

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра комп'ютерних наук

Дипломна робота
бакалавра
з теми «ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ЇХ
ПЕРЕХІДНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ»

Виконав: студент 4 курсу,
групи KN1-B18
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Галагодза Владислав Русланович
Керівник: Федорчук В.А.
професор кафедри комп'ютерних наук,
доктор технічних наук, професор

Кам'янець-Подільський – 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	4
1.1. Загальні відомості про динамічні моделі	4
1.2. Методи побудови моделей. Параметри об'єкта	5
1.3. Моделі та їх види	6
1.4. Поділ моделей за способом їх побудови	11
1.5. Класифікація моделей за видом оператора	13
1.6. Постановка задачі ідентифікації.....	14
1.7. Ідентифікація об'єкта керування за перехідною характеристикою	15
РОЗДІЛ 2. ПАКЕТ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ MATLAB.....	17
2.1. Загальні відомості	17
2.2. Історія виникнення MatLab.....	18
2.3. Інструменти MatLab.....	19
2.4. Характеристика MATLAB	21
2.5. Функції MATLAB	24
2.6. Числа у MATLAB.....	26
2.7. Обчислення в MATLAB	27
2.8. Формати виведення результату обчислень	28
2.9. Арифметичні операції Matlab	29
2.10. Елементарні функції Matlab.....	30
2.11. Simulink	32
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ MATLAB НА ПРАКТИЦІ	34
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	40

ВСТУП

Модель – абстрактний об’єкт, або процес, оскільки представляється у формі, яка відмінна від форми реального існування певного об’єкта, але може відображати його властивості.

В даному дипломному проектуванні ми познайомимося з моделями, способами побудови, їх видами, ідентифікацією та опануємо застосунки, які нам допоможуть у дослідженні моделей.

Метою дипломного проектування є поглиблення знань, умінь та навиків, набутих при дослідженні даної теми.

Об’єктом дипломної роботи є процеси ідентифікації моделей за їх перехідними характеристиками.

Завданням дипломного проектування є дослідження процесів побудови математичних моделей, а також поглиблення знань про моделі, способи їх ідентифікації, вдосконалення навичок роботи у Matlab та ідентифікація динамічних моделей на практиці.

Структура роботи

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку та списку використаної літератури.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Загальні відомості про динамічні моделі

Динамічна модель системи — це сукупність відносин, які визначають вихід системи залежно від входу та стану системи. Динамічна модель відтворює зміни в об'єкті, що відбуваються з часом, або особливості функціонування об'єкта. Динамічні моделі ще називають функціональними. Динамічне моделювання використовується для опису поведінки об'єкта за будь-якої довільної змінної часу. Прикладами динамічних моделей є модель броунівського руху молекул газу, мостова модель, параметри якої залежать від дії змінного навантаження. Динамічні моделі широко використовуються в біології, медицині, динаміці населення, економіці, банківській справі. У фізиці, гідромеханіці - для моделювання динаміки розподілу тепла, руху рідини і газу, коливань пластин і оболонок. У математичному моделюванні динамічних систем виділяють три основні частини:

- Емпірична частина - фактичні дані, отримані в дослідках і спостереженнях, а також дані первинної систематизації.
- Теоретична частина — визначаються основні концепції для об'єднання й пояснення з єдиних позицій емпіричні закономірності та явища.
- Математична частина — конструює моделі для перевірки основних теоретичних концепцій, а також методи обробки експериментальних даних, планування експериментів і спостережень.

Широке використання динамічних моделей пов'язане перш за все з тим, що дає змогу різко скоротити обсяг і масштаби натурних експериментів.

1.2. Методи побудови моделей. Параметри об'єкта

Модель представляє собою об'єкт або процес в деякій формі, що відмінна від форми їх реального існування і може бути або точною копією об'єкта або відображати лише його властивості. Основна мета створення моделей - прогнозування поведінки об'єкта. Процес моделювання – вивчення властивостей об'єкта моделювання шляхом аналізу аналогічних властивостей моделі.

Існують такі методи побудови моделей:

- Аналітичний – передбачає отримання моделі на основі класичних законів фізики, хімії, електротехніки.
- Експериментальний – передбачає проведення на об'єкті експериментів з подальшою обробкою за певними методами отримання експериментальних даних.
- Аналітично-експериментальний – аналітична модель уточнюється за допомогою експериментів.

Параметри об'єкта :

- Вхідні – параметри, значення яких можуть бути виміряні, але можливість впливу на них відсутня.
- Керуючі – параметри, на які можна робити прямий вплив відповідно до поставлених умов, що дозволяє керувати процесом.
- Збурюючі – параметри, значення яких випадковим чином змінюється і які є недосяжними для вимірювання.
- Вихідні – параметри, що відображають сумарний вплив на об'єкт вхідних, керуючих та збурюючих параметрів. Відображають стан об'єкта , а тому їх називають параметрами стану.

1.3. Моделі та їх види

Для розробки схем автоматичного керування технологічними процесами необхідно насамперед знати особливості цих процесів. Оскільки системи автоматичного керування або регулювання активно працюють в динамічних режимах, викликаних певним порушенням, а в статичних режимах знаходяться в стані очікування, необхідно знати особливості технологічних процесів у динамічних режимах. Динамічні характеристики більшості процесів можна визначити кількісно. Змінні в часі, які характеризують процес, можуть бути описані диференціальними рівняннями або за допомогою інших математичних інструментів. Коли є математичний опис процесу, можна переходити до аналізу та проектування систем автоматичного керування. Будь-який процес – це рух до певного кінцевого результату. Він ніколи не протікає в умовах ідеальної рівноваги. Безперервно виникають збурення. Тому необхідно неперервно керувати процесом, компенсуючи ці збурення шляхом ручного чи автоматичного керування. Збурення, що порушують рівновагу процесу, можуть викликати в об'єкті зміни, що з часом зникають і ніколи більше не з'являються. Деякі збурення обумовлені силами, що періодично змінюються у часі. У цьому випадку і реакція процесу на них матиме періодичний характер. Більшість збурень є випадковими в їх зміні у часі. Їх появу можна передбачити методом теорії імовірностей. Технологічні процеси хімічної промисловості дуже різноманітні, що ускладнює їх вивчення. Але їх можна розподілити на три групи: 1) процеси переміщення матеріалів (кінематика), рух рідин, шприцювання, протягування та робота спрямовувальних пристроїв; 2) процеси тепло- і масопередачі та хімічні процеси; 3) ядерні процеси. Розглянемо кожну з цих груп детальніше. Кінематика пересування матеріалів. Тверді тіла, рідини, гази у процесі виробництва змінюють своє просторове розташування, заповнюються та спорожнюються ємності, перемішуються матеріали. При вивченні процесу перемішування для спрощення розглядають один із двох випадків: повне (ідеальне) перемішування та повна відсутність перемішування.

Рух рідин. Факторами, що впливають на рух рідин є:

- 1) інерція рухомої рідини;
- 2) опір потоку, викликаний шорсткістю труб та силами в'язкого тертя всередині рідини;
- 3) стисливістю рідини та пружністю ємностей, що її містять.

При математичному описі руху рідин постають задачі двох типів. Задачі першого типу належать до витікання нестисненої рідини з баків, проходження її трубопроводами, через клапани та інші пристрої. Такі гідравлічні ланцюги зазвичай описують за допомогою рівняння Бернуллі та закону суцільності. Задачі другого типу виникають за умови стисливості рідин та посудин чи трубопроводів, що їх містять. У даному випадку можливі вібрація, утворення звукових хвиль та їх розповсюдження в рідинах чи трубопроводах. Задачі цього типу розв'язують за допомогою рівнянь хвильових рухів. Зміна форми та протягування матеріалів. Спрямовувальні пристрої. При витіканні розплавів через отвори вони можуть ставати твердими внаслідок контакту з оточуючим середовищем або внаслідок створення спеціальних для цього умов. Знову виникають задачі двох типів. Задачі першого типу належать до процесів шприцювання, лиття, витягування та прокатування. Вони пов'язані з деформацією та зміною форми матеріалу. Задачі другого типу виникають при пересуванні матеріалів спрямовувальними пристроями. При розв'язуванні задач першого типу розглядають перехідний процес або зміну у часі характеру пластичного матеріалу. У другому випадку досліджують динамічні властивості механічної системи, що характеризується зосередженими чи розподіленими параметрами (маса, пружність, затухання) та має велику кількість ступенів свободи. Динаміка теплових процесів. Це процеси нагрівання та охолодження рідин, газів та твердих тіл. Охолодження чи нагрівання можуть здійснюватись за допомогою одного зі способів теплопередачі: конвекції, теплопровідності, випромінювання, або їх комбінації. Дослідження динамічної поведінки теплових систем починають із складання диференціальних рівнянь у частинних похідних. Ці рівняння

