до усного опитування напередодні відповідної лабораторної роботи (обов'язкове)	2x5=10	1-15 тижні
	підготовка до захисту звіту з лабораторних робіт (обов'язковий)	3x5=15	1-15 тижні
	Підготовка до іспиту	20	15 тиждень
	Разом:	75	

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л1 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР-1 тестового типу в якій студенти відповідають на 15 запитань. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання МКР-1 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 15 балів або 1 бал за одну правильну відповідь. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 14 і більше запитань – відмінно (14...15 бали), правильна відповідь на 11...13 запитань – добре (11...13 бали), правильна відповідь на 8...10 запитання – задовільно (8...10 бали), правильна відповідь менше ніж на 8 запитань – незадовільно (менше ніж 8 балів).

## 2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л2.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л2 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР-2 тестового типу в якій студенти відповідають на 20 запитань. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання МКР-2 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 20 бали або 1 бал за одну правильну відповідь. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 18 і більше запитань – відмінно (18...20 бали), правильна відповідь на 15...17 запитань – добре (15...17 бали), правильна відповідь на 12...14 запитання – задовільно (12...14 бали), правильна відповідь менше ніж на 12 запитань – незадовільно (менше 12 бали).

## 3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л3.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л3 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР-3 тестового типу в якій студенти відповідають на 15 запитань. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання МКР-3 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 15 балів або 1 бал за одну правильну відповідь. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 14 і більше запитань – відмінно (14...15 бали), правильна відповідь на 11...13 запитань – добре (11...13 бали), правильна відповідь на 8...10 запитання – задовільно (8...10 бали), правильна відповідь менше ніж на 8 запитань – незадовільно (менше ніж 8 балів).

## 4. Методика підсумкового оцінювання контрольних заходів для всіх лекційних модулів.

Підсумкова оцінка за всі лекційні модулі дорівнює сумі набраних балів за лекційні модулі ЗМ-Л1, ЗМ-Л2, ЗМ-Л2, яка не може перевищувати 50 балів.

## 5. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1.

За весь практичний модуль встановлена максимальна оцінка 50 балів. За кожну з п'яти лабораторних робіт встановлена максимальна оцінка 10 балів.

Контроль по кожній лабораторній роботі проводиться в формі:

- *усного опитування* при підготовці до кожної лабораторної роботи з метою допуску до її виконання (кількість запитань – до 5, максимальна кількість балів – 5),
- *захисту результатів* лабораторної роботи наведених у звіті до лабораторної роботи (кількість запитань залежить від ходу виконання студентом роботи і якості звіту, максимальна кількість балів – 5).

Для кожної лабораторної роботи, якщо студент за *усне опитування* одержав 2 і менше балів він не допускається до виконання роботи, а якщо більше – допускається.

Для кожної лабораторної роботи при *захисті результатів* студент може



одержати від 1 до 5 балів.

Підсумковою оцінкою за кожну лабораторну роботу буде сума балів за *усне опитування і захист результатів*.

Підсумковою оцінкою за весь практичний модуль буде сума балів за всі лабораторні роботи. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу для ЗМ-П1: 45 балів і більше – відмінно, 37...44,9 – добре, 30...36,9 балів – задовільно, менше 30 балів – незадовільно.

6. Методика оцінювання за всіма змістовними модулями.

Підсумковою оцінкою за всіма змістовними модулями (ОЗ) буде сума балів за лекційні модулі і за практичний модуль.

7. Методика проведення та оцінювання іспиту

Підсумковий контрольний захід проводиться у формі іспиту у письмовій формі, екзаменаційний білет складається з 20 тестових завдань. Час, що виділяється на підготовку визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години. Умова допуску до іспиту – більше 25 балів з практичної частини.

Максимальна оцінка за іспит складає 100 балів. Оцінка еквівалентна відсотку правильних відповідей на запитання. Критерії оцінювання результатів іспиту: 90 балів і більше правильних відповідей – відмінно, 74...89,9 балів – добре, 60...73,9 балів – задовільно, менше 60 балів – незадовільно.

8. Методика підсумкового оцінювання за дисципліну.

Сума балів, яку одержав студент за лекційні модулі, за практичний модуль і за іспит формують інтегральну оцінку студента з навчальної дисципліни. Інтегральна оцінка (В) за дисципліну розраховується за формулою:

$$B = 0,5 \times O3 + 0,5 \times OI,$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) за всіма змістовними модулями, ОІ – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) за іспит.

