

Ком'ютерна обробка зображень в інформаційно-вимірювальних системах



Лекція 3

Тема: Відновлення зображень з вимірювальною інформацією, що містять динамічні викривлення

1. Виникнення викривлень.
2. Задача ідентифікації динамічних характеристик вимірювального каналу. Одновимірний варіант.

1. Виникнення викривлень

Динамічні похибки відеозображень виникають внаслідок обмеження смуги частот, що задіяна для передачі цих відеозображень у вимірювальному каналі приладової системи. Основним блоком, що вносить динамічні похибки, є ПФВЗ. Для алгоритмічної компенсації динамічних похибок і підвищення точності вимірювання ГП необхідно розробити математичну модель, що враховує динамічні характеристики ПФВЗ, та виконати ідентифікацію параметрів цієї моделі.

В загальному випадку ідентифікація динамічних характеристик включає спостереження за сигналами на вході та виході пристрою, що досліджується. Процедура ідентифікації значно спрощується, а результати ідентифікації стають більш точними при подачі на вхід цього пристрою тестових сигналів апріорно відомої форми.

Враховуючи, що до складу ПФВЗ входить оптична система, будемо в якості тестового сигналу використовувати пограничну криву, що відома з оптики та визначає межу між ОБ і фоном на відеозображенні цього об'єкта. На відміну від інших тестових сигналів оптичних систем погранична крива може бути досить просто сформована у вигляді відеозображення тестового ОБ. Цей об'єкт повинен мати прямолінійний контур та яскравість, що суттєво відрізняється від яскравості фону на відеозображенні.

Погранична крива відображає динамічні характеристики ПФВЗ вздовж однієї просторової координати і використовується для ідентифікації параметрів одновимірної передаточної функції ПФВЗ. Результати даного варіанту ідентифікації застосовуються при обробці цифрових відеозображень по рядках і стовпцях. Для переходу до двовимірної математичної моделі динамічних похибок необхідно враховувати:

- додаткову апріорну інформацію про форму функції розсіювання точки в оптичній системі ПФВЗ (в тому числі – про наявність кругової симетрії цієї функції);
- дані експериментальних вимірювань пограничної кривої в різних напрямках на площині відеозображень.

Мета відновлення – покращення зображень, підвищення точності вимірювальної інформації.



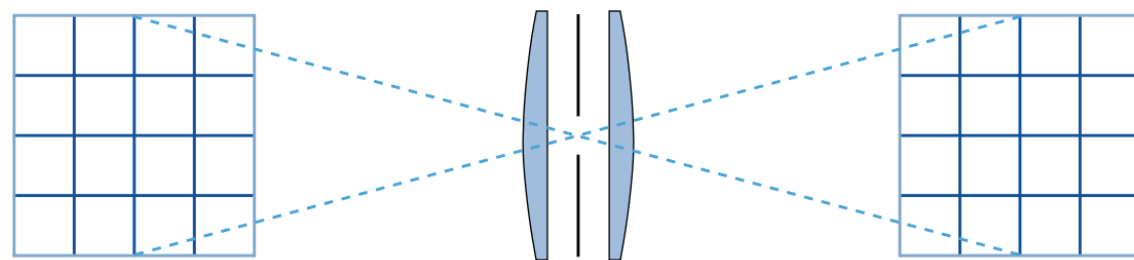
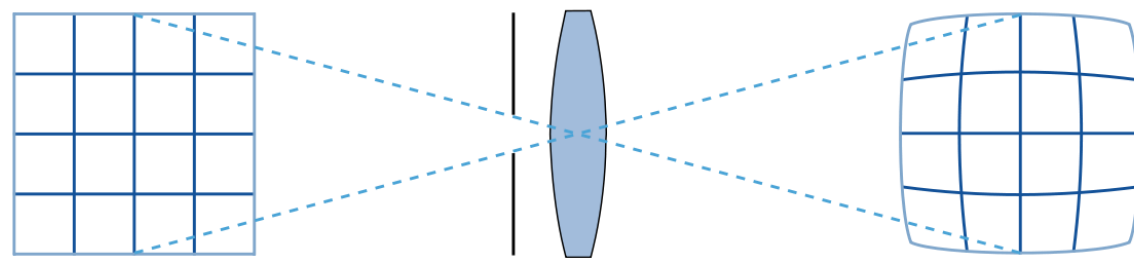
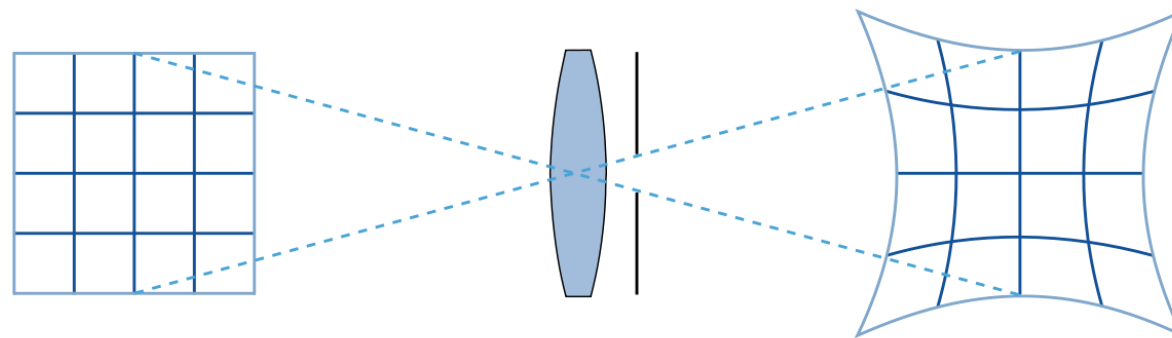
Рис.3.1.Викривлення зображень внаслідок руху відносно цифрової камери