характеризують тепловий потік у просторі і часі. Динаміка масопередачі. Масопередачею є процес переходу одного чи декількох компонентів з однієї фази до іншої. Загальний підхід до дослідження масопередачі полягає у пошуку певних співвідношень. До них належать швидкості масопередачі, що характеризують середню кількість молей компонента, що переноситься за одиницю часу з однієї фази до іншої. Рушійною силою масопередачі є градієнт концентрації. Динаміка хімічних процесів. Хімічні процеси зазвичай складаються з власне хімічних процесів (хімічні реакції), процесів теплопередачі та переміщення матеріалів. Усі вони протікають одночасно. Вид рівнянь кінетики хімічної реакції залежить від типу самої реакції. Параметри цих рівнянь є функціями концентрації матеріалів, температури та тиску в реакційному об'ємі. Для керування хімічними реакціями потрібно керувати температурою та тиском в реакторі. Визначення та застосування моделей Єдиним методом, що дозволяє полегшити процес проектування і експлуатацію складної технологічної системи та автоматичних систем керування нею, є моделювання, тобто процес створення і дослідження моделі об'єкта (процесу). Модель являє собою об'єкт, систему чи поняття (ідею) у деякій формі, відмінній від форми їх існування. Вона є засобом, що допомагає у поясненні, розумінні чи вдосконаленні об'єкта. Модель об'єкта може бути або його точною копією (хоча і виконаною з іншого матеріалу та в іншому масштабі), або відображати деякі характерні властивості об'єкта в абстрактній формі. Для одного і того ж об'єкта можна створити різні види його моделей залежно від способу їх подальшого використання. Це можуть бути макети, схеми (структурні або функціональні), математичні вирази, пілотні установки тощо. Для створення кожної з моделей застосовується окремий вид моделювання. Для прогнозування поведінки модельованих об'єктів, якими є технологічні процеси, зазвичай розробляють математичні моделі. Математичне моделювання включає в себе одержання, дослідження та застосування математичних моделей (ММ). Найбільші складнощі виникають при розробці ММ технологічного апарату, ніж засобів автоматизації. Це

пояснюється тим, що вимірювачі, регулятори, виконувальні механізми і т.і. конструюються з урахуванням їх бажаних статичних і динамічних властивостей. Технологічні апарати створювалися і створюються за умови забезпечення ними потрібного технологічного режиму. Головне при побудові моделі – мета. Будь-який об'єкт, процес є складним, і для кожного з них можна скласти різні моделі (або моделі одного типу але різної складності) залежно від розв'язуваної задачі, від того, для чого будується модель. Модель є лише наближеним поданням реального об'єкта, оскільки врахувати усю сукупність факторів, що впливають на нього неможливо. Зрозуміло, що з потреби застосування моделі для теоретичних і практичних розрахунків впливає вимога формування простішої (за розмірністю, порядком диференціального рівняння, за швидкістю реалізації на ПК.) моделі. Формування простої моделі для об'єкта моделювання порівняно з його загальною теоретичною моделлю можливе тому, що для конкретного об'єкта набір вхідних сигналів вужчий, зовнішні збурення конкретні, діапазони функціонування і стани об'єкта не такі широкі та ін. Побудова моделі об'єкта може здійснюватися по-різному:

- 1) шляхом теоретичного аналізу;
- 2) на основі фізичних, хімічних та інших закономірностей, притаманних даному об'єкту;
- 3) в результаті узагальнення попереднього досвіду;
- 4) на базі логічного аналізу;
- 5) в результаті експерименту та інакше.

Формування математичного опису об'єкта полягає у встановленні зв'язків між параметрами процесу у цьому об'єкті, граничних та початкових умов, а також формалізації процесу у вигляді системи математичних співвідношень, що характеризують об'єкт (технологічний процес). Математично подібні явища можуть мати різну фізико-хімічну суть, але тотожні математичні рівняння, що їх описують. Отже, є і використовується можливість створення універсальних моделей. Ідентифікацією динамічного об'єкта називають визначення параметрів та структури математичної моделі,

що забезпечують найкращий збіг вихідних координат моделі і об'єкта при однакових вхідних діяннях. Розв'язання задачі ідентифікації пов'язане з експериментом. Результати вимірювань вхідних і вихідних змінних об'єкта є основою для формування або уточнення моделі даного об'єкта. Отже, під ідентифікацією розуміють побудову моделі за отриманими (вимірними) в реальних умовах функціонування об'єкта вхідними і вихідними змінними (за реалізаціями вхідних і вихідних змінних). При цьому несуттєво, які вхідні сигнали надходять до об'єкта – природні чи спеціально підготовлені. Важливо, щоб вимірювання вхідних і вихідних сигналів виконувалося синхронно в умовах нормальної роботи об'єкта. Розрізняють ідентифікацію у вузькому та широкому розумінні. Ідентифікація у вузькому сенсі означає визначення вхідних і вихідних сигналів коефіцієнтів відомого рівняння об'єкта, а ідентифікація у широкому сенсі - побудова однієї і тієї ж моделі об'єкта, що включає розв'язання широкого діапазону об'єкта. проблеми. Відповідно до реалізацій вхідних і вихідних значень необхідно визначити, яка модель може представляти об'єкт (лінійна чи нелінійна, стаціонарна чи нестаціонарна, інерційна чи динамічна), чи потрібно постійно уточнювати модель, який ступінь адекватності модель до реального об'єкта тощо. Цей спектр завдань досить широкий. Їх вирішення пов'язане з великими теоретичними і практичними труднощами. Однак ці завдання не можна ігнорувати, оскільки вони є невід'ємною частиною ідентифікації. Від їх вирішення залежить якість ідентифікації.

Класифікація моделей. Моделі поділяють на дві основні групи: реальні (матеріальні, фізичні) та символічні. Реальні (фізичні, матеріальні) моделі часто називають просто «моделями». Це також і пілотні установки, полігони з відповідними макетами для випробування машин, гідродинамічні труби, моделі установок, виготовлені в масштабі. Якщо модель має інші розміри, ніж модельований об'єкт, виникає питання, як за результатами досліджень на моделі дати відповідь про характер ефектів та про різні величини, що відповідають реальному об'єкту. Відповідь на це питання дає теорія

подібності і розмірності. У символічних моделях описання явища чи об'єкта дають тією чи іншою мовою. Це, наприклад, диференціальні рівняння, креслення вузла чи апарата, географічні мапи. Символічні моделі є описовими чи математичними.

Описовими моделями є, наприклад, технічні завдання, пояснювальні записки до проектів. Їх вадою є те, що їх неможливо використовувати безпосередньо для аналізу формалізованим шляхом. Математичними моделями називають комплекси математичних залежностей та знакових логічних виразів, що відображають істотні характеристики досліджуваного явища. Теоретичні методи дослідження, які застосовують математичні моделі, дозволяють повно і глибоко дослідити будь-яку задачу до того, як інженери-практики із нею зустрінуться. Математичні моделі можуть бути аналітичними чи імітаційними. При застосуванні аналітичних моделей процеси функціонування елементів складної системи записуються у вигляді деяких функціональних співвідношень (алгебраїчних, інтегро – диференціальних, кінцево – різницевих тощо) чи логічних умов. Аналітична модель може досліджуватися одним із трьох способів: 1) аналітично – коли отримують у загальному вигляді явні залежності для шуканих величин; 2) чисельно – коли застосовують засоби обчислювальної техніки для того, щоб отримати числові результати для конкретних початкових даних; 3) якісно – коли, не маючи розв'язку у явному вигляді, можна знайти деякі властивості розв'язку, наприклад, оцінити його стійкість. При застосуванні імітаційної моделі в ЕОМ відтворюється поточне функціонування технічної системи в певному масштабі часу. Імітаційне моделювання нагадує фізичний експеримент. Якщо при аналітичному моделюванні забезпечується подібність характеристик об'єкта і моделі, то при імітаційному подібність є в самих процесах, що відбуваються в моделі і реальному об'єкті.

1.4. Поділ моделей за способом їх побудови

Моделі поділяються на матеріальні та математичні. До матеріальних належать:

- **Натуральні** – це точна копія реального об'єкта.
- **Масштабні** – це зменшена копія реального об'єкта.
- **Аналогові** – це моделі іншої фізичної природи (з однозначною відповідністю між параметрами об'єкта та моделі).

До математичних належать:

- **Аналітичні** – відображаються за допомогою функціональних співвідношень.
- **Імітаційні** – відбувається відтворення функціонування об'єкта в деякому масштабі часу. Перевага – можливість дослідження об'єкта при відсутності його аналітичного розв'язку.