### 3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни „Грід-системи та технології хмарних обчислень”:

- зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою навчальної та методичної літератури, що наведена в списку;
- після засвоєння змісту кожної теми курсу потрібно відповісти на запитання самоперевірки”, що наведені у даних методичних вказівках і відповідній літературі;
- якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні контрольних робіт, то потрібно звернутись до викладача, який читав лекції;
- за тематикою лабораторних робіт передбачається самостійна робота з програмними засобами LAPACK, Docker, OpenMP, MPI, CUDA, Slurm.

#### 3.1. Модуль ЗМ-Л1 „Хмарні технології на основі сучасних засобів контейнеризації ”

##### 3.1.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л1 формують у студентів уявлення про визначення, основні вимоги та класифікацію грід-системах та хмарних обчислень, концепцію віртуальної організації, структуру, стек протоколів та оболонки грід-системи, рівні хмарних обчислень IaaS, PaaS, SaaS.

У якості найбільш розповсюдженої сучасної платформи хмарних обчислень вивчається система контейнеризації Docker, технологія побудови, розподіленого зберігання та запуску образів, які виконуються в контейнерах.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на практичні аспекти використання грід-системах та хмарних обчислень, основні їх області застосування, та відповідні інструментальні засоби. Для вивчення на прикладі обрано найбільш розповсюджену прикладну бібліотеку розв’язання лінійних систем LAPACK, яка інсталується та використовується спочатку в середовищі операційної системи, а потім в контейнері Docker. Для порівнянь виконуються тести продуктивності — бенчмарки (benchmarks).

##### 3.1.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л1 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Грід-системи та технології хмарних обчислень”, наведені нижче:

1. Засоби віддаленого доступу комп’ютерних мереж?
2. Відмінні риси суперкомп’ютерів і кластерів?
3. Основні засоби паралельного програмування?
4. Паралельне програмування з використанням графічних процесорів?
5. Визначення грід?

6. Концепція віртуальної організації?
7. Основні вимоги до грид?
8. Основні типи грид?
9. Класифікація грид по використанню?
- 10.Стек протоколів грид?
- 11.Типова структура грид?
- 12.Основні оболонки грид?
- 13.Концепція хмарних обчислень?
14. Інфраструктура як послуга (IaaS)?
15. Платформа як послуга (PaaS)?
- 16.Програмне забезпечення як послуга (SaaS)?
- 17.Основні публічні хмари?
18. Основні прикладні завдання грид і хмар?
19. Українська національна грид?
20. Основні Європейські та світові грид?
21. У чому полягає різниця щільних і розріджених матриць?
22. В яких одиницях вимірюється продуктивність комп'ютерів і кластерів?
23. Недоліки традиційної установки ПО?
24. Недоліки віртуальних машин?

### 3.2. Модуль ЗМ-Л2 „Комплексне використання сучасних технологій розробки паралельних програм в грид-системах та хмарних обчисленнях”

#### 3.2.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л2 формують у студентів уявлення про комплекс сучасних технологій масово паралельного програмування, які використовують розподілені гетерогенні архітектури багатоядерних вузлів із підключенням численних графічних процесних пристроїв.

У якості мов паралельного програмування використовуються сучасні де-факто стандарти для багатоядерних вузлів із сумісною пам'яттю — OpenMP, розподілених вузлів із власною пам'яттю — MPI та найбільш розповсюджених графічних процесорних пристроїв компанії NVIDIA CUDA.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на практичні аспекти розробки паралельних програм мовою системного програмування C, а також на сумісне використання зазначених технологій з метою організації масово паралельних обчислень.

#### 3.2.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л2 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Грид-системи та технології хмарних обчислень”, наведені нижче:

1. Особливості архітектури паралельного комп'ютера OpenMP?
2. Багатоядерні процесори як типове засіб паралельної обробки інформації?