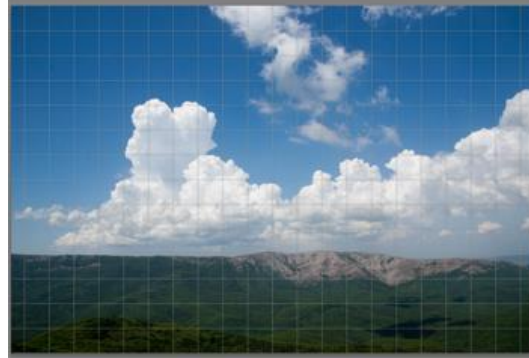
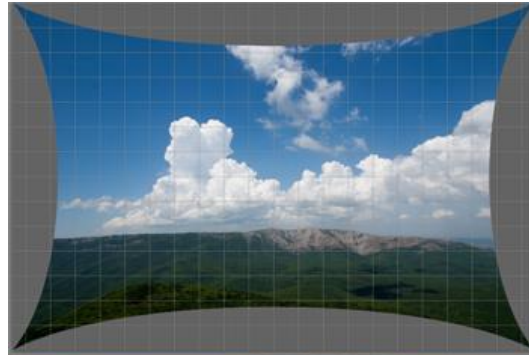
Дисторсія

Дисторсія (від лат. *distorsio, distortio* — викривлення) — аберація оптичних систем, при якій лінійне збільшення змінюється по полю зору, порушуючи подібність між об'єктом та його зображенням.

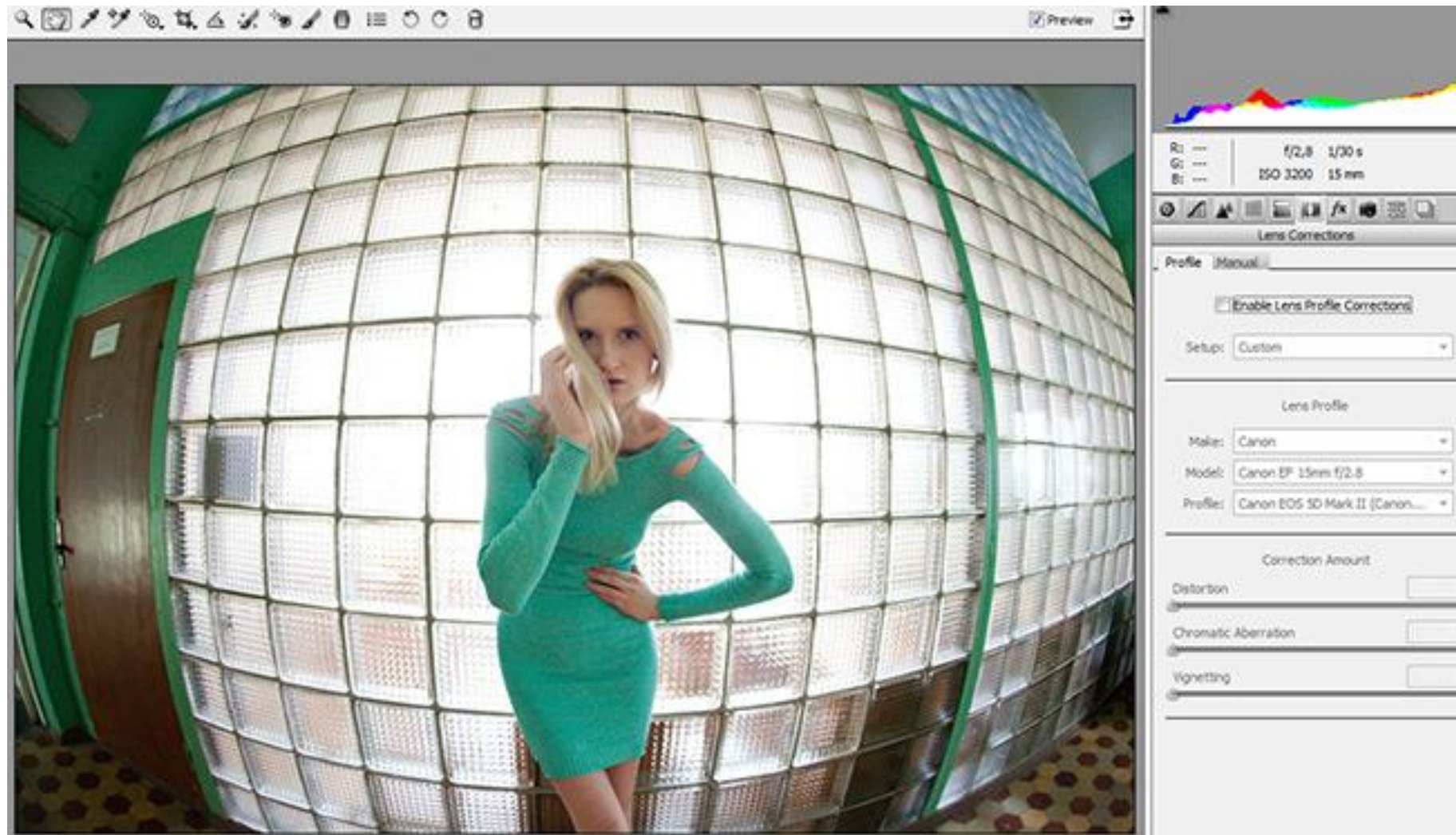
«Подушкоподібна» дисторсія виникає у випадку, коли лінійне збільшення зростає з віддаленням елементів зображення від оптичної осі. Коли лінійне збільшення зменшується з віддаленням елементів зображення від оптичної осі — виникає «бочкоподібна» дисторсія.

