

Тестування та верифікація програмного забезпечення

Лекція №2

Тема: Моделі систем



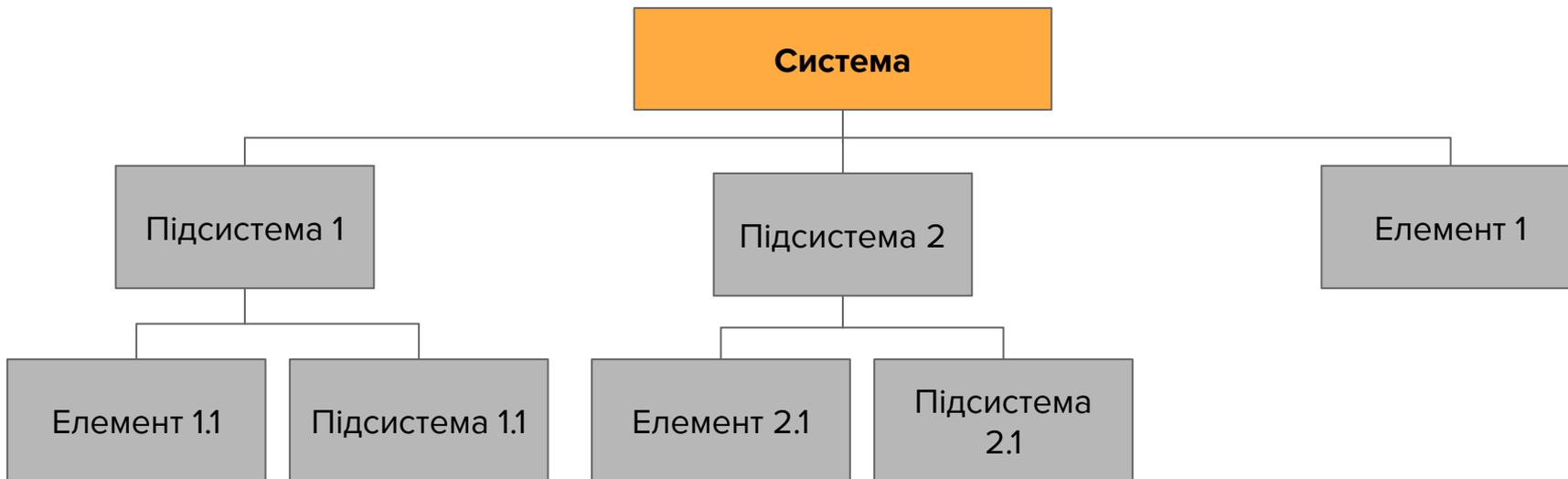
Лектор: асистент кафедри комп'ютерних наук Українець Микола Олександрович

Питання лекції

1. Склад і структура системи; моделі типу чорної та білої скриньки
2. Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі
3. Зв'язок між системою та моделлю; ізо- та гомоморфізм

Склад і структура системи

Система – це внутрішньо організована сукупність взаємозв'язаних елементів, що утворює єдине ціле і спільно діє для досягнення поставленої мети.



Склад і структура системи

Під **елементом** системи розуміють її частину, подальший поділ якої на складові не має сенсу з погляду конкретного рівня аналізу системи. Характерною ознакою елемента системи є виконання ним деякої функції, необхідної для функціонування системи або однієї з підсистем системи.

Підсистема – визначена сукупність елементів системи, яка виконує встановлену функцію, що підтримує базову функцію системи високого рівня.

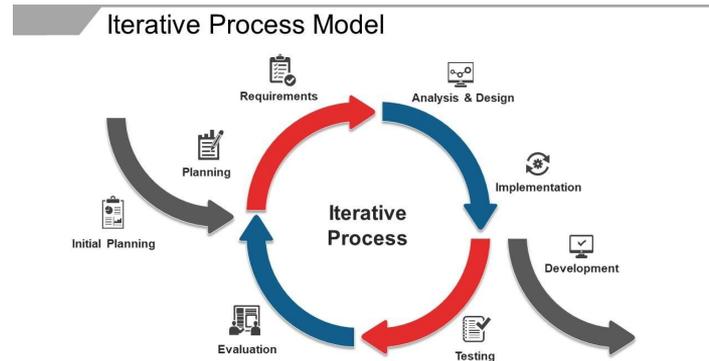


Склад і структура системи

Слово "**модель**" походить від латинського *modulus*, що позначає міру, такт, ритм, величину, а також зв'язане зі словом *modus* – копія, зразок.