3. Багатопотокове ( «багатониткове») програмування?
4. Основні стандарти OpenMP?
5. Вбудована реалізація OpenMP в gcc і libc?
6. Директиви компілятора в OpenMP?
7. Бібліотечні функції в OpenMP?
8. Змінні оточення в OpenMP?
9. Принципи організації паралельних секцій в OpenMP?
10. Принципи організації роздільного програмування потоків (ниток) в OpenMP?
11. Конфлікти при спільному використанні (поділі) змінних в OpenMP?
12. Засоби запобігання конфліктам в OpenMP?
13. Синхронізація потоків як засіб запобігання конфліктів в OpenMP?
14. Редукція як засіб «м'якої» синхронізації потоків при розпаралелювання циклів в OpenMP?
15. Вкладений паралелізм в OpenMP?
16. Розпаралелювання циклів в OpenMP?
17. Динамічна та статична диспетчеризація потоків в OpenMP?
18. Класи змінних потоків в OpenMP?
19. Основні директиви синхронізації потоків в OpenMP?
20. Основні функції OpenMP?
21. Основні змінні оточення OpenMP?
22. Використання конвеєра команд в OpenMP?
23. Архітектура паралельної обробки в MPI?
24. Стандарти та реалізації MPI?
25. Особливості компіляції і запуску програм в MPI?
26. Розмір і ранг комунікатора MPI як основа поділу робіт між вузлами (процесами) MPI?
27. Основні принципи розробки програм з використанням MPI?
28. Масштабованість як основний принцип MPI?
29. Поділ робіт на основі концепції майстер-працівник в MPI?
30. Функція відправки повідомлення в MPI, основні параметри?
31. Функція отримання повідомлення в MPI, основні параметри?
32. Отримання повідомлень від довільного відправника?
33. Використання тегів номера повідомлень для організації складних протоколів обміну інформацією в MPI?
34. Типовий обмін повідомленнями фіксованої довжини в MPI?
35. Типовий обмін повідомленнями змінної довжини в MPI?
36. Особливості поділу робіт в MPI: ледачий і працюючий майстер?
37. Принципи балансування навантаження в MPI?
38. Типова структура MPI кластера?
39. Основні етапи створення MPI кластера?
40. Призначення і особливості установки SSH для створення MPI кластера?
41. Призначення і особливості установки NFS для створення MPI кластера?
42. Запуск MPI додатки на кластері?
43. Система запуску MPI процесів Hydra?
44. Особливості організації взаємодії MPI-OpenMP при розпаралелювання програм?

45. Організація захищених з'єднань за допомогою SSH?
46. Налаштування SSH-сервера?
47. Налаштування SSH-клієнта?
48. Принципи організації кооперативних і односторонніх операцій обміну інформацією в MPI?
49. Синхронна (Ssend) передача повідомлень в MPI?
50. Буферизована (Bsend) передача повідомлень в MPI?
51. Передача повідомлень по готовності одержувача (Rsend) в MPI?
52. Тупики при обміні повідомленнями в MPI?
53. Неблокуючих комунікації (Isend-Irecv) в MPI?
54. Очікування і перевірка наявності повідомлення в неблокуючих комунікаціях MPI?
55. Принципи організації блокуючих і неблокуючих комунікацій в MPI?
56. Перевірка множинного завершення комунікацій в MPI?

### 3.3. Модуль ЗМ-Л3 „Проектування та реалізація засобів ґрід-систем та хмарних обчислень”

#### 3.3.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л2 формують у студентів уявлення про технології та інструментальні засоби інтеграції окремих обчислювальних пристроїв та вузлів в єдиний обчислювальний кластер, що є основою розбудови ґрід-систем та хмарних обчислень, а також балансування навантаження з метою підвищення ефективності роботи програмно-апаратних комплексів.

У якості основного засобу розбудови кластерів та балансування навантаження використано систему Slurm, яка фактично керує роботою найбільш потужних комп'ютерів у світі. Крім того, важливе значення має інтеграція систем паралельного програмування OpenMP, MPI та CUDA до системи Slurm, а також балансування навантаження всіх пристроїв.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на практичні аспекти формування кластерів із існуючих комп'ютерів з'єднаних за допомогою мережі, а також на аспекти масштабування, які дозволяють використати ту ж саму технологію для керування обладнанням суперкомп'ютерів.

#### 3.3.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л2 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Ґрід-системи та технології хмарних обчислень”, наведені нижче:

1. Для чого призначений Slurm?
2. Основні функції Slurm?
3. Основні компоненти Slurm?
4. Основні сутності Slurm?
5. Призначення і особливості функціонування програми slurmd?

6. Призначення і особливості функціонування програми `slurmctld`?
7. Призначення і особливості функціонування програми `slurmdbd`?
8. Призначення і формат команди `sinfo`?
9. Призначення і формат команди `squeue`?
10. Призначення і формат команди `srun`?
11. Призначення і формат команди `sbatch`?
12. Призначення і основні компоненти `OpenSSL`?
13. Особливості установки `OpenSSL`?
14. Призначення і основні компоненти `Munge`?
15. Особливості установки `Munge`?
16. Особливості установки `Slurm`?
17. Основні файли конфігурації `Slurm`?
18. Основні параметри конфігурації `Slurm`?
19. Опис вузла в конфігурації `Slurm`?
20. Опис розділу в конфігурації `Slurm`?
21. Особливості вибору вузлів і планування завдань в `Slurm`?
22. Обмеження часу виконання завдання в `Slurm`?
23. Топології розділу в `Slurm`?

### 3.4. Модуль ЗМ-П1 „Практичний модуль”

#### 3.4.1. Повчання

При вивченні практичного модуля студенти набувають уміння 1) використання сучасних прикладних бібліотек, в тому числі, розроблених для паралельних архітектур; 2) програмування в хмарах з використанням контейнерів `Docker`; 3) розробки масово паралельних програм з інтеграцією засобів `OpenMP`, `MPI`, `CUDA`; 4) практичної побудови кластерів в системі `Slurm`.

При вивченні цього модуля необхідно звернути увагу на практичне застосування одержаних теоретичних знань про грід-системи та технології хмарних обчислень. Лабораторні роботи дозволяють студенту отримати навички з проектування та інсталювання власних кластерів з використанням доступного обладнання, розробки масово паралельних програм для кластерів, грід-системи та хмарних обчислень, а також можливого масштабування конфігурацій до отримання суперкомп'ютерних потужностей.

Перевірка якості засвоєних знань і одержаних навичок при вивченні цього модуля здійснюється викладачем під час проведення лабораторних занять шляхом усного опитування з наведених для теоретичних модулів питань і перевіркою якості виконання лабораторної роботи із застосуванням систем контейнеризації `Docker`, керування кластерами `Slurm`, масово паралельного програмування із інтегрованим використанням засобів `OpenMP`, `MPI`, `CUDA`.

#### 3.4.2. Питання для самоперевірки

1. Для чого призначений пакет LAPACK?
2. Перерахуйте основні функції пакета LAPACK?
3. Які правила іменування функцій пакета LAPACK?
4. На якому алгоритмічній мові написаний пакет LAPACK?
5. Яке призначення бібліотеки LAPACK?
6. Для чого призначена бібліотека BLAS?
7. Яким чином підключаються засоби LAPACK до програми на мові C?
8. Які команди використовуються для оновлення програмного забезпечення Linux?
9. Які команди використовуються для установки і видалення програмного забезпечення Linux?
10. Яким чином можна змінити обмеження ресурсів доступних користувачеві в Linux?
11. Яким чином можна виміряти час виконання програми в Linux?
12. Яким чином виконується переадресація стандартних потоків даних в Linux?
13. Для чого призначена програма make?
14. Для чого призначений Makefile і який його формат?
15. Які основні функції для роботи з динамічною пам'яттю в мові C?
16. Які принципи роботи з динамічними матрицями в мові C?
17. Яке призначення і основні параметри тестової програми `example_DGESV_rowmajor.c`?
18. Вкладений паралелізм в OpenMP?
19. Розпаралелювання циклів в OpenMP?
20. Динамічна та статична диспетчеризація потоків в OpenMP?
21. Класи змінних потоків в OpenMP?
22. Основні директиви синхронізації потоків в OpenMP?
23. Основні функції OpenMP?
24. Основні змінні оточення OpenMP?
25. Функція відправки повідомлення в MPI, основні параметри?
26. Функція отримання повідомлення в MPI, основні параметри?
27. Отримання повідомлень від довільного відправника?
28. Використання тегів номера повідомлень для організації складних протоколів обміну інформацією в MPI?
29. Типовий обмін повідомленнями фіксованої довжини в MPI?
30. Типовий обмін повідомленнями змінної довжини в MPI?
31. Особливості поділу робіт в MPI: ледачий і працюючий майстер?
32. Принципи балансування навантаження в MPI?
33. Типова структура MPI кластера?
34. Основні етапи створення MPI кластера?
35. Призначення і особливості установки SSH для створення MPI кластера?
36. Призначення і особливості установки NFS для створення MPI кластера?
37. Запуск MPI додатки на кластері?
38. Система запуску MPI процесів Hydra?
39. Призначення і особливості функціонування програми slurmd?
40. Призначення і особливості функціонування програми slurmctld?
41. Призначення і особливості функціонування програми slurmdbd?

42. Призначення і формат команди `sinfo`?
43. Призначення і формат команди `squeue`?
44. Призначення і формат команди `srun`?
45. Призначення і формат команди `sbatch`?