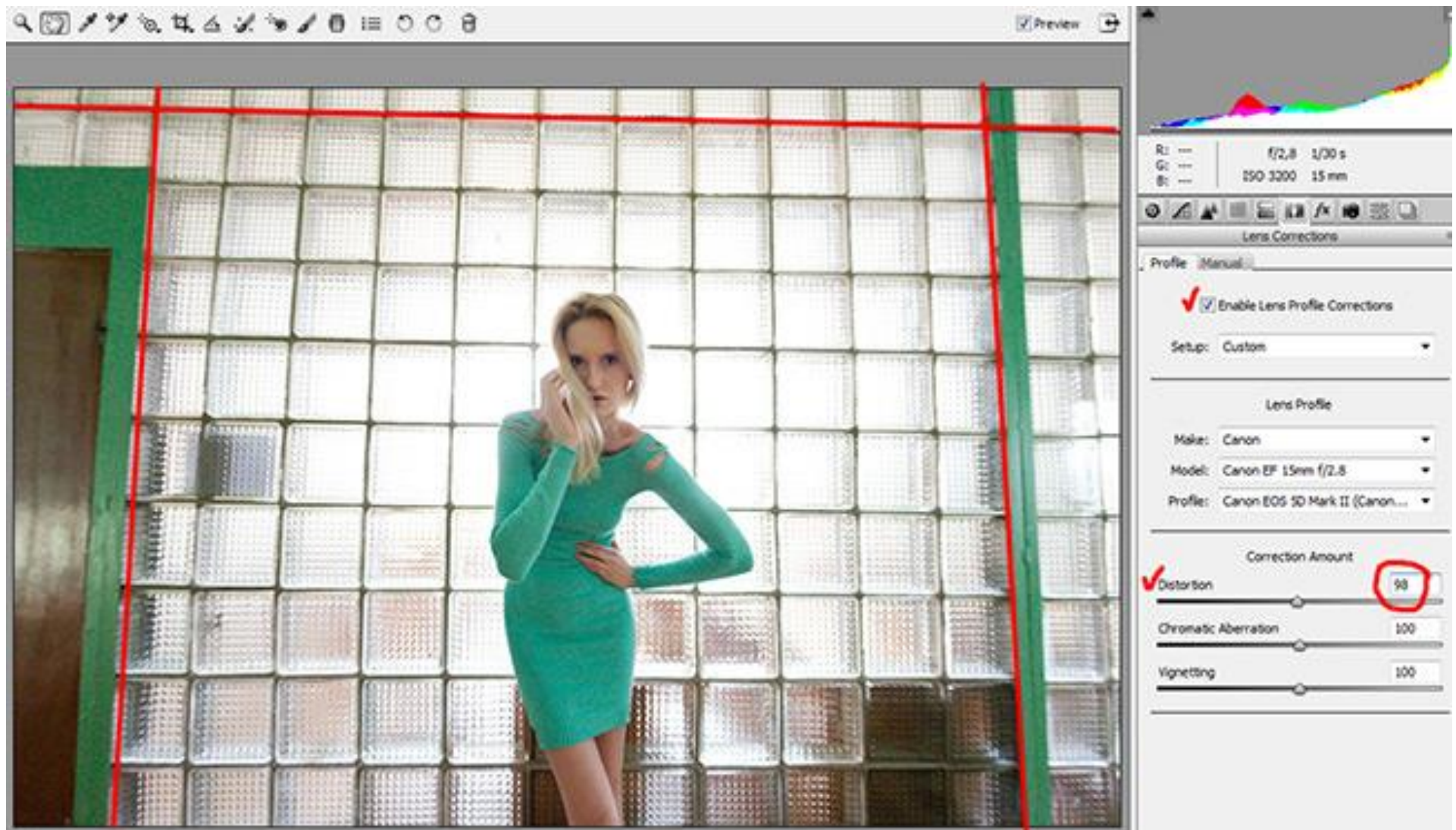
Дисторсія виправляється підбором лінз і інших елементів оптичної системи при її розробці. Дисторсія в цифровому зображенні може бути виправлена програмно.

