Графові ймовірнісні моделі

Практична робота 6

Практичні роботи

- 14, 15 Моделювання поведінки випадкового процесу та стаціонарної густини ймовірності у моделі багатовимірного потенціалу;
- 16 Фур'є - аналіз даних

Студентка Пороскун Олена. Група ПМ.м-21

8(1) варіант

Завдання

Побудувати рис. 2.1-2.7 – номер рисунка відповідає варіанту згідно зі списком групи. (Пояснення. Методика аналітичного розрахунку фазової діаграми в розд. 2 в файлі pract_6_variant_1.docx)

Параметри системи:

$$\varphi_{0g}^{*} = 0.4\ Дж \cdot м^{-2}, g_g = 12\ Дж \cdot м^{-2}, \bar{M}_g = 2.5 \cdot 10^5\ Дж \cdot м^{-2}, \bar{\mu}_g = 3 \cdot 10^5\ Дж \cdot м^{-2},$$
$$\varphi_{1g}^{*} = 3 \cdot 10^{-6}\ Дж \cdot м^{-1}, e_g = 3.6 \cdot 10^{-4}\ Дж \cdot м^{-1}, \varphi_{2g} = 5.6 \cdot 10^{-13}\ Дж,$$
$$\varphi_{3g} = 3 \cdot 10^{-20}\ Дж \cdot м, \varphi_{0D}^{*} = 5 \cdot 10^{-9}\ Дж \cdot м^{-1}, g_D = 2 \cdot 10^{-8}\ Дж \cdot м^{-1},$$
$$\bar{M}_D = 0\ Дж \cdot м^{-1}, \bar{\mu}_D = 1.65 \cdot 10^{-4}\ Дж \cdot м^{-1}, \varphi_{1D}^{*} = 10^{-24}\ Дж \cdot м,$$
$$e_D = 6 \cdot 10^{-23}\ Дж \cdot м, \varphi_{gD} = 10^{-16}\ Дж, \psi_{gD} = 10^{-23}\ Дж \cdot м.$$

Доповнені параметри:

$\varphi_{0g}^{*} = 0.4\ Дж \cdot м^{-2}$

$\varphi_{1g}^{*} = 3 \cdot 10^{-6} Дж \cdot м^{-1}$

$\varphi_{2g} = 5.6 \cdot 10^{-13} Дж$

$\varphi_{3g} = 3 \cdot 10^{-20} Дж \cdot м$

$\varphi_{0D}^{*} = 5 \cdot 10^{-9} Дж \cdot м^{-1}$

$\varphi_{1D}^{*} = 10^{-24} Дж \cdot м$

$\varphi_{gD} = 10^{-16} Дж$

$\psi_{gD} = 10^{-23} Дж \cdot м$

$\bar{M}_g = 2.5 \cdot 10^5\ Дж \cdot м^{-2}$

$\bar{M}_D = 0\ Дж \cdot м^{-1}$

$\bar{\mu}_g = 3 \cdot 10^5\ Дж \cdot м^{-2}$

$\bar{\mu}_D = 1.65 \cdot 10^{-4} Дж \cdot м^{-1}$

$e_g = 3.6 \cdot 10^{-4} Дж \cdot м^{-1}$

$e_D = 6 \cdot 10^{-23} Дж \cdot м$

$g_g = 12\ Дж \cdot м^{-2}$

$g_D = 2 \cdot 10^{-8} Дж \cdot м^{-1}$

$\varepsilon_{ii}^{e} = -0.1\%$

$tau\ =\ 20$

$N_D = (0{,}10^{-8}, 2 \cdot 10^{-8}, 3 \cdot 10^{-8})$

Рисунок згідно з 1 варіантом, який необхідно отримати:

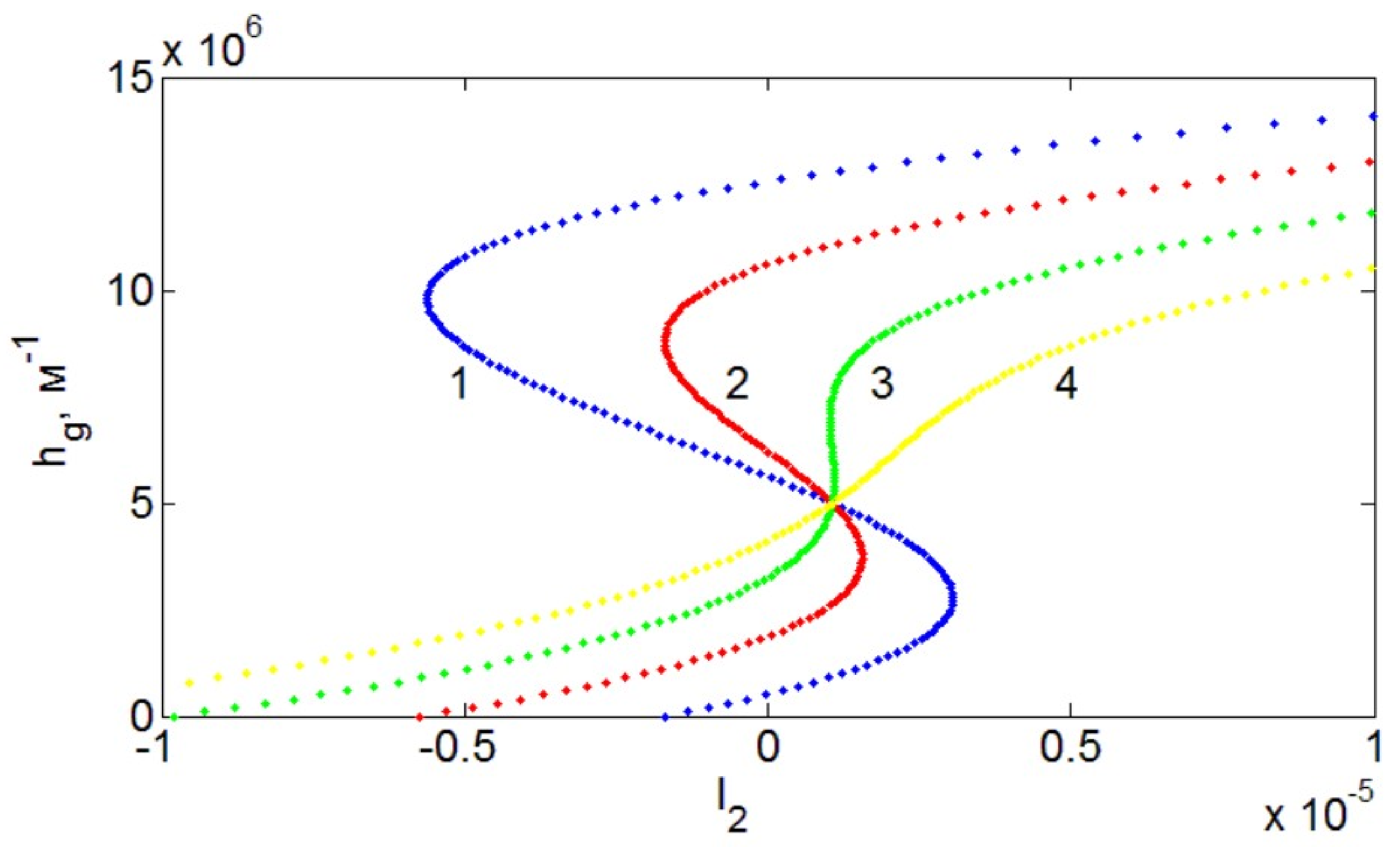

Рис. 2.1. Залежність стаціонарних розв'язків h_g рівняння екстремумів (2.18) від значень зсувної деформації I_2 при сталому значенні $\varepsilon_{ii}^{e} = -0.1\%$. Криві 1 – 4 (зліва на право) побудовані при відповідних інтенсивностях шуму $N_D = (0, 10^{-15}, 2 \cdot 10^{-15}, 3 \cdot 10^{-15})$

Код

In [1]:
```python
import math
import matplotlib.pyplot as plt
```

Знаходимо I_2 за формулою 2.19:

$$I_2(\varepsilon_{ii}^{e}, h_g^{c}, N_D) = -\frac{1}{\left(2\bar{\mu}_D\left(\frac{\varphi_{gD}}{\varphi_{1D}} - 2\frac{\psi_{gD}}{\varphi_{1D}} h_g^{c}\right) + 2\bar{\mu}_g\right)} \left[\left(2\frac{\psi_{gD}^2}{\varphi_{1D}} - \varphi_{3g}\right) h_g^{c3} + \left(\varphi_{2g} - 3\frac{\psi_{gD}\varphi_{gD}}{\varphi_{1D}}\right) h_g^{c2} + \right.$$
$$+ \left(\frac{\varphi_{gD}^2}{\varphi_{1D}} - \varphi_{1g} - 2\frac{\psi_{gD}}{\varphi_{1D}}\left(\varphi_{0D}^{*} + g_D\varepsilon_{ii}^{e} + \frac{1}{2}\bar{M}_D\left(\varepsilon_{ii}^{e}\right)^2\right) - 4\frac{\psi_{gD}^2}{\tau_{h_g}\varphi_{1D}^2} N_D\right) h_g^{c} + 2\frac{\psi_{gD}\varphi_{gD}}{\tau_{h_g}\varphi_{1D}^2} N_D +$$
$$\left. + \varphi_{0g}^{*} + g_g\varepsilon_{ii}^{e} + \frac{1}{2}\bar{M}_g\left(\varepsilon_{ii}^{e}\right)^2 + \frac{\varphi_{gD}}{\varphi_{1D}}\left(\varphi_{0D}^{*} + g_D\varepsilon_{ii}^{e} + \frac{1}{2}\bar{M}_D\left(\varepsilon_{ii}^{e}\right)^2\right)\right]. \qquad (2.19)$$

In [2]:
```python
def find_I2(hg_all, N_D):

    varphi_0g = 0.4
    varphi_1g = 3*10**(-6)
    varphi_2g = 5.6*10**(-13)
    varphi_3g = 3*10**(-20)
    varphi_0D = 5*10**(-9)
    varphi_1D = 10**(-24)
    varphi_gD = 10**(-16)

    psi_gD = 10**(-23)

    M_g = 2.5*10**5
    M_D = 0

    mu_g = 3*10**5
    mu_D = 1.65*10**(-4)

    e_g = 3.6*10**(-4)
    e_D = 6*10**(-23)

    g_g = 12
    g_D = 2*10**(-8)

    vareps_ii = -0.1 / 100 # -0.1%

    tau = 20

    I2_all = []
    for hg in hg_all:
        I2 = -(1/(2*mu_D*(varphi_gD/varphi_1D - 2*(psi_gD/varphi_1D) * hg) + 2*mu_g)) \
            * ( (2*(psi_gD**2)/varphi_1D - varphi_3g)*(hg**3) + (varphi_2g-3*psi_gD*varphi_gD/varphi_1D)*(hg**2) \
            + ((psi_gD**2)/varphi_1D - varphi_1g - 2*psi_gD/varphi_1D*(varphi_0D + g_D*vareps_ii + 0.5*M_D*(vareps_ii**2))\
            - 4*(psi_gD**2)/(tau*(varphi_1D**2))*N_D)*hg + 2*psi_gD*varphi_gD/(tau*(varphi_1D**2))*N_D
            + varphi_0g + g_g*vareps_ii + 0.5*M_g*(vareps_ii**2) \
            + (varphi_gD/varphi_1D)*(varphi_0D + g_D*vareps_ii + 0.5*M_D*(vareps_ii**2)) )
        I2_all.append(I2)

    return I2_all
```

Додаємо ще необхідні змінні та параметри.

In [3]:
```python
hg_all = [i for i in range(0, 15*(10**6), 10**5)]
colors = ['hotpink','darkviolet','mediumblue', 'mediumturquoise']

N_D_all = [0, 1*10**(-8), 2*10**(-8), 3*10**(-8)]
print('N_D:', N_D_all)
```

```
N_D: [0, 1e-08, 2e-08, 3.0000000000000004e-08]
```

Будуємо всі 4 криві.

In [4]:
```python
def fun_plot1(hg_all, N_D_all):

    for i in range(len(N_D_all)):
        I_2 = find_I2(hg_all, N_D_all[i])
        plt.scatter(I_2, hg_all, s = 5, c = colors[i], label = f"{i+1}" ' N_D = 'f"{N_D_all[i]}")

    plt.xlabel('$I_2$')
    plt.ylabel('$h_g, м^{-1}$')
    plt.title('Залежність стаціонарних розв`язків ' "$h_g$" ' рівняння екстремумів (2.18-2.19) \n \
            від значень зсувної деформації ' "$I_2$")
    plt.legend(bbox_to_anchor=(1,1), loc="upper left", prop={'size': 12})
    plt.axis([0*10**(-5), 1.5*10**(-5), 0, 15*(10**6)])

fun_plot1(hg_all, N_D_all)
```

