

Для поетапної побудови моделі орієнтуйтеся на приклади які ми розглядали на лекціях і практичних.

Виникає багато питань по перевірці адекватності моделі. Звісно, можна знайти певні експериментальні дані чи певну статистику і з ними порівнювати результат, проте для багатьох задач її може не бути, тому в такому випадку потрібно провести якісний аналіз для якого приведено всі потрібні дані.

Нагадую, при якісному порівнянні потрібно лише збіг деяких характерних особливостей у розподілі досліджуваних параметрів (наприклад, наявність екстремальних точок, позитивне або негативне значення параметра, його зростання або спадання і т.д.). Фактично при якісному порівнянні оцінюється збіг лише виду функції розподілу параметрів (зменшується або зростаюча, з одним екстремумом або з декількома).

Також слід поступати як поступають при розробці кінцевоелементних методів – відпрацювати модель на найпростішому структурному елементі і далі ускладнювати тестову задачу – відпрацювати максимально повну тестову задачу і розглянути граничні випадки (наприклад, для перевернутого маятника це буде мінімальне і максимальне початкове відхилення).

Нижче приведені деякі роздуми на тему перевірки для кожного з типів задач.

1. Моделювання двох гармонічних осциляторів що взаємодіють між собою. ([1] ст. 169)

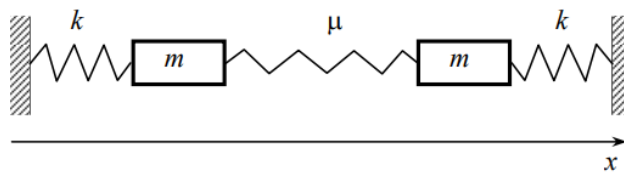


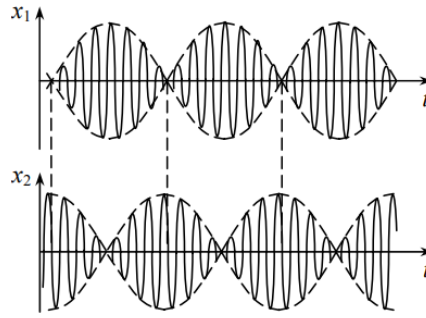
Рис. 22.1. Два гармонических осциллятора, взаимодействующих друг с другом посредством упругой связи жесткости μ

Результат моделювання – 2 графіки коливання ел. системи. Можливі 2 картини отриманих результатів:

- Для першого *нормального коливання* (всі частини системи коливаються з однією частотою, але, можливо, з різними амплітудами) амплітуди коливань обох мас однакові і вони коливаються у фазі.
- У другому – амплітуди теж однакові, але коливання відбувалися протифазі.

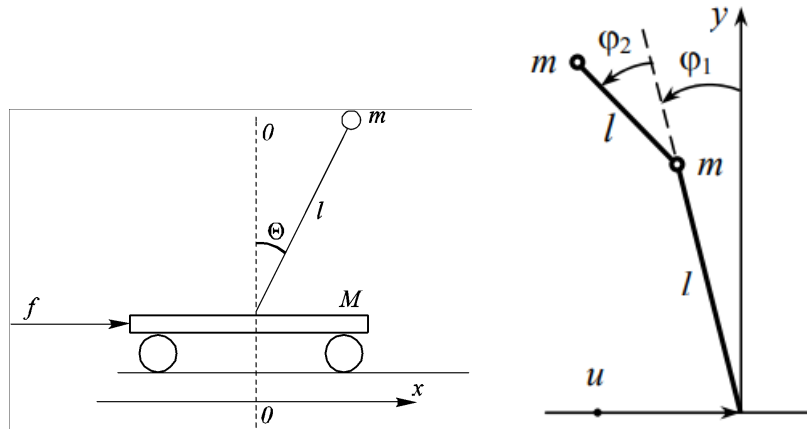
Це означає, що при першому нормальному коливанні обидві маси коливаються разом праворуч і ліворуч. При другій, навпаки, назустріч один одному з більшою частотою.