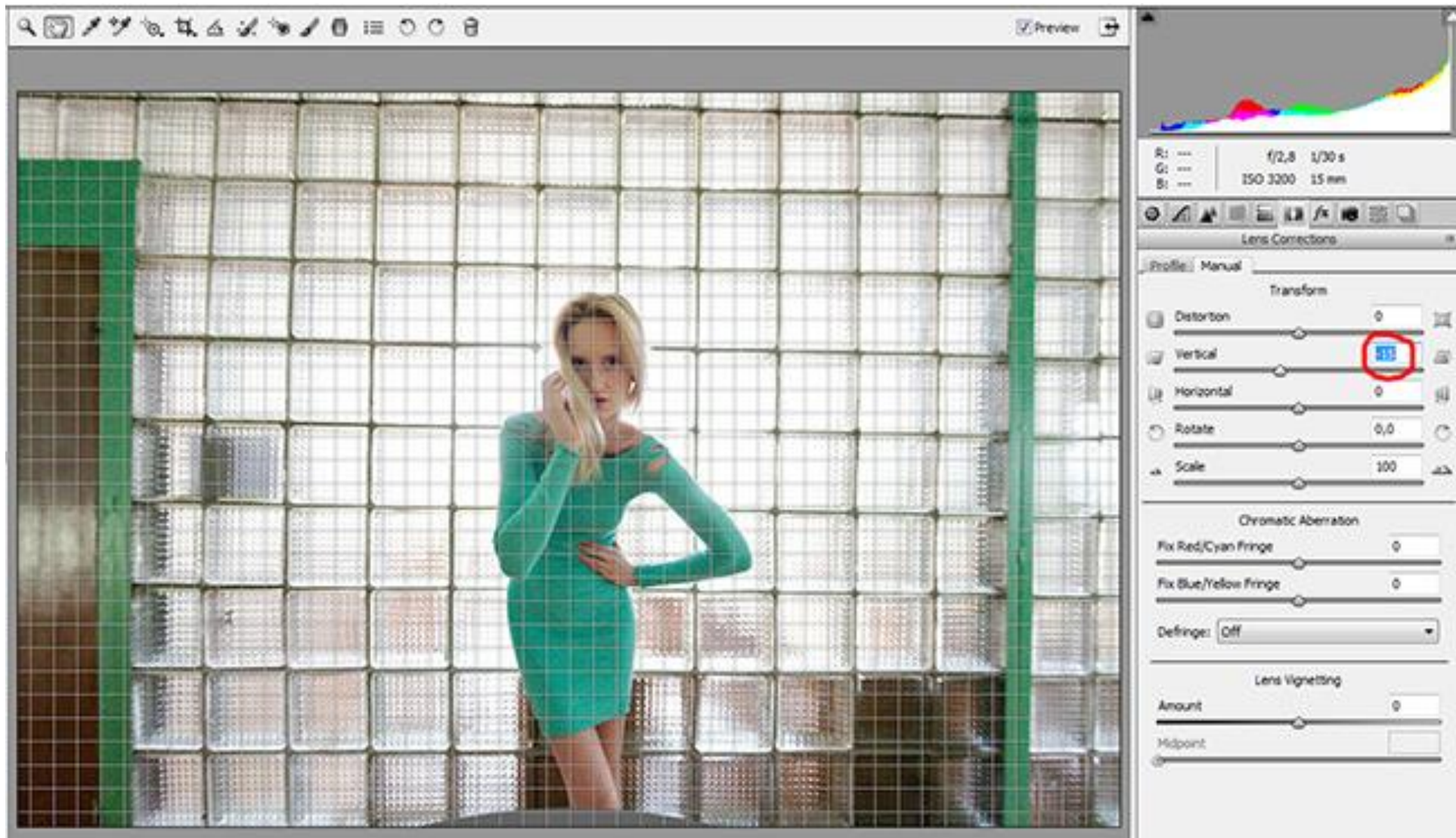


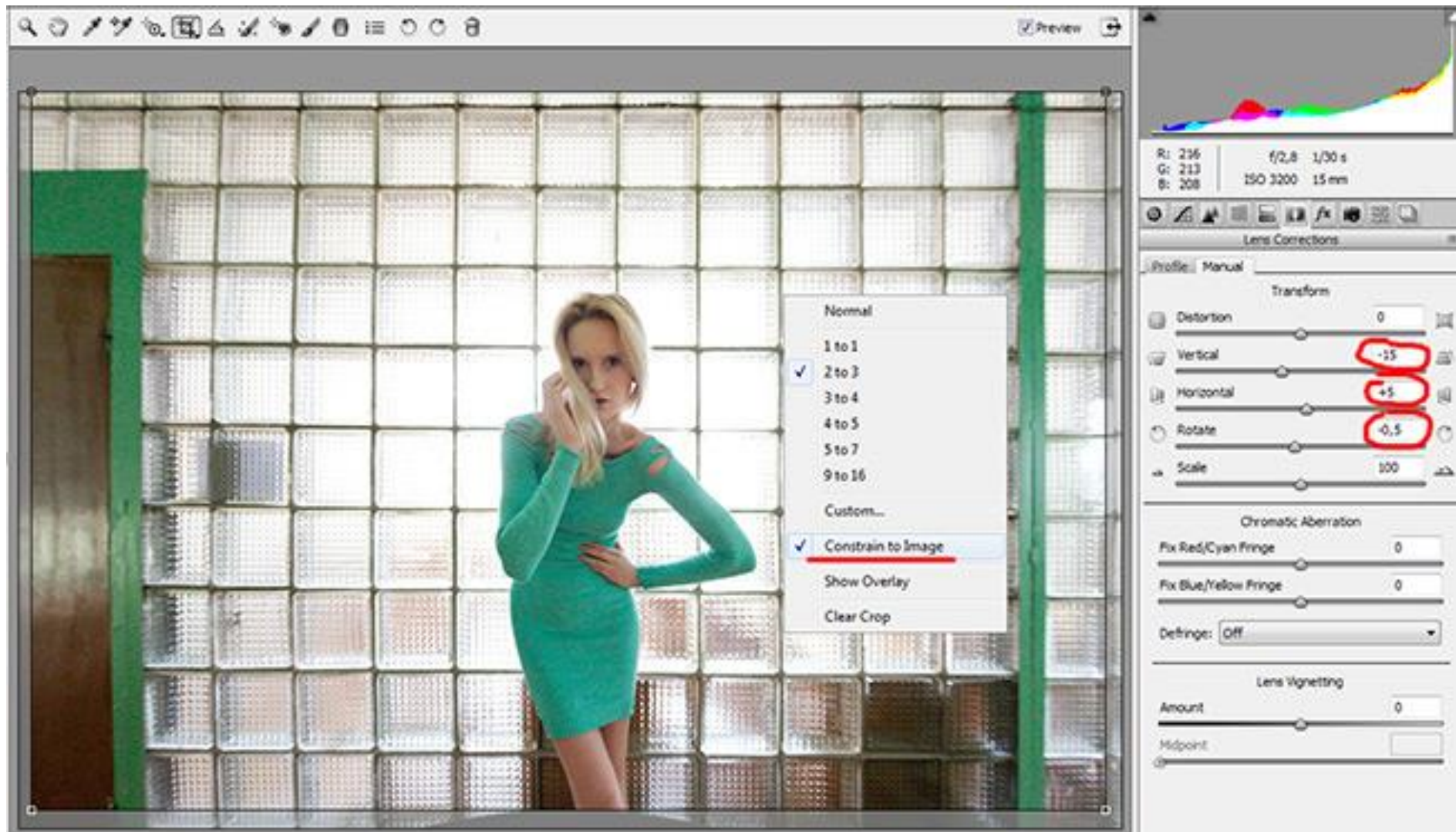












2. Задача ідентифікації динамічних характеристик вимірювального каналу. Одновимірний варіант.

Спочатку розглянемо одновимірний варіант ідентифікації передаточної функції ПФВЗ. В цьому випадку вважаємо, що контур ОВ перпендикулярний рядку відеозображення, що розглядається. Перетин рядком контуру об'єкта утворює в цьому рядку ступеневий відеосигнал. Цей сигнал створює на виході ПФВЗ відеосигнал, який по формі відповідає пограничній кривій (рис. 2.1).