1.5. Класифікація моделей за видом оператора

В залежності від виду оператора A та сутності процесів, що протікають в об'єкті, моделі поділяються:

- Моделі з розподіленими параметрами - моделі, що описують процес, основні змінні якого змінюються в просторі і часі.
- Моделі з зосередженими параметрами – основні змінні процесу змінюються лише в часі.
- Одномоментні – використовуються коли рішення необхідно отримати в визначений момент часу

За видом оператора моделі також поділяються на статичні і динамічні.

1.6. Постановка задачі ідентифікації

Перехід від стадії побудови моделі до її застосування вимагає оцінки якості отриманої моделі, тобто перевірки адекватності моделі об'єкта, або її ідентифікації. Зрозуміло, що модель не може повністю збігатися з об'єктом, тому головною умовою адекватності моделі є можливість використання отриманої моделі для вирішення проблеми, для якої модель була побудована. Ступінь адекватності моделі та об'єкта оцінюють шляхом порівняння їх вихідних сигналів при подачі однакових вхідних сигналів до об'єкта та його моделі. Критерій якості ідентифікації, що характеризує адекватність моделі реальному об'єкту, визначається середньою втратою. Нижчі середні втрати відповідають вищій якості ідентифікації і навпаки, більші втрати відповідають гіршій якості ідентифікації. Мінімізація функціональності ідентифікації буде відповідати максимізації якості ідентифікації і може бути досягнута шляхом правильного підбору моделі та оцінки значень її параметрів. Процедура відбору та оцінки значень реалізована за допомогою алгоритму ідентифікації.

1.7. Ідентифікація об'єкта керування за перехідною характеристикою

Реакцію об'єкта на ступінчастий вхідний сигнал називають кривою розгону.

Перехідна характеристика – це окремий випадок кривої розгону, що буває при одиничному ступінчастому впливі.

Процес ідентифікації об'єкта керування методом перехідних характеристик можна розбити на декілька етапів:

- попередня підготовка і проведення експерименту по визначенню перехідної характеристики;
- попередня обробка результатів експерименту;
- апроксимація отриманої характеристики передаточними функціями.

Попередня підготовка до проведення експерименту

Експериментальне дослідження об'єкта керування починається з вивчення технологічного процесу та визначення місця об'єкта в ньому, його вхідних і вихідних параметрів. На попередньому етапі вибирають метод дослідження, канали впливу, величини та форми збурюючих дій. Збурення повинно бути досить суттєве, але таке щоб не вивело об'єкт моделювання з нормального режиму. Як правило, для визначення перехідних характеристик застосовується ступінчасте збурення величиною 10-15% від номінального значення вхідного параметра.

Технологічний об'єкт дообладнують необхідними для експерименту приладами та регулюючою апаратурою (бажано використовувати ті ж датчики та регулюючі пристрої, що і в діючій автоматичній системі керування). Як вторинні прилади доцільно використовувати реєструючі прилади з прямокутною системою координат. Бажано застосування багатоточечних приладів для запису на один діаграмний папір вхідних та вихідних параметрів. Найбільш ефективно використовувати для проведення експерименту ЕОМ.

Проведення експерименту

Технологічну установку переводять на ручне управління. Стабілізують усі суттєві вхідні збурення. Вносять ступінчасте збурення регулюючим органом і на діаграмах всіх реєструючих приладів відмічають час початку експерименту. Запис значень вхідних та вихідних параметрів проводять до отримання участка перехідної характеристики із усталеною швидкістю її зміни. Опит проводять при мінімальній, максимальній та номінальній навантаженнях об'єкта. При відсутності завад при кожному режимі знімають не менше чотирьох графіків. При наявності значних зовнішніх збурень знімають 8-10 графіків.

Попередня обробка результатів експерименту

Як правило, на промислові об'єкти керування діють різноманітні завади та зовнішні неконтрольовані збурення. Для виділення корисного сигналу із отриманих результатів експерименту треба відфільтрувати сигнал завад, тобто провести згладжування експериментальної перехідної характеристики. Згладжені перехідні характеристики треба перебудувати до однакової величини збурення, нормувати та усереднити.

В результаті попередньої обробки результатів експерименту одержують один згладжений та усереднений графік перехідної характеристики.

Нормування перехідної характеристики

При використанні ПЕОМ перехідну характеристику зручно представляти у безрозмірному (нормалізованому) вигляді. Для нормування експериментальної кривої треба перейти від абсолютних значень ординат Y до приростів змінної ΔY відносно її початкового усталеного значення і поділити ці прирости на значення максимального відхилення вихідної величини.

РОЗДІЛ 2. ПАКЕТ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ MATLAB

2.1. Загальні відомості

MatLab — одна з найстаріших, ретельно розроблених і перевірених часом систем автоматизації математичних обчислень, побудованих на передовому представленні та застосуванні матричних операцій. Звідси і назва системи – MATrix LABoratory – матрична лабораторія. Matlab поставляється як набір Matlab + Simulink + Toolbox + Blockset, де розділи системи Toolbox і Blockset MathWorks викликають пакети розширення для систем Matlab і Simulink відповідно. Одним з головних завдань системи Matlab завжди було надання користувачам потужної мови програмування, орієнтованої на техніко-математичні обчислення і здатної перевершити можливості традиційних мов програмування, які протягом багатьох років використовуються для реалізації чисельних методів. Особливу увагу було приділено як збільшенню швидкості обчислень, так і адаптації системи для вирішення різноманітних завдань користувача.

2.2. Історія виникнення MatLab

MATLAB як мова програмування була розроблена Клівом Моулером (англ. *Cleve Moler*) наприкінці 1970-х років, коли він був деканом факультету комп'ютерних наук в Університеті Нью-Мексико.

Метою розробки служила задача дати студентам факультету можливість використання програмних бібліотек Linpack і EISPACK без необхідності вивчення Фортрану. Незабаром нова мова поширилася серед інших університетів і була з великим інтересом зустрінутий вченими, що працюють в області прикладної математики.

До цих пір в Інтернеті можна знайти версію 1982 року, написану на Фортрані, поширювану з відкритим вихідним кодом. Інженер Джон Літл (англ. *John N. (Jack) Little*) познайомився з цією мовою під час візиту Кліва Моулера в Стенфордський університет в 1983 році. Зрозумівши, що нова мова володіє великим комерційним потенціалом, він об'єднався з Клівом Моулером і Стівом Бангертом (англ. *Steve Bangert*). Спільними зусиллями вони переписали MATLAB на C і заснували в 1984 компанію The MathWorks для подальшого розвитку. Ці переписані на C бібліотеки довгий час були відомі під ім'ям JASCRAS.

Спочатку MATLAB призначався для проектування систем управління (основна спеціальність Джона Літтла), але швидко завоював популярність у багатьох інших наукових і інженерних областях. Він також широко використовувався і в освіті, зокрема, для викладання лінійної алгебри та чисельних методів.

2.3. Інструменти MatLab

Для MATLAB є можливість створювати спеціальні набори інструментів (англ. *toolbox*), що розширюють його функціональність. Набори інструментів є колекції функцій, написаних на мові MATLAB для вирішення певного класу задач. Компанія **Mathworks** поставляє набори інструментів, які використовуються в багатьох областях, включаючи такі:

Цифрова обробка сигналів, зображень і даних: DSP Toolbox, Image Processing Toolbox, Wavelet Toolbox, Communication Toolbox, Filter Design Toolbox - набори функцій, що дозволяють вирішувати широкий спектр завдань обробки сигналів, зображень, проектування цифрових фільтрів і систем зв'язку.

Системи управління: Control Systems Toolbox, μ -Analysis and Synthesis Toolbox, Robust Control Toolbox, System Identification Toolbox, LMI Control Toolbox, Model Predictive Control Toolbox, Model-Based Calibration Toolbox - набори функцій, що полегшують аналіз і синтез динамічних систем, проектування, моделювання та ідентифікацію систем управління, включаючи сучасні алгоритми управління, такі як робастної управління, H_{∞} -управління, ЛМН-синтез, μ -синтез та інші.

Фінансовий аналіз: GARCH Toolbox, Fixed-Income Toolbox, Financial Time Series Toolbox, Financial Derivatives Toolbox, Financial Toolbox, Datafeed Toolbox - набори функцій, що дозволяють швидко і ефективно збирати, обробляти і передавати різну фінансову інформацію.

Аналіз і синтез географічних карт, включаючи тривимірні: Mapping Toolbox.

Збір та аналіз експериментальних даних: Data Acquisition Toolbox, Image Acquisition Toolbox, Instrument Control Toolbox, Link for Code Composer Studio - набори функцій, що дозволяють зберігати й обробляти дані, отримані в ході експериментів, у тому числі в реальному часі. Підтримується широкий спектр наукового та інженерного вимірювального обладнання.

Візуалізація та подання даних: Virtual Reality Toolbox - дозволяє створювати інтерактивні світи і візуалізувати наукову інформацію за допомогою технологій віртуальної реальності та мови VRML.