У випадку коли частоти коливання ω_1 , ω_2 близькі між собою виникає биття в коливаннях двох пов'язаних осциляторів що має вигляд:



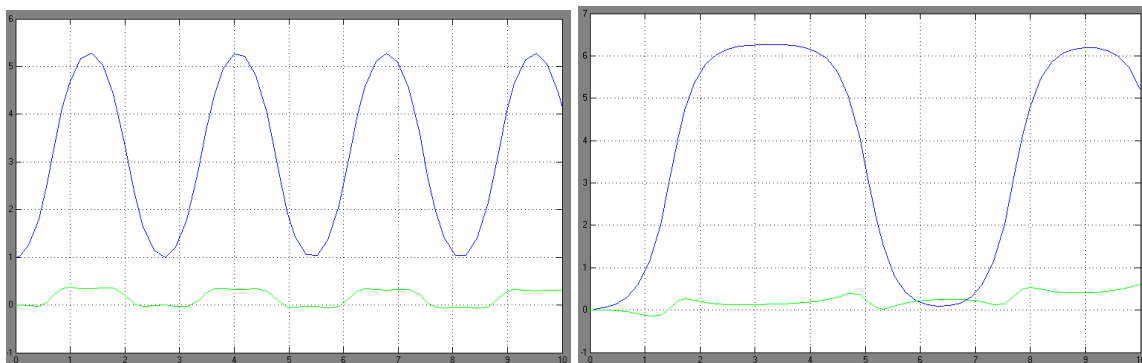
Наявність описаних вище фактів є позитивною оцінкою адекватності моделі.

2. Моделювання процесу стабілізації перевернутого маятника. ([1] ст. 174)
3. Моделювання процесу стабілізації перевернутого подвійного маятника. ([1] ст. 174,180)
4. Моделювання «двоногої ходьби» з допомогою перевернутого маятника . ([1] ст.,184)



Результат моделювання – 2 або 3 графіки коливання точки закріплення і маятника системи

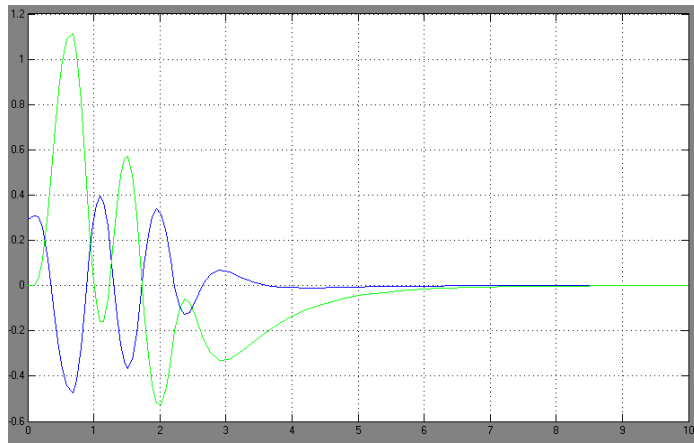
Коливання обох частин об'єкта зв'язані між собою, тому в результаті повинні отримати наступну картину:



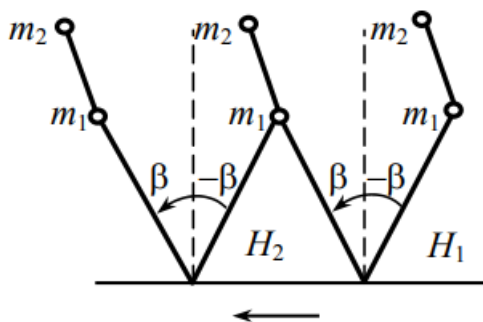
(тут 2 випадки початкових параметрів, синій графік маятник, зелений - каретка)

Для того щоб вважати модель адекватною, ще перевірте 2 граничних випадки з максимальним та мінімальним початковим відхиленням системи.