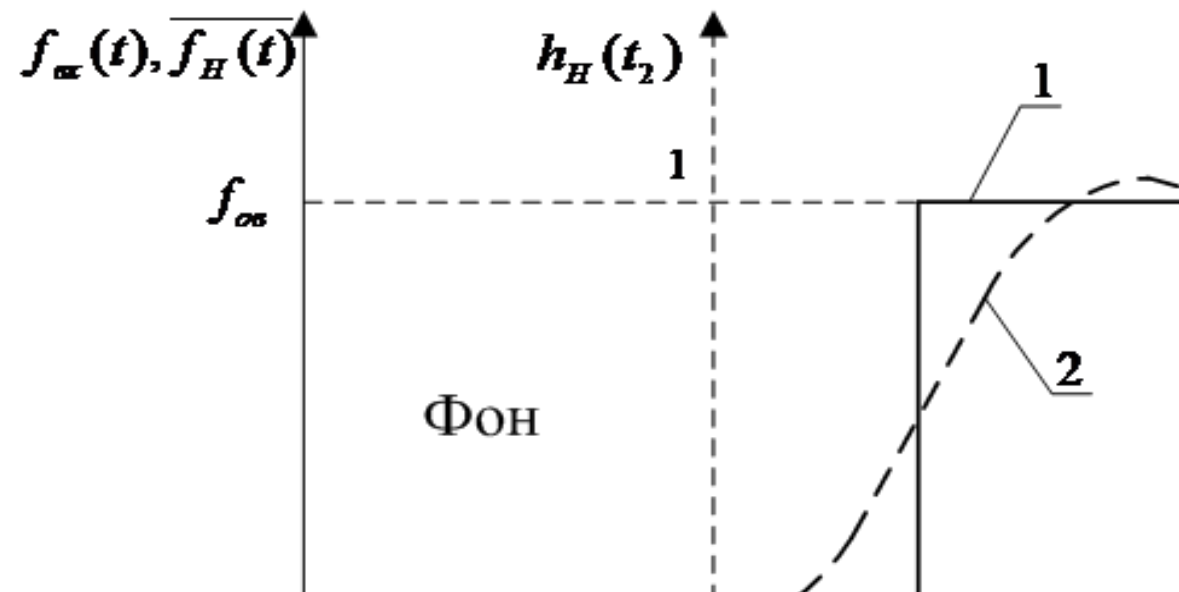


Рис. 3.1. Перехідна характеристика ПФВЗ: 1 – відеосигнал на вході ; 2 – відеосигнал на виході ; – початкове розташування контуру ОВ

Для зменшення впливу шумів виконаємо усереднення сигналу для декількох сотень рядків відеозображення, що містять пограничну криву. В результаті отримуємо $f_{i\bar{a}}$. Також виконаємо зміщення початку координат в точку t_{e2} та масштабування відеосигналу:

$$t_2 = t - t_{e2}, \quad h_i(t_2) = \frac{f_i(t_2 + t_{e2}) - f_{\bar{o}}}{f_{i\bar{a}} - f_{\bar{o}}},$$

де $f_{i\bar{a}}$ – амплітуда відеозображення в межах фону, $f_{\bar{o}}$ – амплітуда відеозображення в межах ОВ. Так як лінійні розміри ОВ визначаються як різниця координат двох контурних точок, то таке зміщення компенсується і не впливає на результати вимірювання ГП. Вказане зміщення початку координат та масштабування відеосигналу дозволяє використовувати існуючі методи ідентифікації систем на основі їх перехідної характеристики.

$$W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1}p + 1)(T_{i2}p + 1)} \quad \text{або} \quad \text{3-го} \quad \text{порядку} \quad W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1}p + 1)(T_{i2}p + 1)(T_{i3}p + 1)},$$

де ξ – коефіцієнт підсилення, T , i – постійні часу.

Якщо враховувати наявність невеликого перерегулювання, то можна вважати, що це є коливальна система 2-го порядку

$$W_H(p) = \frac{K_H}{T_{H2}^2 p^2 + 2\xi_{H2} T_{H2} p + 1} \quad \text{або 3-го порядку} \quad W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1} p + 1)(T_{i2}^2 p^2 + 2\xi_{i2} T_{i2} p + 1)},$$

де ξ – коефіцієнт згасання коливань.

Так як в статичному режимі середня яскравість ОВ і фону повинна передаватися без змін, то коефіцієнт підсилення $K_H = 1$.

Ідентифікація за одновимірним варіантом параметрів передаточної функції полягає у тому, що виконується:

– усереднення дискретних відліків відеосигналу для декількох сотень рядків відеозображення, що містять пограничну криву, та отримання;

– зміщення початку координат в точку i отримання перехідної характеристики шляхом перерахунку згідно формул , , ;

– визначення вагової функції ПФВЗ шляхом чисельного диференціювання перехідної характеристики :

$$w_i(n_2) = \frac{h_i(n_2 - 1) - h_i(n_2 + 1)}{2\delta_x};$$

– обчислення частотної передаточної функції (частотної характеристики) ПФВЗ на основі дискретного перетворення Фур'є вагової функції:

$$W_i(j\omega_2) = \frac{1}{\sqrt{N_2}} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} w_i(n_2) \exp\left(-\frac{2\pi j \omega_2 n_2}{N_2}\right), \omega_2 \in \overline{0, N_2-1};$$

– апроксимація частотної характеристики , отриманої згідно , логарифмічними частотними характеристиками типових ланок та визначення на цій основі чисельних значень параметрів, що входять до формул .