Засоби розробки: MATLAB Builder for COM, MATLAB Builder for Excel, MATLAB Builder for NET, MATLAB Compiler, Filter Design HDL Coder - набори функцій, що дозволяють створювати незалежні програми з середовища MATLAB.

Взаємодія з зовнішніми програмними продуктами: MATLAB Report Generator, Excel Link, Database Toolbox, MATLAB Web Server, Link for ModelSim - набори функцій, що дозволяють зберігати дані в різних видів таким чином, щоб інші програми могли з ними працювати.

Бази даних: Database Toolbox - інструменти роботи з базами даних.

Наукові та математичні пакети: Bioinformatics Toolbox, Curve Fitting Toolbox, Fixed-Point Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, OPC Toolbox, Optimization Toolbox, Partial Differential Equation Toolbox, Spline Toolbox, Statistic Toolbox, RF Toolbox - набори спеціалізованих математичних функцій, що дозволяють вирішувати широкий спектр наукових і інженерних задач, включаючи розробку генетичних алгоритмів, вирішення завдань в приватних похідних, цілочисельні проблеми, оптимізацію систем та інші.

Нейронні мережі: Neural Network Toolbox - інструменти для синтезу і аналіз нейронних мереж.

Нечітка логіка: Fuzzy Logic Toolbox - інструменти для побудови та аналізу нечітких множин.

Символьні обчислення: Symbolic Math Toolbox - інструменти для символьних обчислень з можливістю взаємодії з символьним процесором програми Maple.

Крім перерахованих вище, існують тисячі інших наборів інструментів для MATLAB, написаних іншими компаніями і ентузіастами.

2.4. Характеристика MATLAB

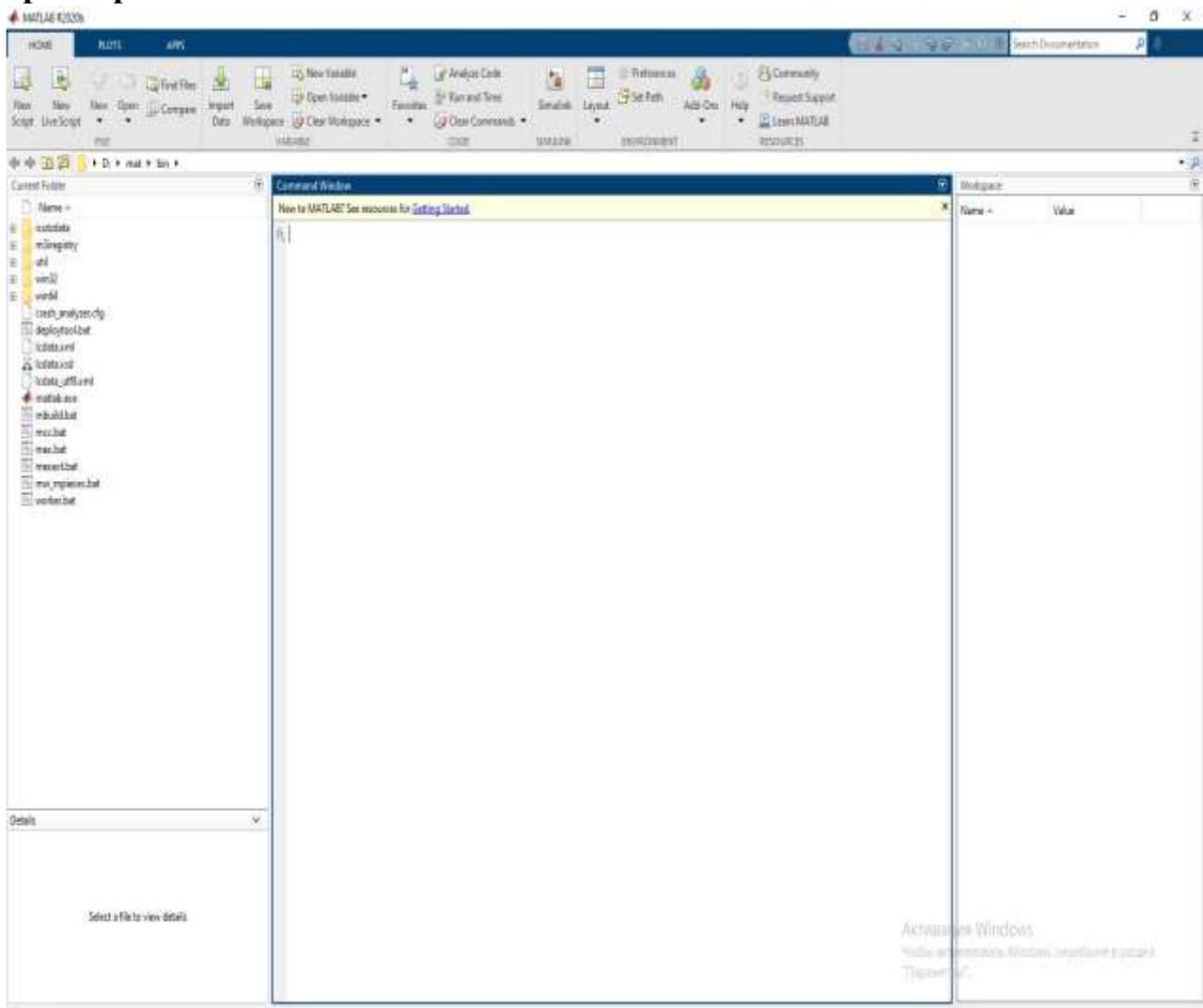


Рисунок 2.1 Робочий стіл MATLAB

Меню:

- панель інструментів з кнопками і списком;
- вікно з вкладками **Launch Pad** і **Workspace**, з якого можна одержати простий доступ до різних модулів ToolBox і до вмісту робочого середовища;
- вікно з вкладками **Command History** і **Current Directory**, призначене для перегляду і повторного виклику раніше введених команд, а також для установки поточного каталогу;
- командне вікно **Command Window** з командним рядком, в якій знаходиться миготливий курсор;
- рядок стану.

На рис.1 представлений робочий стіл системи. Рядок меню (File, Edit, і т.д.) багато в чому схожа з аналогічною рядком редактора Microsoft Word. Розташований нижче ряд іконок також виконують ті ж операції, що і в редакторі Word (За винятком 3-х останніх). Робочий стіл системи складається із декількох вікон, склад яких можна змінювати за допомогою команд меню *Desktop*. На рис.1 в верхньому вікні зліва наводиться вміст робочого простору *Workspace*, Куди вміщено описи всіх констант і функцій, введених користувачем в процесі роботи. У нижньому вікні *Command History* наводиться послідовність виконаних команд. Розміри вікон регулюються перетягуванням кордону за допомогою миші. Головне вікно робочого столу - *Command Window* (Командне вікно). У командному вікні після знака "\u003e\u003e" набирається командний рядок, яка виконується після натискання клавіші " *Enter*".

MATLAB дозволяє створювати програмні файли, подібні до інших мов програмування високого рівня. Крім того, він має характеристики потужного програмованого калькулятора. У цій роботі файл М-функції використовується для реалізації алгоритму пошуку в програмному забезпеченні, і програму можна запустити та ввести вихідні дані з командного вікна.

Формат числа задається меню *File*(Рис.1) в розділі *Preferences* за допомогою функції *Numeric Format*. Найбільш часто використовуваними з 12-ти можливих є формати *Short* і *Long* - коротка і довга формати чисел.

Одними зосновних понять MATLAB є **змінні** і **затвердження** .

Змінна позначається однією буквою або набором літер і цифр, що починається з букви. Число букв і цифр в наборі в сумі не повинно перевищувати дев'ятнадцять. **затвердження** має наступну форму:

\u003e\u003e змінна \u003d вираз

При введенні затвердження змінної присвоюється вираз, яке стоїть за знаком рівності, або, якщо воно включає будь-які математичні операції, то результат, який виходить після виконання цих операцій. Вводити твердження можна в М-файлі або в командному вікні програми MATLAB. Знак

«\u003e\u003e» є командною підказкою, поява якої на екрані дисплея в командному вікні вказує на те, що твердження можна вводити.

При виконанні обчислень в командному вікні після натискання клавіші "Enter" Результат присвоюється параметру "ans", Якщо відповідному виразу не присвоєно ім'я, або його імені - в іншому випадку (імена змінних, констант і функцій повинні починатися з літери (букви латинські), можуть містити цифри і символ підкреслення). Для блокування виведення результату обчислень деякого виразу після нього треба встановити знак; (крапка з комою).

$$\ln\left(1 + 5 \frac{\lg^2 100 - 0,2\pi}{\sqrt{1 + e^3}}\right)$$

Нехай, наприклад, потрібно обчислити вираз і результат привласнити змінній *x*. В цьому випадку твердження (програма) буде мати наступний вигляд (у десяткових дробах ціла частина від дробової відокремлюється крапкою):

\u003e\u003e x \u003d log (1 + 5 * ((log10 (100)) ^ 2-0.2 * pi) / sqrt (1 + 2.71828 ^ 3))

Після введення затвердження, тобто натискання клавіші Enter, нижче відразу видається результат. Якщо результат потрібно заблокувати, тобто не треба видавати на екран дисплея, то в кінці затвердження потрібно поставити знак «;»(Крапка з комою). Попередньо вираз можна представити і в іншій формі:

\u003e\u003e a \u003d (log10 (100)) ^ 2;

\u003e\u003e b \u003d sqrt (1 + 2.71828 ^ 3);

\u003e\u003e x \u003d log (1 + 5 * (a-0.2 * pi) / b)

MATLAB має кілька вбудованих змінних: *pi*, *eps*, *inf*, *i* *j*. Змінна *pi* позначає число, *eps* \u003d 2⁻⁵² \u003d 2.2204 * 10⁻¹⁶ - похибка для операцій над числами з плаваючою точкою, *inf*- нескінченність (), *i* *j*- уявну одиницю (*i* = *j*).

Коли аргумент зліва не вказано, результат виразу присвоюється загальній змінній ans.

2.5. Функції MATLAB

№	формат оператора	пояснення
1	<code>var \u003d expr</code>	Оператор присвоювання. Обчислює значення виразу <code>expr</code> і заносить результати обчислень в змінну <code>var</code>
2	<code>If умова_1 оператори_1 end</code>	Умовний оператор. Якщо справедлива умова <code>_1</code> , то виконується група оператори <code>_1</code> , якщо справедливо умова <code>_2</code> , то виконується група оператори <code>_2</code> , ... Якщо всі зазначені умови виявляються помилковими, то виконуються оператори, розташовані між <code>else</code> і <code>end</code>
3	<code>switchexpr caseval1 оператори_1 caseval2 оператори_2. val2. [Otherwise оператори] end</code>	Перемикач за значенням вирази <code>expr</code> . Якщо воно збігається з величиною <code>val1</code> , то виконується група оператори <code>_1</code> , якщо воно збігається з величиною <code>val2</code> , то виконується група оператори <code>_2</code> , ... Якщо значення <code>expr</code> не збігається з жодною з перерахованих величин, то виконуються оператори, розташовані між <code>otherwise</code> і <code>end</code>
4		
5	<code>forvar \u003d e1: e3 оператори end</code>	Цикл типу арифметичної прогресії, в якому змінна <code>var</code> при кожному повторенні тіла циклу змінюється від початкового значення <code>e1</code> з кроком <code>e2</code> до кінцевого значення <code>E3</code>

6	while условіе оператори end	Цикл з передумовою, що повторюється до тих пір, поки істинно зазначена умова
7	try оператори_1 catch оператори 2 end	Спроба виконати групу оператори_1. За умови, що в результаті їх виконання виникає виняткова ситуація, управління передається групі оператори_2 (обробка збійних ситуацій). Якщо помилка не виникла, то група оператори_2 не виконується
8	break	Достроковий вихід з керуючих конструкцій типу for, while, switch, try - catch
9	function f1 function f2 (x1, x2,...) function y f3 (x1, x2, ...) function f4 (x1, x2 ,...)	Заголовок функції (x1, x2, ... - вхідні параметри; y, y1, y2, ... -вихідні параметри)
10	return	Достроковий вихід з тіла функції

При написанні програм-функцій потрібно, щоб ім'я М-файлу, в якому запам'ятовується програма, обов'язково збігалось з ім'ям функції.

Усі змінні, які з'являються в тілі функції, крім глобальних змінних (оголошених глобальним оператором), вхідних і вихідних параметрів, вважаються локальними змінними. Вони утворюють локальну робочу область і доступні лише в тілі функції, яка їх створює, жодна інша функція не може ними скористатися.

MATLAB не включає оператор goto. Тому в тексті m-файлу немає міток операторів. Для ідентифікації лінії, на якій відбувається аварійна ситуація, використовується внутрішній номер, який автоматично призначається системою.

2.6. Числа у MATLAB

Matlab використовує прийнятну десяткову систему числення з необов'язковою десятковою крапкою та знаками плюс або мінус для цифр. Наукова система нумерації використовує літеру *e* для визначення коефіцієнтів у десятому ступені. Уявні числа мають суфікс *i* або *j*.

Усі числа, які використовуються для зберігання, використовують формат **long**, і ці числа з плаваючою комою мають обмежену точність — близько 16 значущих цифр і обмежений діапазон — приблизно від 10^{-308} до 10^{308} .

2.7. Обчислення в MATLAB

Вбудовані математичні функції MatLab дозволяють знаходити значення різних виразів. MatLab надає можливість управління форматом виведення результату. Команди для обчислення виразів мають вигляд, властивий всім мовам програмування високого рівня.

Найпростіші обчислення

Наберіть в командному рядку $1 + 2$ і натисніть . В результаті в командному вікні MatLab відображається наступне:

```
»1 + 2
ans \u003d
3
» |
```

Що зробила програма? Спочатку вона вирахувала суму $1 + 2$, потім записала результат в спеціальну змінну ans і вивела її значення, що дорівнює 3, в командне вікно. Нижче відповіді розташована командний рядок з миготливим курсором, що позначає, що MatLab готова до подальших обчислень. Можна набирати в командному рядку нові вирази і знаходити їх значення.

Якщо потрібно продовжити роботу з попереднім виразом, наприклад, обчислити $(1 + 2) / 4.5$, то найпростіше скористатися вже наявними результатом, який зберігається в змінної ans. Наберіть в командному рядку ans / 4.5 (при введенні десяткових дробів використовується крапка) і натисніть ,
Виходить:

```
»Ans / 4.5
ans \u003d
0.6667
» |
```

Вид, в якому виводиться результати обчислень, залежить від формату виведення, встановленого в MatLab

2.8. Формати виведення результату обчислень

Необхідний формат виведення результату визначається користувачем з меню MatLab. Виберіть в меню **File** пункт **Preferences**. На екрані з'явиться діалогове вікно **Preferences**. Для установки формату виведення слід переконатися, що в списку лівій панелі обраний пункт **Command Window**. Завдання формату проводиться із списку **Numeric format** панелі **Text display**. Розберемо поки тільки найбільш часто використовувані формати. Оберіть **short** в списку **Numeric format** в MatLab 6.x. Закрийте діалогове вікно, натиснувши кнопку ОК. Зараз встановлено короткий формат з плаваючою точкою **short** для виведення результатів обчислень, при якому на екрані відображаються тільки чотири цифри після десяткового дробу. Наберіть в командному рядку $100/3$ та натисніть . Результат виводиться у форматі **short**:

```
»100/3
ans \u003d
33.3333
```

Якщо потрібно отримати результат обчислень більш точно, то слід вибрати в списку, що розкривається **long**. Результат буде відображатися в довгому форматі з плаваючою точкою **long** з чотирнадцятьма цифрами після десяткової точки. формати **short e** і **long e** призначені для виведення результату в експоненційній формі з чотирма і п'ятнадцятьма цифрами після десяткової точки відповідно. Інформацію про форматах можна отримати, набравши в командному рядку команду **help** з аргументом **format**:

У командному вікні з'являється опис кожного з форматів.

Задавати формат виведення можна безпосередньо з командного рядка за допомогою команди **format**. Наприклад, для установки довгого з плаваючою точкою формату виведення результатів обчислень слід ввести команду **format long e** в командному рядку:

```
»Format long e
»1.25 / 3.11
```

ans \u003d

4.019292604501608e-001

2.9. Арифметичні операції Matlab

Функції. Matlab надає велику кількість елементарних математичних функцій, таких як `abs`, `sqrt`, `exp`, `sin`. Обчислення квадратного кореня або логарифма від'ємного числа не є помилкою: у цьому випадку результатом є відповідне комплексне число. Matlab також надає більш складні функції, включаючи гамма-функції та функції Бесселя. Більшість із цих функцій мають складні параметри. Числовий і обмежений діапазон - приблизно від 10^{-308} до 10^{308} . Щоб вивести список всіх елементарних математичних функцій, наберіть:

helpfun

Щоб подивитися список всіх функцій Matlab для аналізу даних:

helpdatafun

Якщо вам потрібно дізнатися про **StatisticsToolbox**, Введіть:

helpstats

2.10. Элементарні функції Matlab

Функция	Синтаксис
$ x $ – модуль	<i>abs(x)</i>
e^x – экспонента	<i>exp(x)</i>
$\ln x$ – натуральный логарифм	<i>log(x)</i>
$\log_2 x$ – логарифм по основанию 2	<i>log2(x)</i>
$\lg x$ – десятичный логарифм	<i>log10(x)</i>
2^x – 2 в степени x	<i>pow(x)</i>
\sqrt{x} – квадратный корень	<i>sqrt(x)</i>
<i>arccos x</i> – арккосинус	<i>acos(x)</i>
<i>arctg x</i> – арккотангенс	<i>acot(x)</i>
<i>arccosec x</i> – арккосеканс	<i>acsc(x)</i>
<i>arcces x</i> – арксеканс	<i>asec(x)</i>
<i>arcsin x</i> – арксинус	<i>asin(x)</i>
<i>arctg x</i> – арктангенс	<i>atan(x)</i>
<i>cos x</i> – косинус	<i>cos(x)</i>
<i>ctg x</i> – котангенс	<i>cot(x)</i>
<i>sec x</i> – секанс	<i>sec(x)</i>
<i>cosec x</i> – косеканс	<i>csc(x)</i>
<i>sin x</i> – синус	<i>sin(x)</i>
<i>tg x</i> – тангенс	<i>tan(x)</i>
<i>arcch x</i> – арккосинус гиперболический	<i>acosh(x)</i>
<i>arccth x</i> – арккотангенс гиперболический	<i>acoth(x)</i>
<i>arccosech x</i> – арккосеканс гиперболический	<i>acsch(x)</i>
<i>arcsech x</i> – арксеканс гиперболический	<i>asech(x)</i>

Функция	Синтаксис
$\operatorname{arcsh} x$ – арккосинус гиперболический	$\operatorname{asinh}(x)$
$\operatorname{arctgh} x$ – арктангенс гиперболический	$\operatorname{atanh}(x)$
$\operatorname{ch} x$ – косинус гиперболический	$\operatorname{cosh}(x)$
$\operatorname{ctgh} x$ – котангенс гиперболический	$\operatorname{coth}(x)$
$\operatorname{cosech} x$ – косеканс гиперболический	$\operatorname{csch}(x)$
$\operatorname{sech} x$ – секанс гиперболический	$\operatorname{sech}(x)$
$\operatorname{sh} x$ – синус гиперболический	$\operatorname{sinh}(x)$
$\operatorname{tgh} x$ – тангенс гиперболический	$\operatorname{tanh}(x)$

2.11. Simulink

Simulink — це інтерактивний інструмент (програмне забезпечення) для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, включаючи дискретні, безперервні та змішані, нелінійні та розривні системи. Розроблено MathWorks. Надає можливість будувати графічні блок-схеми, моделювати динамічні системи, вивчати продуктивність системи та покращувати проекти. Simulink повністю інтегрований з MATLAB для швидкого доступу до різноманітних інструментів аналізу та проектування. Simulink також інтегрується з Stateflow для моделювання поведінки, керованої подіями. Ця перевага робить Simulink найпопулярнішим інструментом для проектування систем керування та комутації, цифрової обробки та інших програм моделювання.

Особливості Simulink:

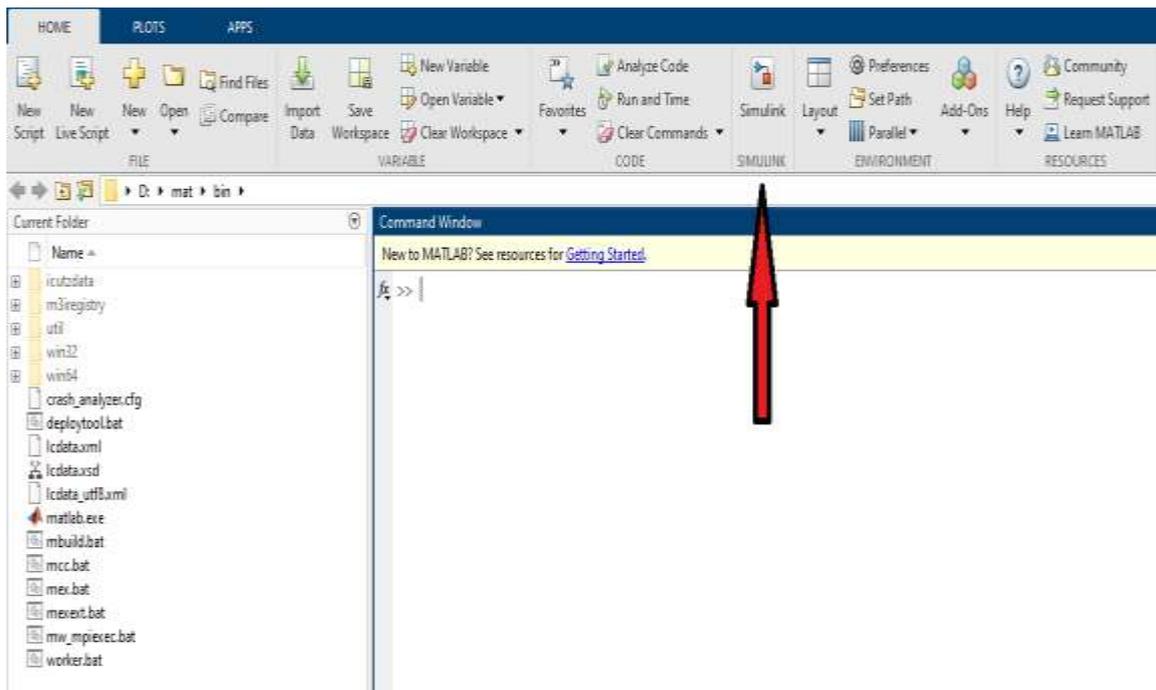
- Інтерактивне графічне середовище для побудови блок-діаграм;
- Розширювана бібліотека готових блоків;
- Засоби побудови багаторівневих ієрархічних багатокomпонентних моделей;
- Засоби навігації та налаштування параметрів складних моделей — Model Explorer;
- Засоби інтеграції готових C/C++, FORTRAN, ADA та MATLAB-алгоритмів у модель, взаємодія з зовнішніми програмами для моделювання
- Сучасні засоби вирішення диференціальних рівнянь для неперервних, дискретних, лінійних та нелінійних об'єктів (в тому числі з гістерезисом та розривами);
- Імітаційне моделювання нестационарних систем за допомогою вирішувачів зі змінним та постійним кроком чи методом керованого з MATLAB пакетного моделювання;
- Інтерактивна візуалізація вихідних сигналів, засоби налаштування та завдання вхідних впливів;
- Засіб відлагодження та аналізу моделей;

- Повна інтеграція з MATLAB, включаючи численні методи, візуалізацію, аналіз даних та графічні інтерфейси.

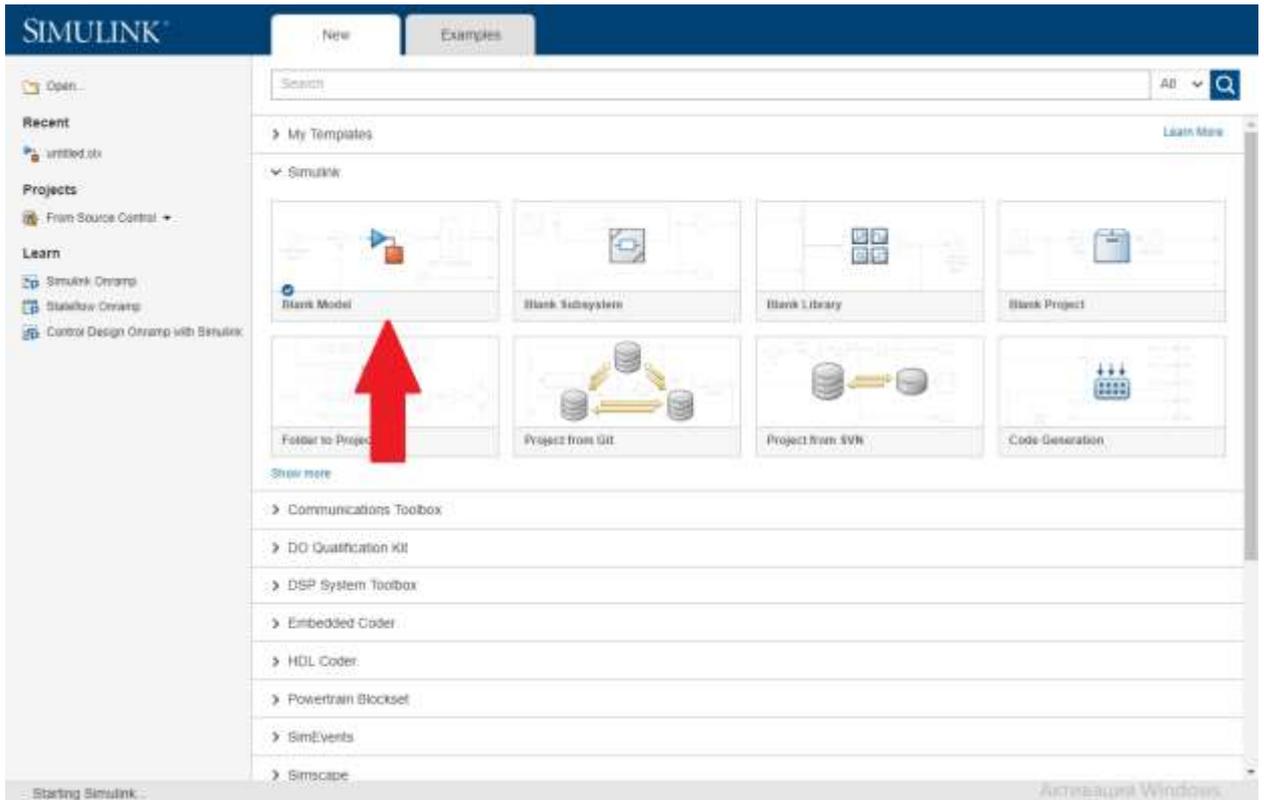
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ MATLAB НА ПРАКТИЦІ

Для ідентифікації моделей за їх перехідними характеристиками нам знадобиться Matlab та бібліотека Simulink, де ми зможемо скласти потрібну нам схему, задати параметри та визначити за графіком модель відповідно до заданих параметрів.

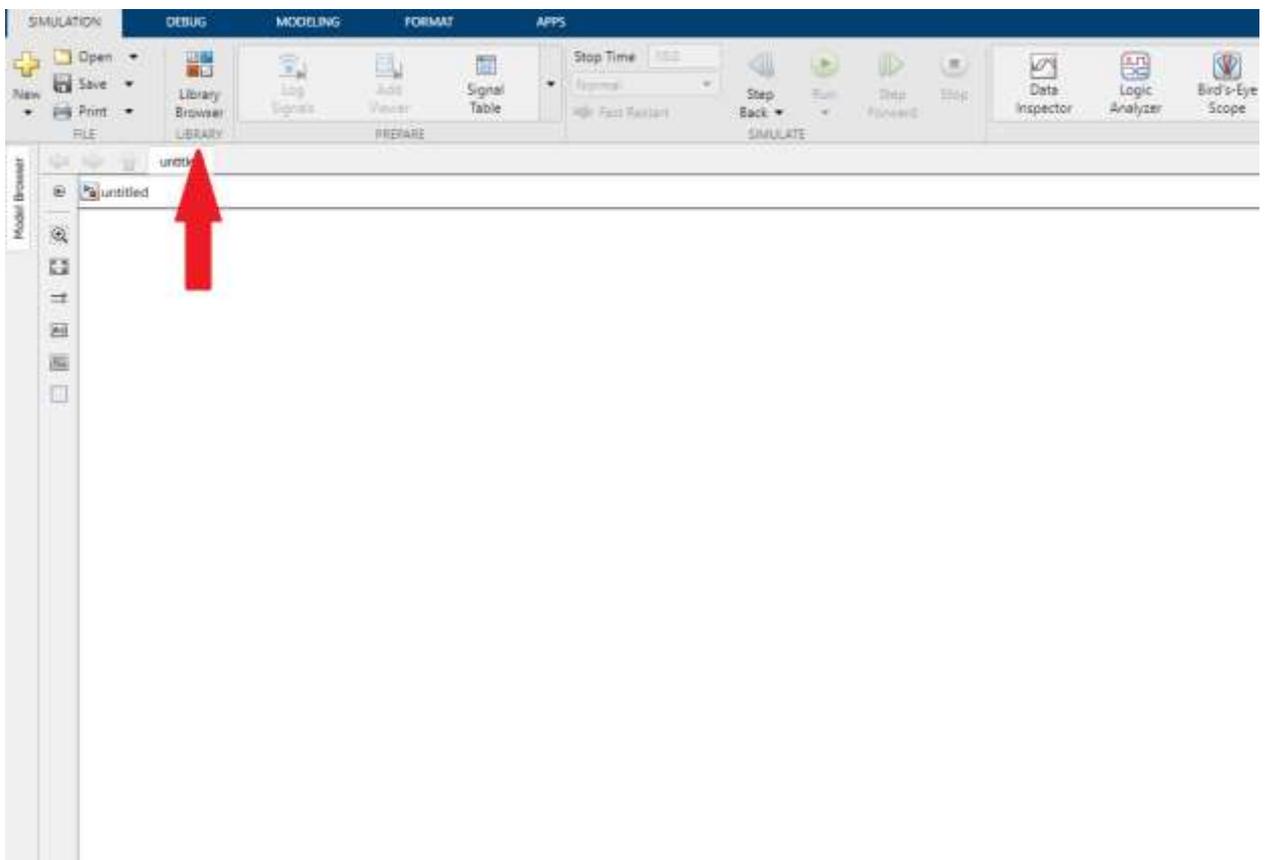
Для початку потрібно відкрити Matlab та запустити Simulink.



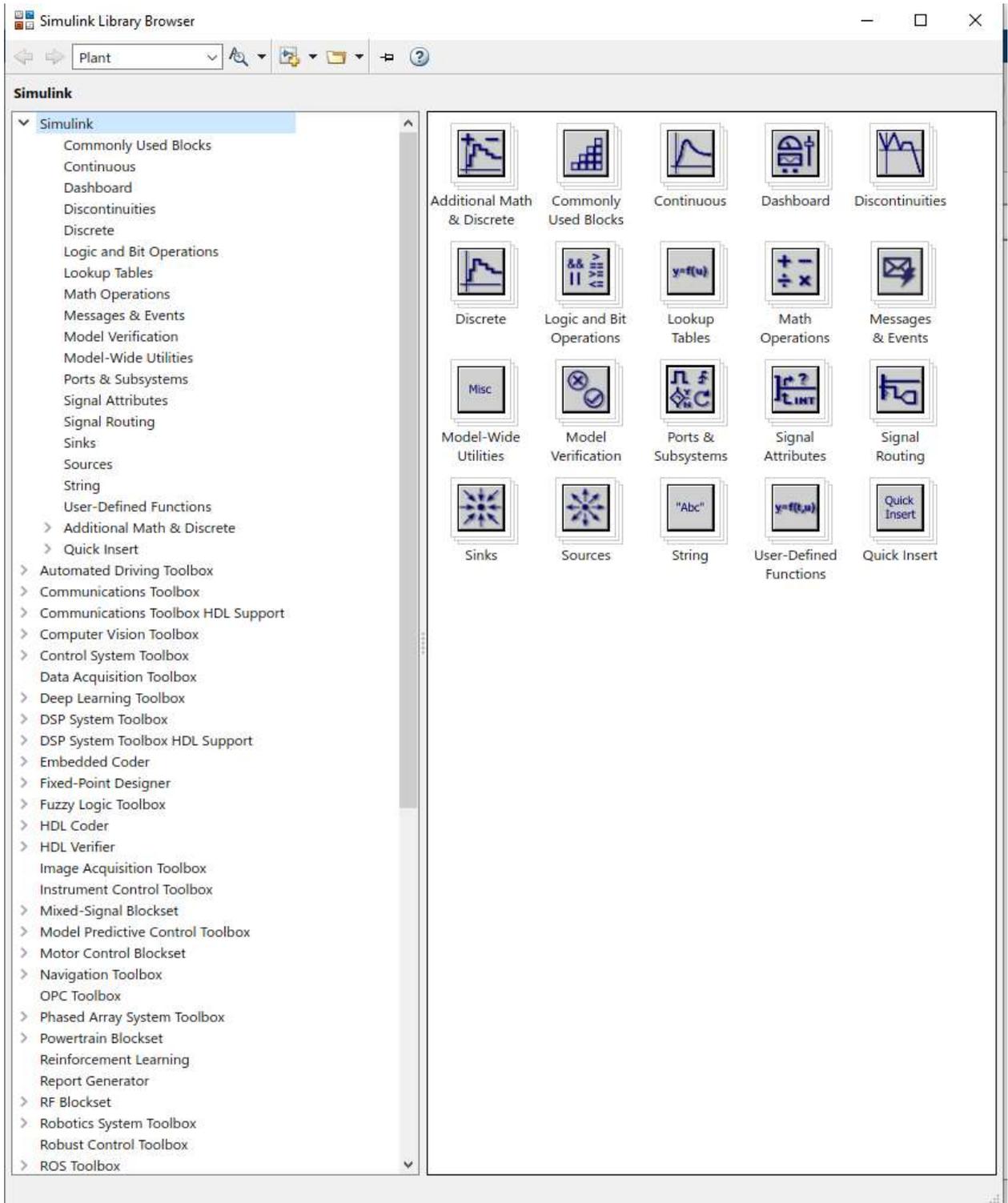
Потім необхідно створити нову модель.



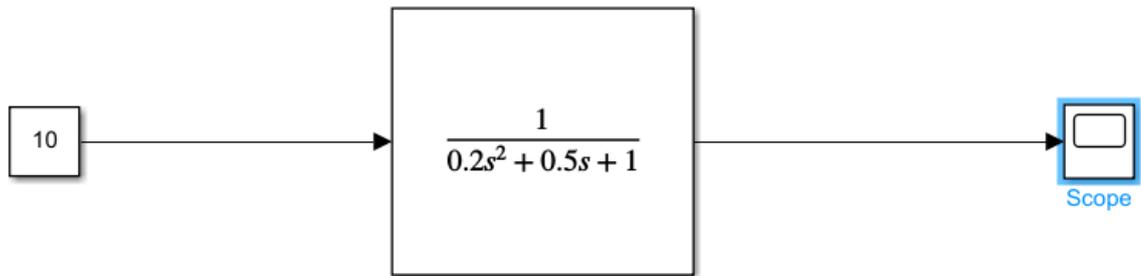
Відкриваємо бібліотеку



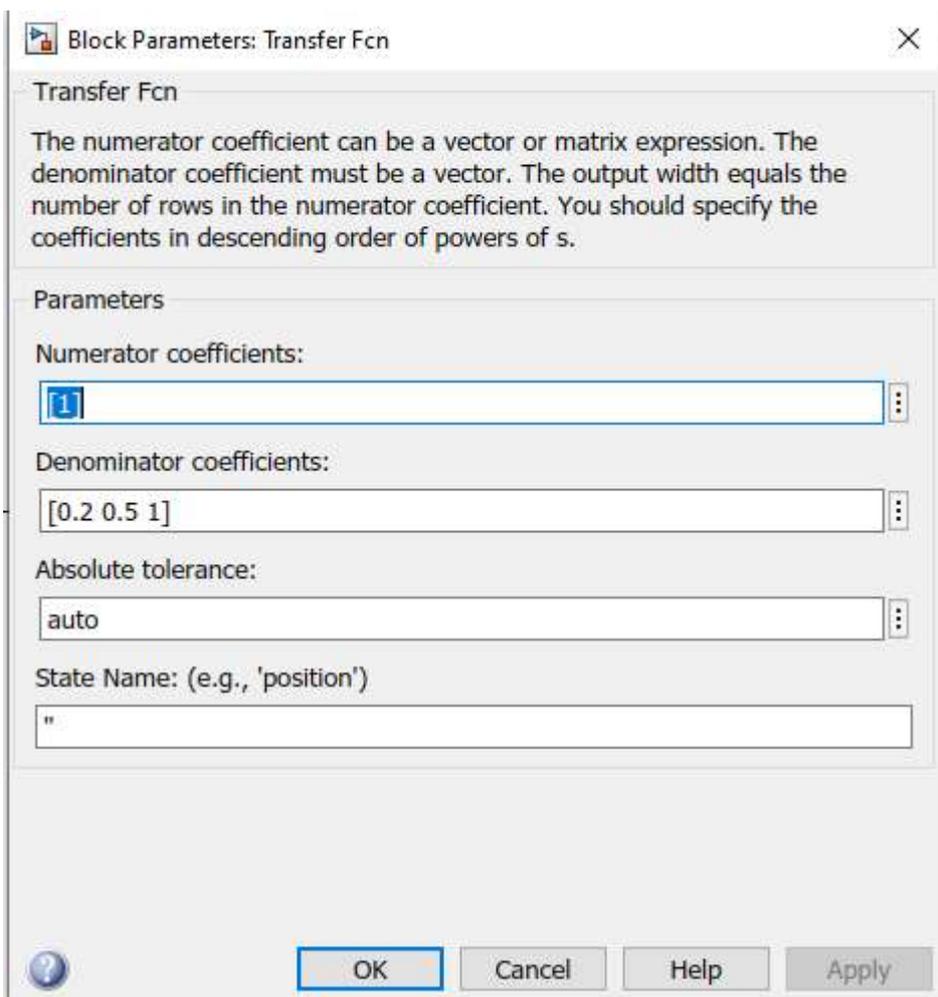
У вікні бібліотеки необхідно вибрати потрібні елементи.



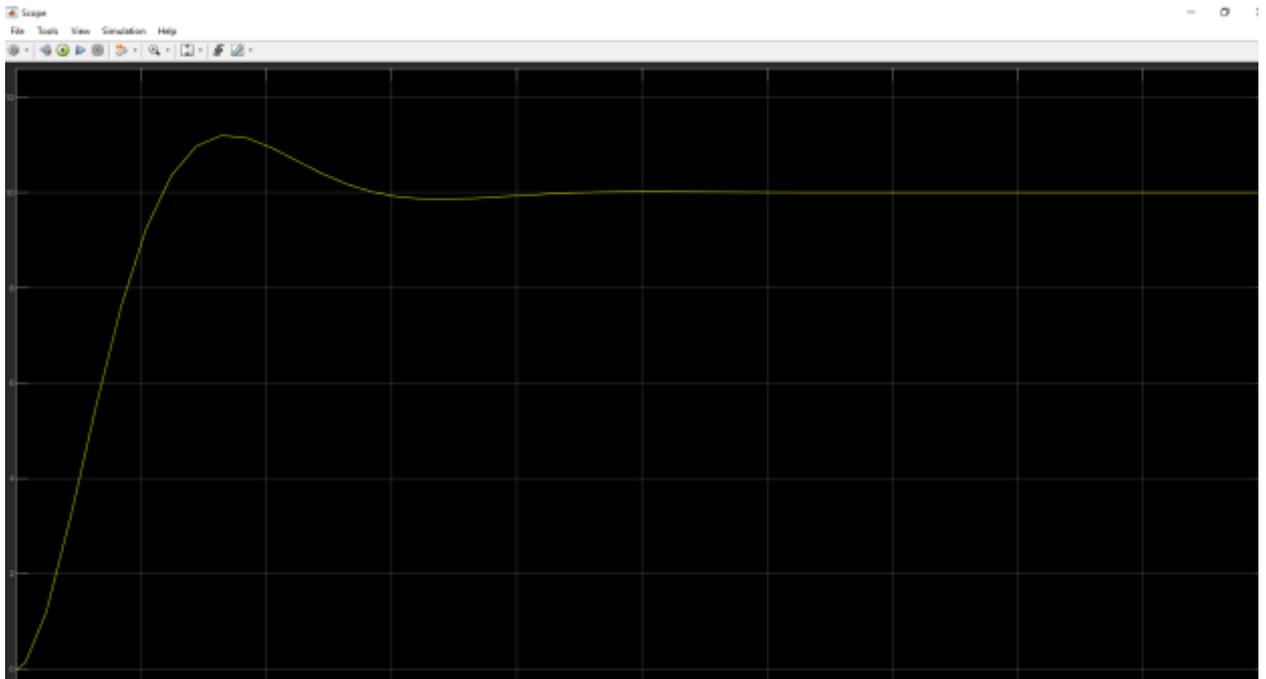
Для ідентифікації моделей нам необхідно передавальну функцію, джерело та осцелограф для відображення результатів. З даних елементів у нас виходить система, яка зображена нижче:



Передавальній функції задаються необхідні параметри:



Після запуску відкриваємо покази осцелографа та можемо бачити графік нашої моделі:



ВИСНОВКИ

Під час роботи над дипломним проектом були досліджені моделі, їх види, способи побудови, їхня ідентифікація. Були вдосконалені навички роботи з Matlab та Simulink. На практиці визначались динамічні моделі за їх перехідними характеристиками.

Під час дипломного проектування було опрацьовано теоретичний матеріал щодо моделей та їх дослідження вдалось закріпити свої знання та навички із заданої теми, а також дізнатись масу нової, цікавої та корисної інформації. Проводилось визначення динамічних моделей за їх перехідними характеристиками на практиці, але у повному обсязі це зробити не вдалось, оскільки мій особистий комп'ютер не дає змоги у повному обсязі використовувати Matlab.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Штейнберг Ш.Е. Идентификация в системах управления. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 80 с.,
2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. -М.: Мир, 1975. - 686 с.
3. Сейдж Э.П., Мелса Дж.Л. Идентификация систем управления. - М.: Наука, 1974. - 248 с.
4. Сейдж Э.П., Мелса Дж.Л. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. - М.: Связь, 1976. - 496 с
5. URL: <https://studfile.net/preview/9326820/>
6. Моделювання динамічних систем у Matlab. Електронний навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2011. – 421 с.
7. А.С. Ткачов Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ проспект Перемоги, 37, корпус 18, м. Київ, 03056, Україна