У випадку стабілізації маятника коливання повинні затухнути, тобто отримаємо приблизно такий вигляд графіків коливання системи:



Двонога ходьба передбачає собою рух системи в одному напрямку



5. Моделювання руху баскетбольного м'яча з відбиттям від поверхонь ([2] ст. 174)

При побудові даної моделі необхідно врахувати різні можливі варіанти відбиття м'яча від поверхонь

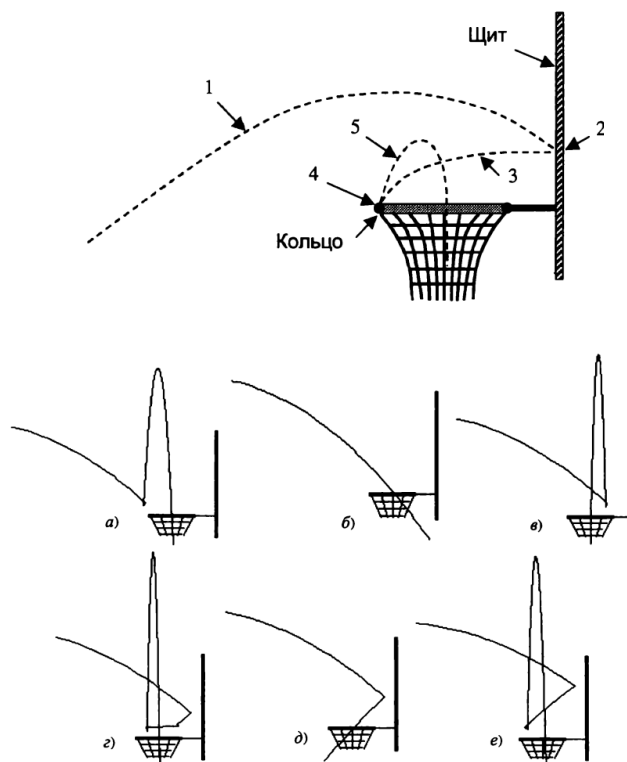


Рис. 4.23. Различные траектории мяча при попадании в корзину

Для оцінки адекватності необхідно перевірити правильність відбиття м'яча від щитка чи кільця і розглянути 2 граничні випадки: просте попадання (мал. б) і складний випадки попадання (мал. в, г чи е) .

6. Моделювання кліткових автоматів. Клітковий автомат «Життя» ([3] ст. 8,71)

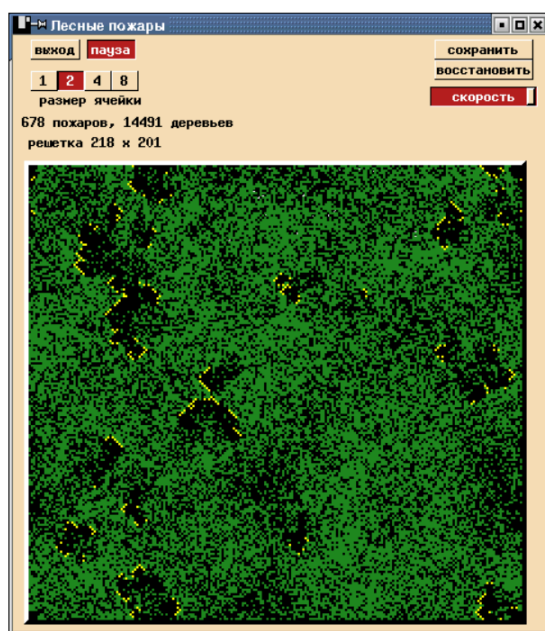
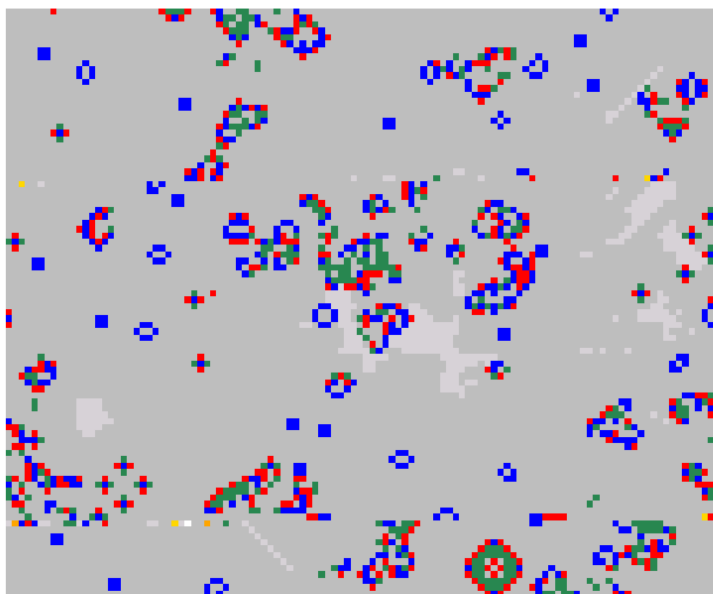
7. Моделювання кліткових автоматів. Моделювання пожеж ([3] ст. 8,74)