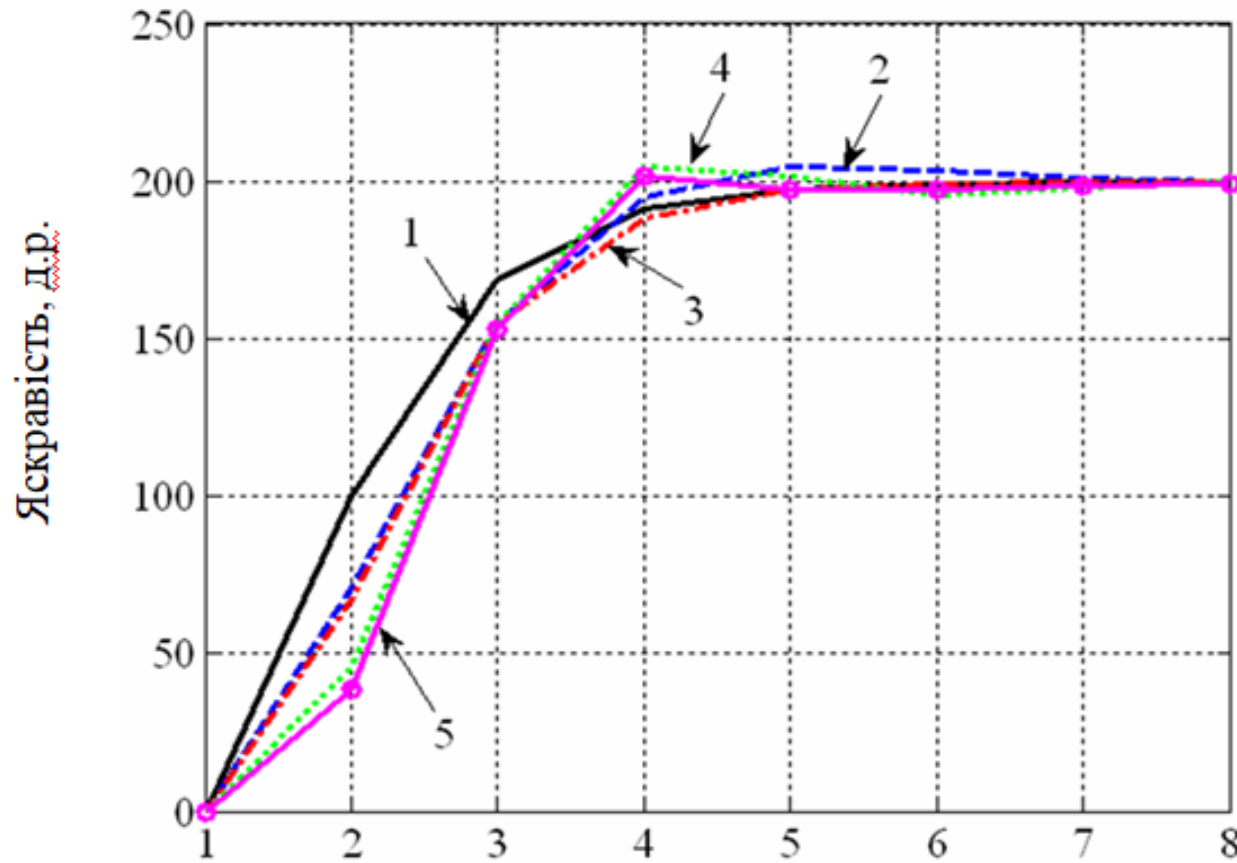
Точність результатів ідентифікації будемо оцінювати нормованою максимальною похибкою перехідної характеристики , що отримана на основі результатів ідентифікації, по відношенню до перехідної характеристики , що отримана на основі експериментальних даних:

$$\Delta_{\max i} = \frac{\max_{n_2} (h_{iA}(n_2) - h_i(n_2))}{h_i(\infty)} \cdot 100\%,$$

де – сталі значення вихідного сигналу.

Результати ідентифікації наведено в табл. Б.5 – Б.8 та на рис. Б.6, Б.7, 2.2. Результати розрахунку точності математичних моделей ПФВЗ наведено в табл. Б.9.

- 1 – розрахунок для аперіодичної системи 2-го порядку ;
- 2 – розрахунок для коливальної системи 2-го порядку ;
- 3 – розрахунок для аперіодичної системи 3-го порядку ;
- 4 – розрахунок для коливальної системи 3-го порядку ;
- 5 – перехідна характеристика за експериментальними даними



Номер відліку в рядку цифрового відеозображення

Рис. 3.2. Перехідна характеристика, що розрахована на основі математичної моделі цифрового фотоапарату Sony Cyber-Shot DSC-H9 (1 д.т. = 0,185 мм) :

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що найточнішою є математичну модель, яка побудована на основі коливальної системи 3-го порядку за формулою. Ця модель для цифрового фотоапарату Sony Cyber-Shot DSC-H9 забезпечує відтворення перехідної характеристики з похибкою 3,8 % та має такі параметри: , д.т. = 0,175 мм = $1,23 \cdot 10^{-7}$ с, д.т. = 0,113 мм = $7,96 \cdot 10^{-8}$ с, .

Спочатку розглянемо одновимірний варіант ідентифікації передаточної функції ПФВЗ .

В цьому випадку вважаємо, що контур ОВ перпендикулярний рядку відеозображення, що розглядається. Перетин рядком контуру об'єкта утворює в цьому рядку ступеневий відеосигнал . Цей сигнал створює на виході ПФВЗ відеосигнал , який по формі відповідає пограничній кривій (рис. 2.1).