## 4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

### 4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1.

1. Засоби віддаленого доступу комп'ютерних мереж? [1, с.11]
2. Відмінні риси суперкомп'ютерів і кластерів? [1, с.95]
3. Основні засоби паралельного програмування? [1, с.11]
4. Паралельне програмування з використанням графічних процесорів? [1, с.152]
5. Визначення грід? [1, с.38]
6. Концепція віртуальної організації? [1, с.263]
7. Основні вимоги до грід? [1, с.50]
8. Основні типи грід? [1, с.54]
9. Класифікація грід по використанню? [1, с.55]
10. Стек протоколів грід? [1, с.43]
11. Типова структура грід? [1, с.32]
12. Основні оболонки грід? [1, с.191-195]
13. Концепція хмарних обчислень? [1, с.197]
14. Інфраструктура як послуга (IaaS)? [1, с.197]
15. Платформа як послуга (PaaS)? [1, с.199]
16. Програмне забезпечення як послуга (SaaS)? [1, с.200]
17. Основні публічні хмари? [1, с.217, с. 223, с. 238]
18. Основні прикладні завдання грід і хмар? [1, с.11]
19. Українська національна грід? [1, с.27]
20. Основні Європейські та світові грід? [1, с.27]
21. У чому полягає різниця щільних і розріджених матриць? [5, с.14]
22. В яких одиницях вимірюється продуктивність комп'ютерів і кластерів? [1, с.94-99]
23. Недоліки традиційної установки ПО? [2, с.17]
24. Недоліки віртуальних машин? [2, с.18]
25. Призначення Docker? [2, с.20-23]
26. Образ контейнера Docker? [2, с.34]
27. Як зібрати образ в Docker? [2, с.40]
28. Призначення і основні секції Dockerfile? [2, с.62]
29. Як запустити образ в Docker? [2, с.34]
30. Репозиторій контейнерів - Docker Hub? [2, с.114]
31. Команди завантаження і вивантаження образів в репозитарій? [2, с.115-118]
32. Основні етапи установки Docker в Ubuntu? [2, с.28-30]
33. Основні етапи установки Docker в Windows? [2, с.30-32]
34. Основні можливості Docker? [2, с.50-52]
35. Інтерактивні образи в Docker? [2, с.55-56]

### 4.2. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2.

1. Особливості архітектури паралельного комп'ютера OpenMP? [1, с.81-88]

2. Багатоядерні процесори як типове засіб паралельної обробки інформації? [1, с.125-129]
3. Багатопотокове ( «багатониткове») програмування? [1, с.185]
4. Основні стандарти OpenMP? [1, с.185]
5. Вбудована реалізація OpenMP в gcc і libc? [3, с.208-211]
6. Директиви компілятора в OpenMP? [3, с.204]
7. Бібліотечні функції в OpenMP? [3, с.204-205]
8. Змінні оточення в OpenMP? [3, с.204-205]
9. Принципи організації паралельних секцій в OpenMP? [3, с.214-217]
10. Принципи організації роздільного програмування потоків (ниток) в OpenMP? [3, с.217-224]
11. Конфлікти при спільному використанні (поділі) змінних в OpenMP? [3, с.256-257]
12. Засоби запобігання конфліктам в OpenMP? [3, с.256-266]
13. Синхронізація потоків як засіб запобігання конфліктів в OpenMP? [3, с.255-256]
14. Редукція як засіб «м'якої» синхронізації потоків при розпаралелювання циклів в OpenMP? [3, с.257-259]
15. Вкладений паралелізм в OpenMP? [3, с.268-271]
16. Розпаралелювання циклів в OpenMP? [3, с.237-247]
17. Динамічна та статична диспетчеризація потоків в OpenMP? [3, с.268-271]
18. Класи змінних потоків в OpenMP? [3, с.229-235]
19. Основні директиви синхронізації потоків в OpenMP? [3, с.255]
20. Основні функції OpenMP? [3, с.210-211]
21. Основні змінні оточення OpenMP? [3, с.205-206]
22. Використання конвеєра команд в OpenMP? [3, с.268-271]
23. Архітектура паралельної обробки в MPI? [1, с.88-94]
24. Стандарти та реалізації MPI? [1, с.180-181]
25. Особливості компіляції і запуску програм в MPI? [3, с.4-5]
26. Розмір і ранг комунікатора MPI як основа поділу робіт між вузлами (процесами) MPI? [3, с.5-6]
27. Основні принципи розробки програм з використанням MPI? [3, с.6-8]
28. Масштабованість як основний принцип MPI? [3, с.7-8]
29. Поділ робіт на основі концепції майстер-працівник в MPI? [3, с.7-8]
30. Функція відправки повідомлення в MPI, основні параметри? [3, с.13-15]
31. Функція отримання повідомлення в MPI, основні параметри? [3, с.15-17]
32. Отримання повідомлень від довільного відправника? [3, с.17-18]
33. Використання тегів номера повідомлень для організації складних протоколів обміну інформацією в MPI? [3, с.18-19]
34. Типовий обмін повідомленнями фіксованої довжини в MPI? [3, с.20-21]
35. Типовий обмін повідомленнями змінної довжини в MPI? [3, с.22-23]
36. Особливості поділу робіт в MPI: ледачий і працюючий майстер? [3, с.24-25]
37. Принципи балансування навантаження в MPI? [3, с.25-27]
38. Типова структура MPI кластера? [1, с.170-171]
39. Основні етапи створення MPI кластера? [1, с.170-171]

40. Призначення і особливості установки SSH для створення MPI кластера? [1, с.170]
41. Призначення і особливості установки NFS для створення MPI кластера? [1, с.170-171]
42. Запуск MPI додатки на кластері? [3, с.4-8]
43. Система запуску MPI процесів Hydra? [1, с.170]
44. Особливості організації взаємодії MPI-OpenMP при розпаралелювання програм? [3, с.5-10]
45. Організація захищених з'єднань за допомогою SSH? [1, с.170]
46. Налаштування SSH-сервера? [1, с.170]
47. Налаштування SSH-клієнта? [1, с.170]
48. Принципи організації кооперативних і односторонніх операцій обміну інформацією в MPI? [3, с.41-45]
49. Синхронна (Ssend) передача повідомлень в MPI? [3, с.31-33]
50. Буферизована (Bsend) передача повідомлень в MPI? [3, с.33-35]
51. Передача повідомлень по готовності одержувача (Rsend) в MPI? [3, с.35-37]
52. Тупики при обміні повідомленнями в MPI? [3, с.37-39]
53. Неблокуючих комунікації (Isend-Irecv) в MPI? [3, с.40-43]
54. Очікування і перевірка наявності повідомлення в неблокуючих комунікаціях MPI? [3, с.4-8]
55. Принципи організації блокуючих і неблокуючих комунікацій в MPI? [3, с.35-39]
56. Перевірка множинного завершення комунікацій в MPI? [3, с.41-43]

#### 4.3. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ЛЗ.

1. Для чого призначений Slurm? [4, с.77-78]
2. Основні функції Slurm? [4, с.78]
3. Основні компоненти Slurm? [4, с.78-79]
4. Основні сутності Slurm? [4, с.78]
5. Принципи балансування навантаження в MPI? [4, с.77]
6. Типова структура MPI кластера? [1, с.180, с.159]
7. Основні етапи створення MPI кластера? [1, с.180, с.159]
8. Призначення і особливості установки SSH для створення MPI кластера? [1, с.170]
9. Призначення і особливості установки NFS для створення MPI кластера? [1, с.170, 3, с.5-8]
10. Запуск MPI додатки на кластері? [3, с.7-11]
11. Система запуску MPI процесів Hydra? [3, с.9-11]
12. Призначення і особливості функціонування програми slurmd? [4, с.80-81]
13. Призначення і особливості функціонування програми slurmctld? [4, с.80-81]
14. Призначення і особливості функціонування програми slurmdbd? [4, с.80-81]
15. Призначення і формат команди sinfo? [4, с.84-87]
16. Призначення і формат команди squeue? [4, с.84-87]

17. Призначення і формат команди srun? [4, с.80-84]
18. Призначення і формат команди sbatch? [4, с.80-84]
19. Призначення і основні компоненти OpenSSL? [4, с.87-94]
20. Особливості установки OpenSSL? [4, с.87-94]
21. Призначення і основні компоненти Munge? [4, с.87-94]
22. Особливості установки Munge? [4, с.87-94]
23. Особливості установки Slurm? [4, с.87-94]
24. Основні файли конфігурації Slurm? [4, с.87-94]
25. Основні параметри конфігурації Slurm? [4, с.87-94]
26. Опис вузла в конфігурації Slurm? [4, с.87-94]
27. Опис розділу в конфігурації Slurm? [4, с.87-94]
28. Особливості вибору вузлів і планування завдань в Slurm? [4, с.77-78]
29. Обмеження часу виконання завдання в Slurm? [4, с.80-84]
30. Топології розділу в Slurm? [4, с.78-80]