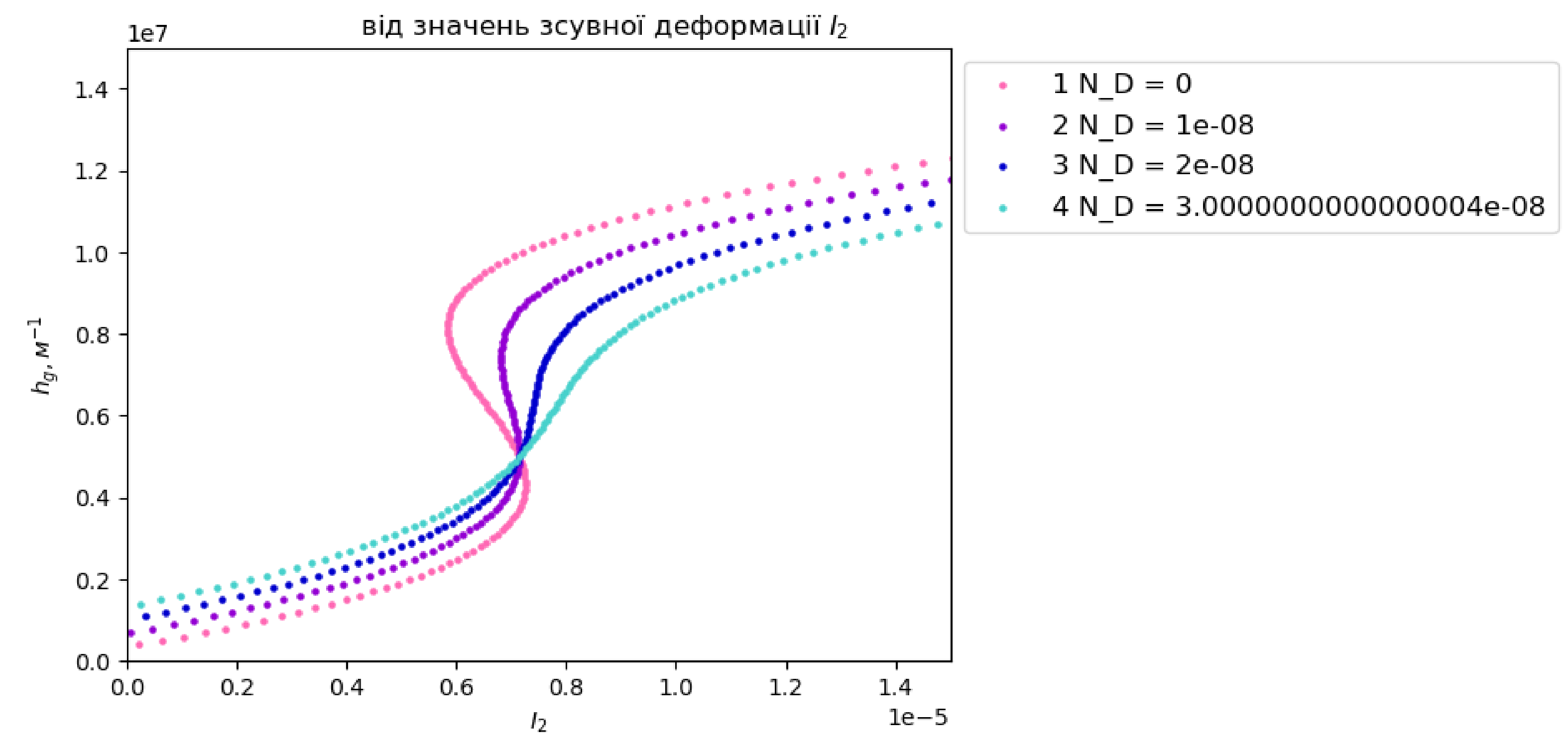

Рис. 2.1. Залежність стаціонарних розв'язків h_g рівняння екстремумів (2.18) від значень зсувної деформації I_2 при сталому значенні $\varepsilon_{ii}^{e} = -0.1\%$. Криві 1 – 4 (зліва на право) побудовані при відповідних інтенсивностях шуму $N_D = (0, 10^{-8}, 2 \cdot 10^{-8}, 3 \cdot 10^{-8})$. Значення $\tau = 20$.