8. Моделювання кліткових автоматів. Клітковий автомат «Сніжинка» ([3] ст. 8,82)

В даних роботах необхідно:

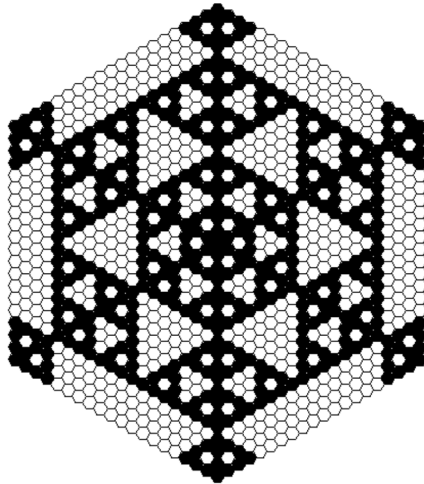
- сформулювати всі правила гри і продемонструвати їх роботу на найпростішій структурній одиниці кліткового автомата (це тут і буде перевіркою адекватності моделі).
- Продемонструвати роботу кліткових автоматів в сильно обмеженому та відносно широкому просторі з деякими випадковими початковими позиціями.

Приклади:



Клітковий автомат «Життя»

Моделювання пожеж



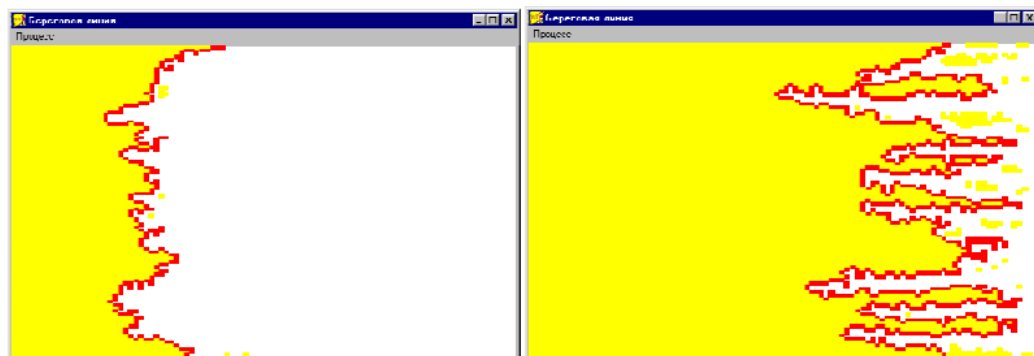
Клітковий автомат «Сніжинка»

9. Моделювання розмивання берегової лінії. ([3] ст. 15, 90)

В даній роботі необхідно:

- сформулювати всі правила гри
- Продемонструвати роботу моделі для найпростішого випадку (пряме узбережжя) та згенерованих глибоких фіордів.