#### 4.4. Тестові завдання до іспиту.

1. Для чого призначений пакет LAPACK? [5, с.3]
2. Перерахуйте основні функції пакета LAPACK? [5, с.14]
3. Які правила іменування функцій пакета LAPACK? [5, с.14-23]
4. На якій алгоритмічній мові написаний пакет LAPACK? [5, с.11-14]
5. Яке призначення бібліотеки LAPACKE? [5, с.3-5]
6. Для чого призначена бібліотека BLAS? [5, с.55-57]
7. Яке призначення і основні параметри тестової програми example\_DGESV\_rowmajor.c? [5, с.73-75]
8. Вкладений паралелізм в OpenMP? [3, с.268-271]
9. Розпаралелювання циклів в OpenMP? [3, с.237-247]
10. Динамічна та статична диспетчеризація потоків в OpenMP? [3, с.268-271]
11. Класи змінних потоків в OpenMP? [3, с.229-235]
12. Основні директиви синхронізації потоків в OpenMP? [2, с.255]
13. Основні функції OpenMP? [3, с.210-211]
14. Основні змінні оточення OpenMP? [3, с.205-206]
15. Функція відправки повідомлення в MPI, основні параметри? [3, с.13-15]
16. Функція отримання повідомлення в MPI, основні параметри? [3, с.15-17]
17. Отримання повідомлень від довільного відправника? [3, с.17-18]
18. Використання тегів номера повідомлень для організації складних протоколів обміну інформацією в MPI? [3, с.18-19]
19. Типовий обмін повідомленнями фіксованої довжини в MPI? [3, с.20-21]
20. Типовий обмін повідомленнями змінної довжини в MPI? [3, с.22-23]
21. Особливості поділу робіт в MPI: ледачий і працюючий майстер? [3, с.24-25]
22. Принципи балансування навантаження в MPI? [3, с.25-27]
23. Типова структура MPI кластера? [3, с.5-7]
24. Основні етапи створення MPI кластера? [3, с.6-8]
25. Призначення і особливості установки SSH для створення MPI кластера? [1,

- с.170]
26. Призначення і особливості установки NFS для створення MPI кластера? [1,с.170-171]
  27. Запуск MPI додатки на кластері? [3, с.4-8]
  28. Система запуску MPI процесів Hydra? [1, с.170]
  29. Призначення і особливості функціонування програми slurmd? [4, с.80-81]
  30. Призначення і особливості функціонування програми slurmctld? [4, с.80-81]
  31. Призначення і особливості функціонування програми slurmdbd? [4, с.80-81]
  32. Призначення і формат команди sinfo? [4, с.84-87]
  33. Призначення і формат команди squeue? [4, с.84-87]
  34. Призначення і формат команди srun? [4, с.80-84]
  35. Призначення і формат команди sbatch? [4, с.80-84]
  36. Особливості архітектури паралельного комп'ютера OpenMP? [1, с.81-88]
  37. Багатоядерні процесори як типове засіб паралельної обробки інформації? [1, с.125-129]
  38. Багатопотокове ( «багатониткове») програмування? [1, с.185]
  39. Основні стандарти OpenMP? [1, с.185]
  40. Вбудована реалізація OpenMP в gcc і libc? [4, с.8-11]
  41. Директиви компілятора в OpenMP? [4, с.4]
  42. Бібліотечні функції в OpenMP? [4, с.4-5]
  43. Змінні оточення в OpenMP? [4, с.4-5]
  44. Принципи організації паралельних секцій в OpenMP? [4, с.14-17]
  45. Принципи організації роздільного програмування потоків (ниток) в OpenMP? [4, с.17-24]
  46. Конфлікти при спільному використанні (поділі) змінних в OpenMP? [4, с.56-57]
  47. Засоби запобігання конфліктам в OpenMP? [4, с.56-66]
  48. Синхронізація потоків як засіб запобігання конфліктам в OpenMP? [4, с.55-56]
  49. Редукція як засіб «м'якої» синхронізації потоків при розпаралелюванні циклів в OpenMP? [4, с.57-59]
  50. Вкладений паралелізм в OpenMP? [4, с.68-71]
  51. Розпаралелювання циклів в OpenMP? [4, с.37-47]
  52. Динамічна та статична диспетчеризація потоків в OpenMP? [4, с.68-71]
  53. Класи змінних потоків в OpenMP? [4, с.29-35]
  54. Основні директиви синхронізації потоків в OpenMP? [4, с.55]
  55. Основні функції OpenMP? [4, с.10-11]
  56. Для чого призначений Slurm? [4, с.77-78]
  57. Основні функції Slurm? [4, с.78]
  58. Основні компоненти Slurm? [4, с.78]
  59. Основні сутності Slurm? [4, с.78]
  60. Визначення ґрид? [1, с.38]
  61. Концепція віртуальної організації? [1, с.263]
  62. Основні вимоги до ґрид? [1, с.50]
  63. Основні типи ґрид? [1, с.54]
  64. Класифікація ґрид по використанню? [1, с.55]