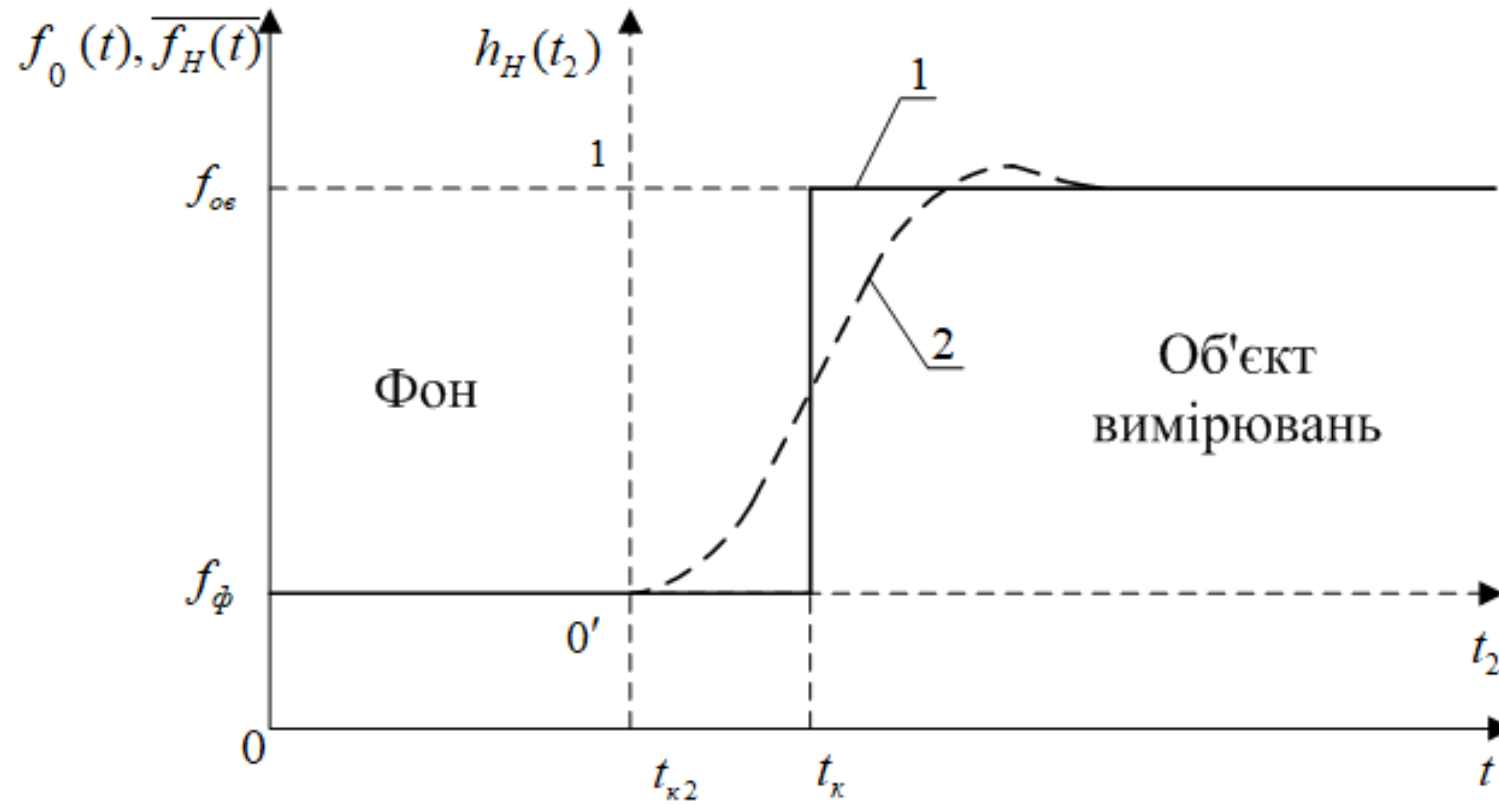


Рис. 3.3. Перехідна характеристика ПФВЗ: 1 – відеосигнал на вході ;
2 – відеосигнал на виході ; – початкове розташування контуру ОВ

Для зменшення впливу шумів виконаємо усереднення сигналу для декількох сотень рядків відеозображення, що містять пограничну криву. В результаті отримуємо $f_{i\bar{a}}$. Також виконаємо зміщення початку координат в точку $t_{\bar{e}2}$ та масштабування відеосигналу :

$$t_2 = t - t_{\bar{e}2}, \quad h_{\bar{i}}(t_2) = \frac{f_{\bar{i}}(t_2 + t_{\bar{e}2}) - f_{\bar{o}}}{f_{i\bar{a}} - f_{\bar{o}}},$$

де $f_{\bar{o}}$ – амплітуда відеозображення в межах фону, $f_{i\bar{a}}$ – амплітуда відеозображення в межах ОВ. Так як лінійні розміри ОВ визначаються як різниця координат двох контурних точок, то таке зміщення компенсується і не впливає на результати вимірювання ГП. Вказане зміщення початку координат та масштабування відеосигналу дозволяє використовувати існуючі методи ідентифікації систем на основі їх перехідної характеристики.

Спочатку визначимо загальний вигляд передаточної функції $W_i(p)$, параметри якої ідентифікуються. Типова перехідна характеристика ПФВЗ може бути апроксимована експонентами. Тому можна вважати [267, 293], що ПФВЗ – це апериодична система 2-го порядку

$$W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1}p + 1)(T_{i2}p + 1)}$$

де K_i – коефіцієнт підсилення, T_{i1} , T_{i2} – постійні часу.

або 3-го порядку

$$W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1}p + 1)(T_{i2}p + 1)(T_{i3}p + 1)},$$

Якщо враховувати наявність невеликого перерегулювання, то можна вважати, що це є коливальна система 2-го порядку

$$W_i(p) = \frac{K_i}{T_{i2}^2 p^2 + 2\xi_{i2} T_{i2} p + 1}$$

або 3-го порядку

$$W_i(p) = \frac{K_i}{(T_{i1} p + 1)(T_{i2}^2 p^2 + 2\xi_{i2} T_{i2} p + 1)},$$

де ξ_{i2} – коефіцієнт згасання коливань.

Так як в статичному режимі середня яскравість ОВ і фону повинна передаватися без змін, то коефіцієнт підсилення $K_i = 1$.

Ідентифікація за одновимірним варіантом параметрів передаточної функції полягає у тому, що виконується:

- усереднення дискретних відліків відеосигналу для декількох сотень рядків відеозображення, що містять пограничну криву, та отримання $w_i(n_2)$;
- зміщення початку координат в точку n_2 і отримання перехідної характеристики $h_i(n_2)$ шляхом перерахунку згідно формул (1), (2), причому $n_2 = 0$;
- визначення вагової функції ПФРЗ шляхом чисельного диференціювання перехідної характеристики:

$$w_i(n_2) = \frac{h_i(n_2 - 1) - h_i(n_2 + 1)}{2\delta_x};$$

– обчислення частотної передаточної функції (частотної характеристики) ПФВЗ на основі дискретного перетворення Фур'є вагової функції:

$$W_i(ju_2) = \frac{1}{\sqrt{N_2}} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} w_i(n_2) \exp\left(-\frac{2\pi j u_2 n_2}{N_2}\right), u_2 \in \overline{0, N_2 - 1};$$

– апроксимація частотної характеристики, отриманої згідно, логарифмічними частотними характеристиками типових ланок та визначення на цій основі чисельних значень параметрів, що входять до формул. Точність результатів ідентифікації будемо оцінювати нормованою максимальною похибкою перехідної характеристики, що отримана на основі результатів ідентифікації, по відношенню до перехідної характеристики, що отримана на основі експериментальних даних:

$$\Delta_{\max i} = \frac{\max_{n_2} (h_{i\hat{A}}(n_2) - h_i(n_2))}{h_i(\infty)} \cdot 100\%,$$

де $h_i(\infty)$ – сталі значення вихідного сигналу.

Результати ідентифікації наведено в табл. Б.5 – Б.8 та на рис. Б.6, Б.7, 2.2. Результати розрахунку точності математичних моделей ПФВЗ наведено в табл. Б.9.

- 1 – розрахунок для аперіодичної системи 2-го порядку ;
- 2 – розрахунок для коливальної системи 2-го порядку ;
- 3 – розрахунок для аперіодичної системи 3-го порядку ;
- 4 – розрахунок для коливальної системи 3-го порядку ;
- 5 – перехідна характеристика за експериментальними даними

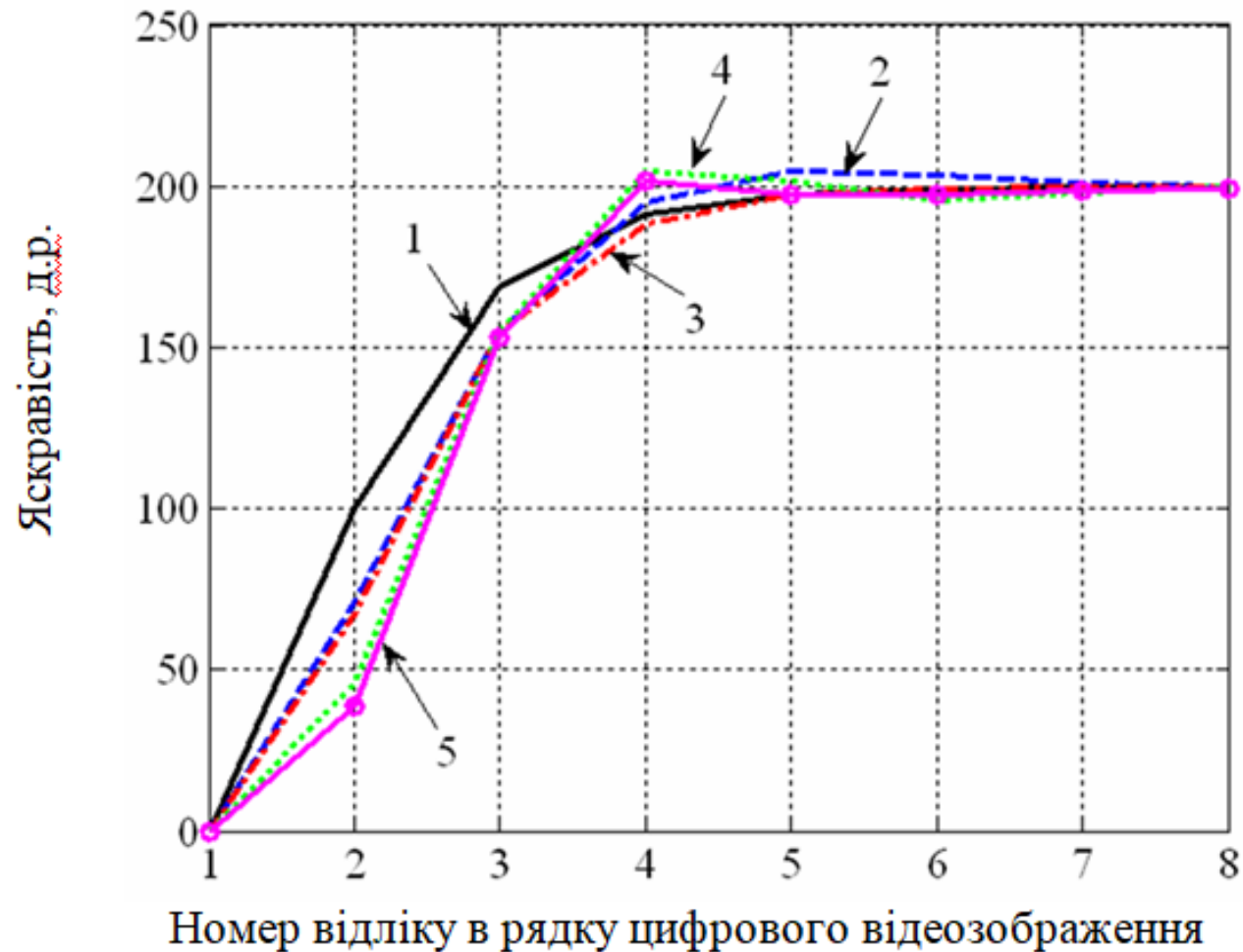


Рис. 2.10. Перехідна характеристика, що розрахована на основі математичної моделі цифрового фотоапарату Sony Cyber-Shot DSC-H9 (1 д.т. = 0,185 мм) :

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що найточнішою є математичну модель, яка побудована на основі коливальної системи 3-го порядку за формулою (2.59). Ця модель для цифрового фотоапарату Sony Cyber-Shot DSC-H9 забезпечує відтворення перехідної характеристики з похибкою 3,8 % та має такі параметри: , д.т. = 0,175 мм = $1,23 \cdot 10^{-7}$ с, д.т. = 0,113 мм = $7,96 \cdot 10^{-8}$ с, .

Кінець Лекції