Приклад моделювання:

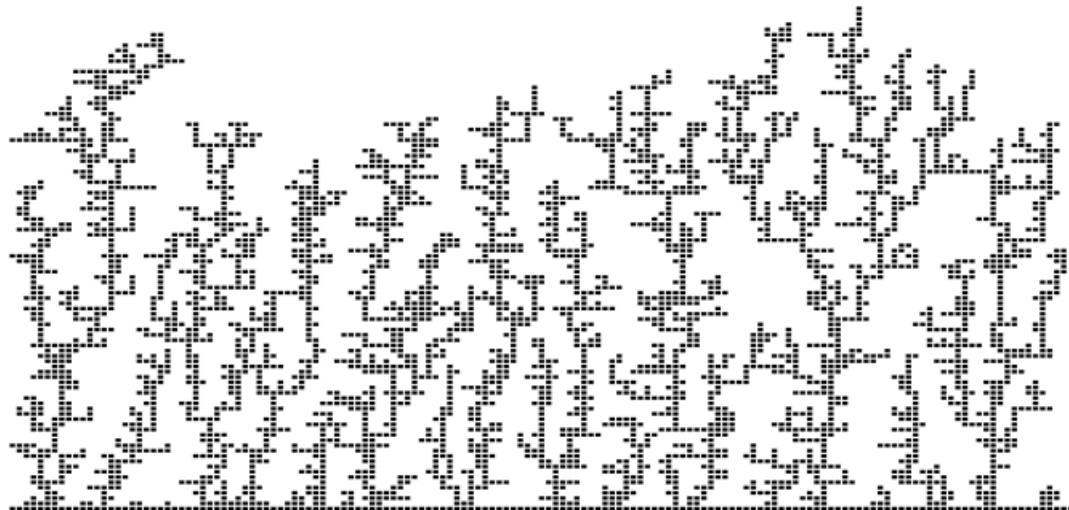


10. Моделювання електролізу на плоскому катоді ([3] ст.15, 96)

В даній роботі необхідно:

- сформулювати всі правила гри і продемонструвати їх роботу на одному іоні, парі близьких іонів (це тут і буде перевіркою адекватності моделі).
- Продемонструвати роботу моделі для граничного випадку, наприклад коли всі іони знаходяться поряд чи далеко один від одного.

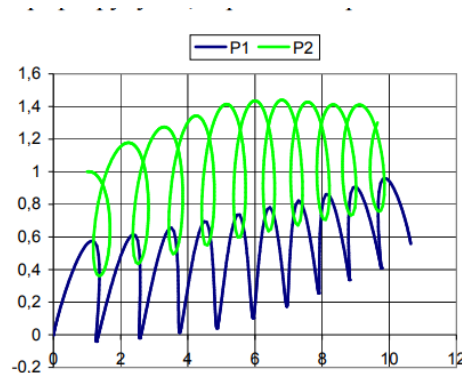
Приклад моделювання:



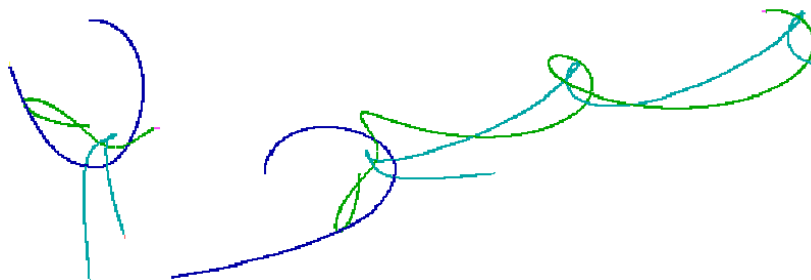
11. Моделювання руху системи багатьох тіл. ([3] ст. 99)

Результат моделювання – графіки з траєкторіями руху тіл що взаємодіють.

- Почати слід з 2 тіл і продемонструвати дію закону всесвітнього тяжіння. (це перевірка адекватності)



- Перейти до 3 тіл і описати результат.



- Спробувати певну більшу кількість тіл.
- Продемонструвати роботу моделі для деяких граничних початкових траєкторій (паралельний, перпендикулярний рух, тощо).