- 65.Стек протоколів грід? [1, с.43]
- 66.Типова структура грід? [1, с.32]
- 67.Основні оболонки грід? [1, с.191-195]
- 68.Концепція хмарних обчислень? [1, с.197]
- 69.Інфраструктура як послуга (IaaS)? [1, с.197]
- 70.Платформа як послуга (PaaS)? [1, с.199]
- 71.Програмне забезпечення як послуга (SaaS)? [1, с.200]
- 72.Основні публічні хмари? [1, с.217, с. 223, с. 238]
- 73.Призначення Docker? [2, с.20-23]
- 74.Образ контейнера Docker? [2, с.34]
- 75.Як зібрати образ в Docker? [2, с.40]
- 76.Призначення і основні секції Dockerfile? [2, с.62]
- 77.Як запустити образ в Docker? [2, с.34]

## 5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### Основна література.

1. Конспект лекцій з дисципліни «Грід-системи та технології хмарних обчислень» для студентів освітніх рівнів «бакалавр», «магістр» / Укладачі : Шимчук Г.В., Маєвський О.В., Назаревич О.Б., Стадник М.А. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2016 – 340 с.
2. Эдриен Моуэт, Использование Docker, ДМК Пресс, 2016, 354 с.
3. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб. пособие. Предисл.: В.А.Садовничий. - М.: Издательство Московского университета, 2012.- 344 с.
4. Малявко А.А., Менжулин С.А. Суперкомпьютеры и системы. Построение вычислительных кластеров, Учебное пособие. — Новосибирск: НГТУ, 2018. — 96 с.
5. LAPACK Users' Guide, Third Edition, E. Anderson et al, SIAM Press, 22 Aug 1999.

### Додаткова література.

6. Риз Дж. Облачные вычисления. — Спб.: БХВ-Петербург, 2011. — 288 с.
7. Организация облачных и GRID-вычислений / А. Костюк . – Таганрог: ИЮФУ, 2018, 121с.
8. Технологии облачных вычислений : учебное пособие / И.Л. Андреевский. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2018. – 79 с.
9. В.А. Устинов, И.П. Клементьев Введение в облачные вычисления.- М.: ИНТУИТ, 2016.
10. Відео-лекція "Introduction to Cloud Computing", Eli the Computer Guy, (<https://www.youtube.com/watch?v=QYzJl0Zrc4M>)
11. Петренко А.И. Вступ до Grid технологій в науці та освіті: навчальний посібник / А.И. Петрено – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 120 с.
12. Пономаренко В.С. Методы и модели планирования ресурсв в Grid системах / В.С. Пономаренко, С.В. Листровой, С.В. Минухин, С.В. Знахур – Х.:ВД. «ИНЖЕК», 2008.- 408 с.
13. Грід-системи та технології хмарних обчислень [Текст] : конспект лекцій для спеціальності 8.05010101 “Інформаційні управляючі системи та технології” денної форми навчання / уклад. А.А. Ящук, П.В.Саварин – Луцьк : Луцький НТУ, 2016. – 28 с.
14. Грід-системи та технології хмарних обчислень: методичний посібник до вивчення курсу для студентів спеціальностей 121 ”Інженерія програмного забезпечення” та 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” / уклад. Пецко В. І., Міца О. В. – «Ужгородський національний університет», 2016. – 50 с.
15. FREE EBOOK: SLURM - SIMPLE MANAGEMENT OF COMPLEX

RESOURCES (<https://www.brightcomputing.com/download-free-slurm-ebook>).

16. John Cheng, Max Crossman, Ty McKercher Professional CUDA C Programming, John Wiley & Sons, 2014.