Таким чином, в контексті проведення досліджень, **модель** – це спрощена подібність системи, яка відображає її суттєві властивості і співвідношення.

Модель – це аналог об'єкта, який за певних умов відтворює цікаві для дослідника властивості оригіналу, безпосереднє вивчення дає нові знання про об'єкт-оригінал.



Склад і структура системи

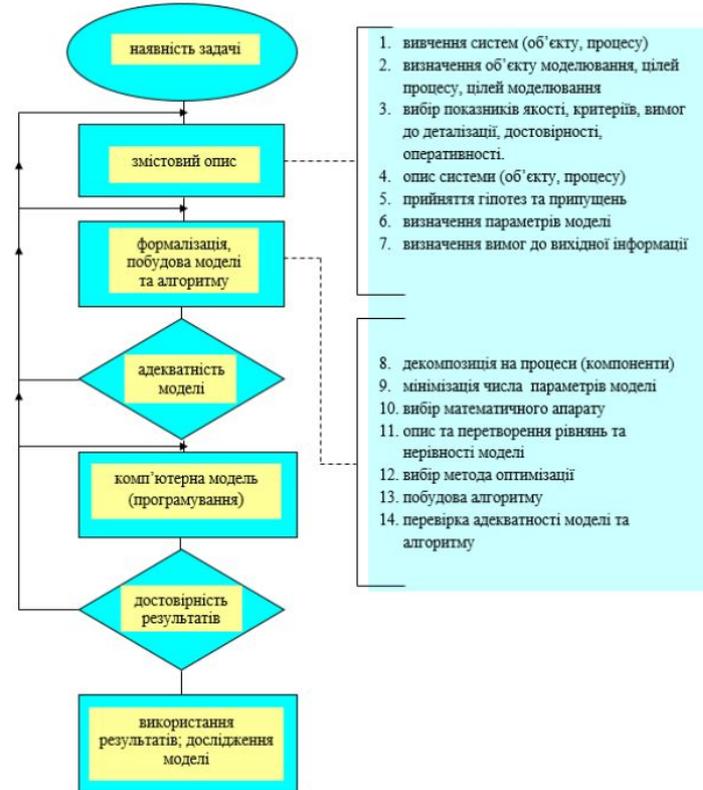
Моделювання – це спосіб дослідження будь-яких явищ, процесів або об'єктів шляхом побудови й аналізу їх моделей. У широкому розумінні моделювання є однією з основних категорій теорії пізнання і мало не єдиним науково обґрунтованим методом наукових досліджень систем і процесів будь-якої природи в багатьох сферах людської діяльності.



Склад і структура системи

Для створення моделі перед усім необхідно вербально охарактеризувати систему, тобто описати:

1. Зовнішнє середовище.
2. Зв'язки системи з зовнішнім середовищем.
3. Елементний склад системи, її частини, що можуть розглядатись як підсистеми.
4. Зв'язки поміж елементами системи.
5. Функціонування системи.



Склад і структура системи

Перевагами дослідження моделі перед безпосереднім дослідженням реальної системи є:

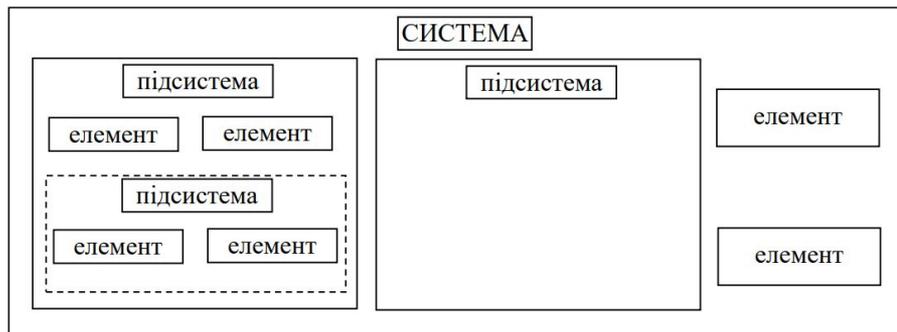
- модель обмежує сторонні впливи та надлишкову деталізацію, тобто представляє об'єкт, явище, процес в чистому вигляді, абстраговано, що надзвичайно важливо для отримання об'єктивних наукових висновків;
- модель дозволяє проводити дослід чи реальний експеримент там, де він не можливий з реальною системою;
- з моделлю можна багаторазово проводити експерименти або досліді до отримання задовільного результату, пізнання істинної суті явища.



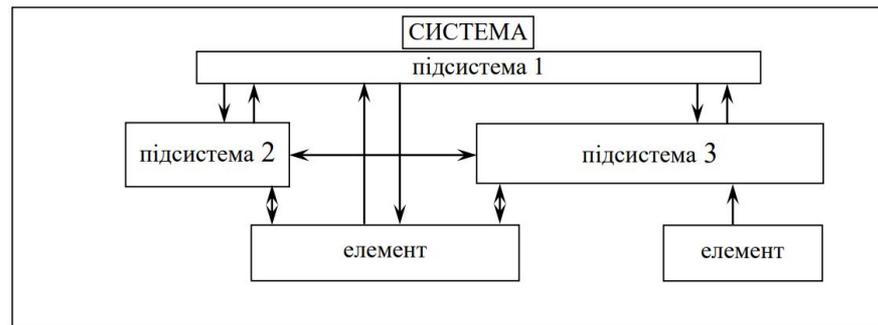
Склад і структура системи

Для детального опису систем використовують **моделі складу** та **моделі структури**.

Модель складу системи відображає, з яких елементів та підсистем складається система, а **модель структури** застосовується для відображення відношень між елементами.



Модель складу



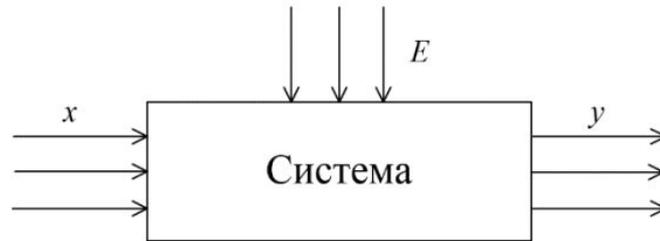
Модель структури

Моделі типу чорної та білої скриньки

Схематично будь-яку систему, «**чорний ящик**» Ешбі, у природі можна подати об'єктом із входами x (вхідні фактори, один з яких позначає вплив зовнішнього середовища – E) та виходами y (вихідні фактори – реакція на вхідні фактори)

Метод макропідходу полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні тільки загальної поведінки системи як єдиного цілого. Макропідхід базується на методі кібернетики під назвою «чорний ящик», У. Р. Ешбі. Суть метода полягає в тому, що поведінка системи (її реакція на зовнішні дії) вивчається без знання внутрішньої структури системи. В міру поглиблення знань про поведінку системи можна робити висновки і про її будову.

Метод мікропідходу (білої скриньки) пов'язаний з детальним описуванням кожного компонента системи, дослідженням їх структури, функцій, взаємозв'язків, структури системи в цілому.



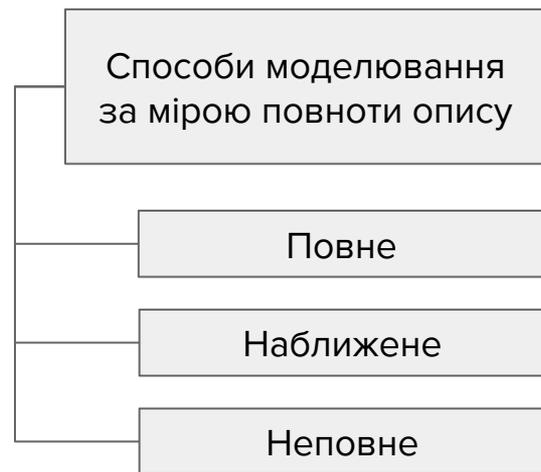
Модель системи як “чорної скриньки”

Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

Для глибокого осмислення суті моделювання як методу наукового пізнання та його правильного використання необхідно знати способи моделювання та види моделей.