12. Моделювання повернення супутника на Землю по балістичній траєкторії ([4] ст.15)

Результат моделювання – графіки з траєкторіями руху супутника (приземлення по балістичній траєкторії, тому модель адекватна), графік швидкостей та перегрузки в різні моменти часу.

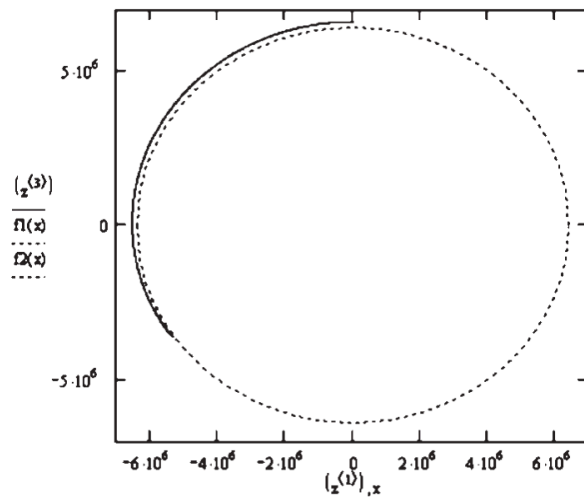


Рис. 3.2
Траектория возвращения спутника
с орбиты на Землю при $\Delta v = 40$ м/с

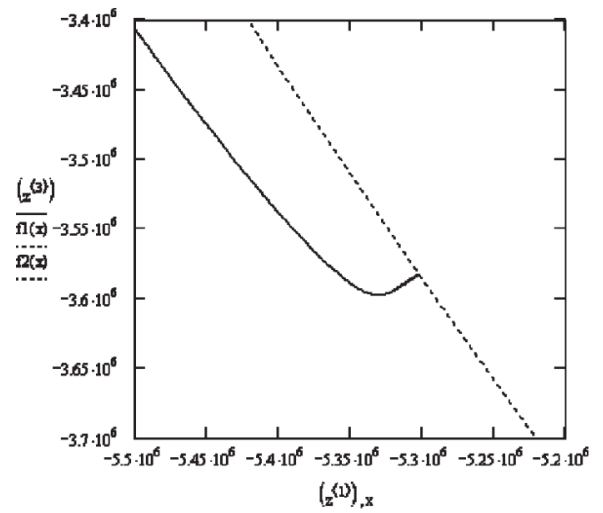


Рис. 3.3
Траектория посадки спутника

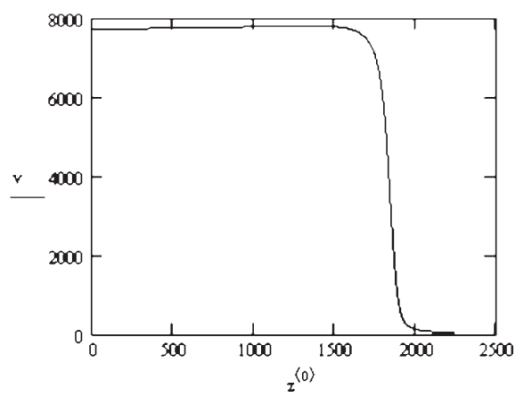


Рис. 3.4
График зависимости скорости v спускаемого аппарата от времени

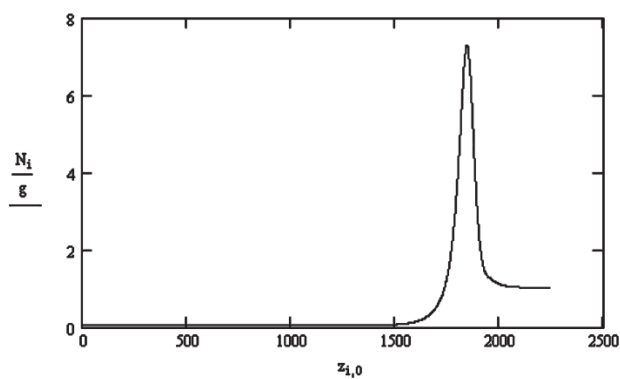


Рис. 3.5
Зависимость перегрузки N_i от времени

13. Моделювання руху штучного супутника землі під дією тиску сонячного світла ([4] ст.32)

Результат моделювання – графіки з траекторіями руху супутника навколо землі.