Неповне (часткове, локальне або функціональне) моделювання забезпечує подібність протікання всіх основних процесів, які характеризують досліджуване явище, лише частково – тільки в часі, або тільки в просторі.

При *функціональному* моделюванні забезпечується подібність між деякими функціями або узагальненими характеристиками, які в моделі і в оригіналі мають певну відповідність. При **наближеному** моделюванні беруться до уваги тільки найважливіші аспекти (фактори) системи, які суттєво впливають на протікання основних процесів. Інші фактори моделюються приблизно або зовсім не беруться до уваги.



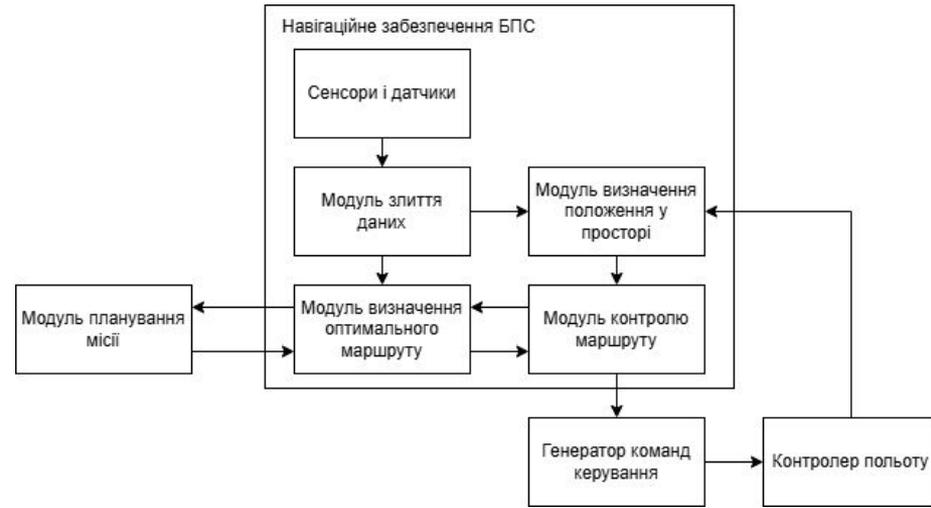
Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

Функціональна модель – модель, призначена для аналізу функціонування технічних та організаційних систем, відображає процеси в системі, взаємодію її частин у процесі функціонування.

Структурна модель системи – це сукупність конкретних елементів даної системи, необхідних та достатніх відносин між цими елементами та зв'язків між системою та навколишнім середовищем



Функціональна модель



Структурна модель

Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

За характером досліджуваних процесів в системі виділяються такі види моделей:

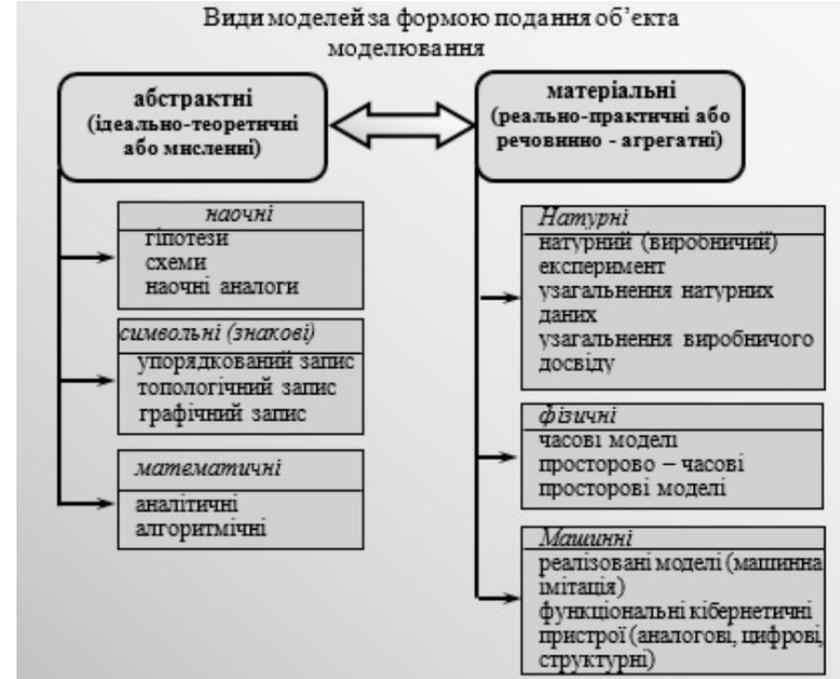
- *статичні*: застосовуються для описування стану системи у фіксований момент часу;
- *динамічні*: для дослідження поведінки системи у часі;
- *детерміновані*: відображають процеси з визначеними характеристиками (параметрами), тобто для яких відсутні випадкові впливи;
 - *стохастичні*: враховують випадкові процеси. Моделі мають невизначені (повністю або частково) параметри;
- *дискретні та неперервні* (відносно деяких факторів, наприклад часу).

Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

За формою подання об'єкта моделі поділяють на **матеріальні** (реально – практичні) та **абстрактні** (ідеально – теоретичні).

До матеріальних моделей відносять натурні, фізичні та машинні (реалізовані алгоритмічні моделі, комп'ютерні – машинна імітація, кібернетичні пристрої).

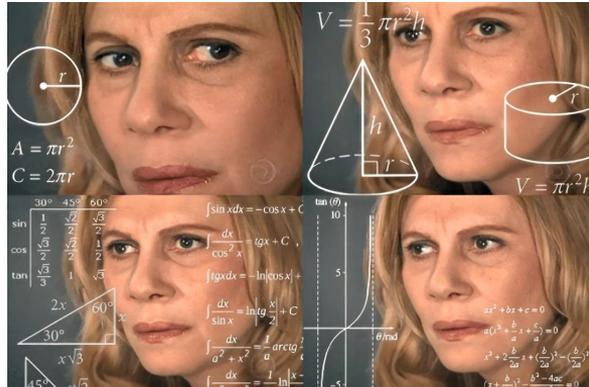
Клас абстрактних моделей містить наочні, символльні та математичні (аналітичні, алгоритмічні) моделі.



Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

Математичне моделювання – це метод дослідження процесів, об'єктів, систем, який базується на побудові та дослідженні математичних моделей.

Математична модель – система математичних та логіко-математичних співвідношень, які описують реальну систему (об'єкт, процес, явище) і призначення для визначення їх кількісних та якісних характеристик.



Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

Математичні моделі відрізняються великим різноманіттям. Всі математичні моделі можна поділити на аналітичні та алгоритмічні.

Аналітична модель представляє систему математичних співвідношень у вигляді аналітичних (формульних) залежностей, рівнянь та нерівностей.



Якщо аналітичний опис об'єкта виконати неможливо або він непридатний для досліджень, то створюють **алгоритмічну модель** і, як правило, з наступною реалізацією у вигляді програми.



В результаті отримують **комп'ютерну модель**, яка відображає структуру і поведінку системи, її компонентів та взаємодію між ними. Виконання програми дозволяє імітувати динамічні процеси в системі, що моделюється.

Кожний акт відтворення процесу функціонування системи за допомогою моделюючої програми з наступною реєстрацією отриманих даних називають *імітаційним* експериментом.

Концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі

Концептуальна модель – абстрактна модель, яка виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єктові в межах, визначених цілями дослідження. По суті, це формальний опис об'єкта моделювання, який відображає концепцію (погляд) дослідника на проблему.



Зв'язок між системою та моделлю

Основними відмінностями між моделлю та дійсністю є скінченність, спрощеність та наближеність моделі.

Моделі є заміщувачами оригіналу завдяки подібності до нього. Існує 3 види подібності:

- пряма, що встановлюється шляхом фізичної взаємодії;
- непряма, що встановлюється через аналогію, тобто через спільну абстрактну модель;
- умовна, що встановлюється шляхом певних домовленостей.

Ізо- та гомоморфізм

Модель — це спрощене відображення реальної системи, що відтворює її суттєві характеристики через однакові математичні співвідношення, **ізоморфізм** передбачає повну взаємно однозначну відповідність між системою та моделлю (тотожність структур), а **гомоморфізм** — це часткова відповідність, де складніша система відображається на простішу модель, зберігаючи лише частину зв'язків

Ізоморфними системами з погляду кібернетичного моделювання називаються системи, однакові для спостерігача, якому доступні лише входи та виходи цих систем.

При цьому системи А і В можуть мати різну фізичну природу. Ізоморфні системи є ідеальними функціональними моделями одна одної.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{1A}(t) = X_{1B}(t) \\ X_{2A}(t) = X_{2B}(t) \\ \dots\dots\dots \\ X_{nA}(t) = X_{nB}(t) \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Y_{1A}(t) = Y_{1B}(t) \\ Y_{2A}(t) = Y_{2B}(t) \\ \dots\dots\dots \\ Y_{mA}(t) = Y_{mB}(t) \end{array} \right.$$

Ізо- та гомоморфізм

У такому разі системи А і В уже не будуть ізоморфними, та й структура в них різна: модель Y «простіша», має менше входів і виходів. Але зауважимо таке: для кожного стану системи А маємо тільки один цілком визначений стан системи В, тобто за станом системи А ми однозначно можемо визначити стан системи В.

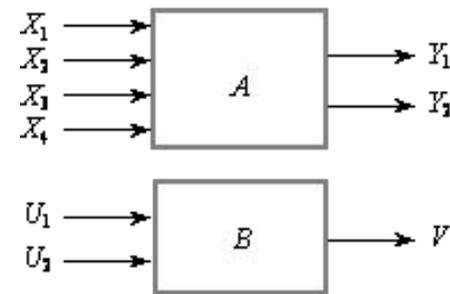
При цьому залежність між входами та виходами має вигляд:

Наприклад, якщо значення параметрів для системи А буде

{ $X_1 = 1, X_2 = 3, X_3 = 5, X_4 = 2, Y_1 = 7, Y_2 = 4$ }, то для системи В дістанемо { $U_1 = 4, U_2 = 7, V = 19$ }.

Але якщо ми задамо якийсь стан системи В, то однозначно визначити стан системи А не зможемо — у системи А можлива множина станів. Наприклад, якщо для системи В маємо { $U_1 = 5, U_2 = 4, V = 10$ }, то для системи А дістанемо 6 змінних і 3 рівняння

Нехай система А — оригінал. Для цієї системи побудуємо модель В. Система А має розмірність n , а В — розмірність $m < n$. Якщо при цьому кожному стану А відповідає один цілком визначений стан В, але не кожному стану В відповідає один стан А, то систему В називають **гомоморфною** моделлю системи А.



$$U_1 = X_1 + X_2,$$

$$U_2 = X_3 + X_4,$$

$$V = Y_1 + 3Y_2.$$

$$\begin{cases} X_1 + X_2 = 5, \\ X_3 + X_4 = 4, \\ Y_1 + Y_2 = 10. \end{cases}$$

Використана література

1. [Ю.Б. Бродський СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ Частина 1 СИСТЕМОЛОГІЯ](#)
2. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/426006/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%201%20%D0%A1%D0%A2%D0%A1%D0%9F%D0%9D%202025%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F_.pdf
3. <https://ir.stu.cn.ua/server/api/core/bitstreams/98fac450-935c-49e8-a719-43fe52cdf32d/content>
4. https://eprints.kname.edu.ua/24719/1/2011%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%20650%D0%9C%20%D0%9E%D1%85%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%9C%D0%A3_%D0%9F%D0%97_%D0%A2%D0%A1%D0%B8%D0%A1%D0%90.pdf
5. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/401791/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_3.pdf

Дякую за увагу!