Для адекватності моделі перевірити 2 граничні випадки:

- Сонячний парус дуже малий. Супутник довго знаходиться на орбіті.
- Площа сонячного паруса дуже велика. Супутник покидає землю одразу.

Приклад моделювання:

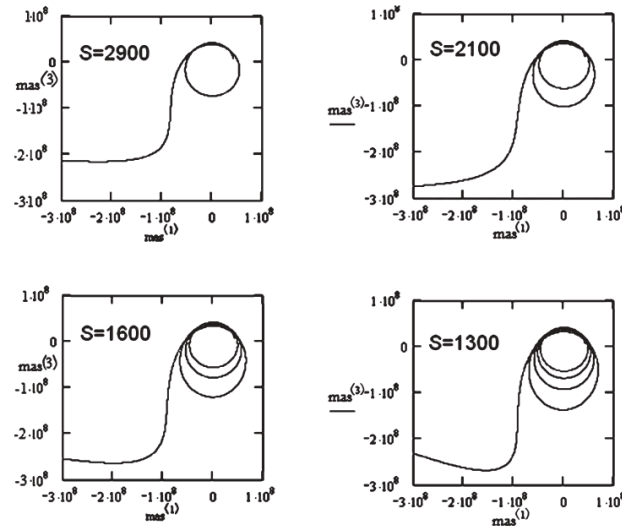


Рис. 5.5
Спутник под парусом покидает пределы Земли
при различных площадях паруса

14. Моделювання траєкторії перельоту до Марсу ([4] ст.73).

Результат моделювання – графіки з траекторіями руху космічного апарату для 3 етапів перельоту:

1. Рух та старт КА у сфері впливу Землі.
2. Рух КА у сфері впливу Сонця.
3. Рух та гальмування КА у сфері впливу Марса.

Приклад моделювання:

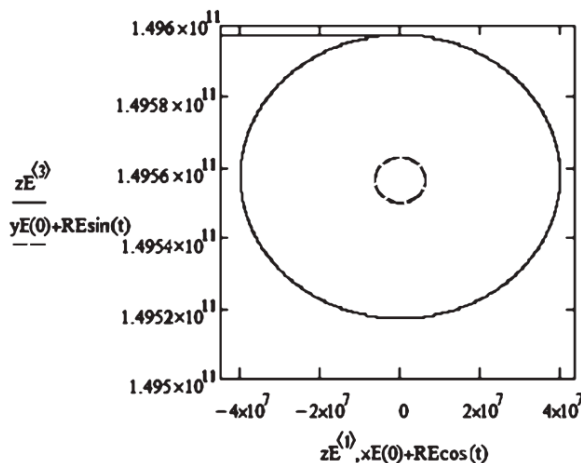


Рис. 10.2
Старт КА с круговой орбиты вокруг Земли

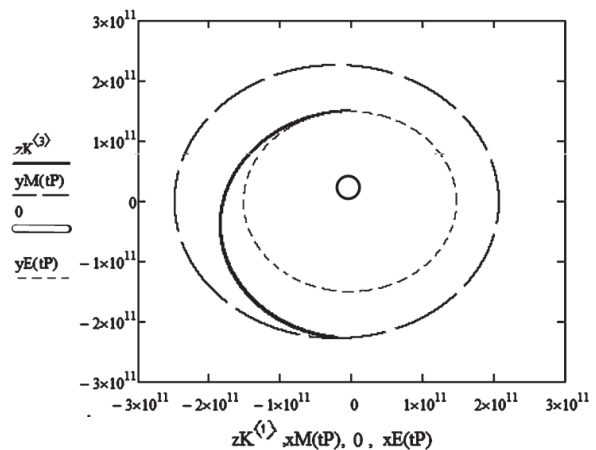
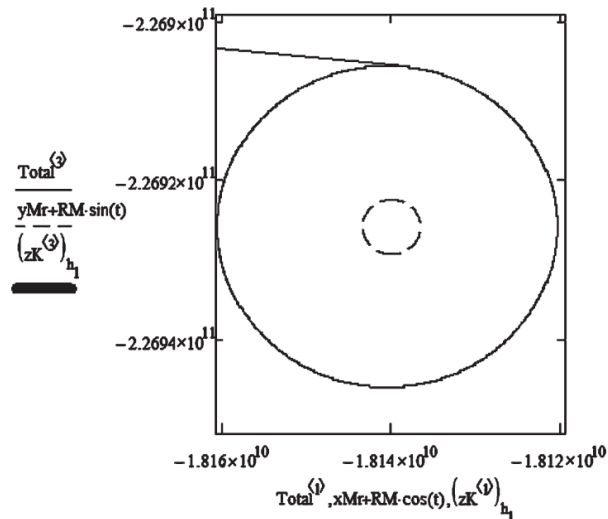


Рис. 10.5
Гомановский переход.
Стартовая скорость 33 005 м/с относительно Солнца



Для адекватності моделі перевірити 2 граничні випадки:

- Знайти початкову швидкість за якої КА заледве долітає до Марсу
- Знайти початкову швидкість за якої КА майже перелітає Марс.

15. Моделювання росту чисельності ізольованих популяцій. Модель Хатчинсона ([5] ст.329)

Результат моделювання – графіки росту популяцій.

Для адекватності моделі перевірити граничні випадки:

- Мала ємність середовища, мале запізнення (наприклад на 1 крок).
- Мала ємність середовища , велике запізнення.
- Велика ємність середовища , мале запізнення (наприклад на 1 крок).
- Велика ємність середовища , велике запізнення.

Порівняти результати з іншими відомими моделями (Мальтуса, Ферхюльста).

16. Моделювання взаємодії популяцій. Модель «Хижак-жертва» ([5] ст.342)

17. Моделювання взаємодії популяцій. Модель «Хижак-жертва» з конкуренцією серед жертв. ([5] ст.346)

18. Моделювання взаємодії популяцій . Модель Колмогорова ([5] ст.349)

19. Моделювання взаємодії популяцій . Модель Вольтерри для двох конкурентів. ([5] ст.356).

Результат моделювання – графіки зміни популяцій.

Для адекватності моделі перевірити граничні випадки:

- Відсутній хижак. Порівняти результати росту з моделями росту чисельності ізольованих популяцій.
- Відсутні жертви.

Показати фазовий портрет системи. Знайти точки рівноваги.

20. Дискретна модель вікової структури. Модель Леслі ([5] ст.388)

Результат моделювання – графіки зміни популяції кожної вікової групи.

Для адекватності моделі перевірити граничні випадки:

- Побудувати модель Леслі для 2 вікових груп. Порівняти результат з моделлю Мальтуса
- Побудувати модель Леслі багатьох вікових груп

21. Моделювання соціальних процесів. Модель Форрестера "Світова динаміка" ([5] ст.474)

Математична модель включає п'ять основних глобальних змінних, що залежать від часу:

- кількість людей на Землі в момент часу i ;
- капіталовкладення в промисловість і сільське господарство;
- частка інвестицій у сільське господарство;
- невідновлювані природні ресурси;
- загальна кількість забруднень.

Для даної моделі можна знайти статистику в інтернеті і по ній оцінити адекватність моделі.

22. Моделювання економічного росту. Модель Соллоу [5]

Модель Солоу враховує вплив трьох факторів:

- капіталоозброєності
- зростання населення (ΔL);
- технологічного прогресу (Т.П.).

Для даної моделі можна знайти статистику в інтернеті і по ній оцінити адекватність моделі.

Також потрібно у моделі знайти стаціонарний стан по золотому правилу накопичення капіталу.

Приклад моделювання виробничої функції:

