

«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Линейные дискретные
системы. Структура
звеньев второго порядка*

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)

ЗВЕНО 2-ГО ПОРЯДКА

Структура (структурная схема) ЛДС отображает алгоритм вычисления **реакции по РУ** и определяется видом **передаточной функции**.

Рекурсивное звено 2-го порядка – передаточная функция

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

b_0 **нерекурсивная часть**

a_1 **рекурсивная часть**

Рекурсивное звено 2-го порядка – разностное уравнение

$$y(n) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1) + b_2 x(n-2) - a_1 y(n-1) - a_2 y(n-2)$$

СТРУКТУРЫ ЛДС

Структуры ЛДС

- 1) Прямая структура (**Direct Form I**);
 - 2) Прямая транспонированная структура (**Direct Form I Transposed**);
 - 3) Прямая каноническая структура (**Direct Form II**);
 - 4) Прямая каноническая транспонированная структура (**Direct Form II Transposed**);
 - 5) Каскадная (последовательная) структура;
 - 6) Параллельная структура;
- В MATLAB структуры описываются в виде **объекта dfilt** (от англ. **Discrete-time filter object**).

ОБЪЕКТ DFILT

Объект `dfilt`

`Hd = dfilt.structure(b,a)`

Hd — имя объекта;

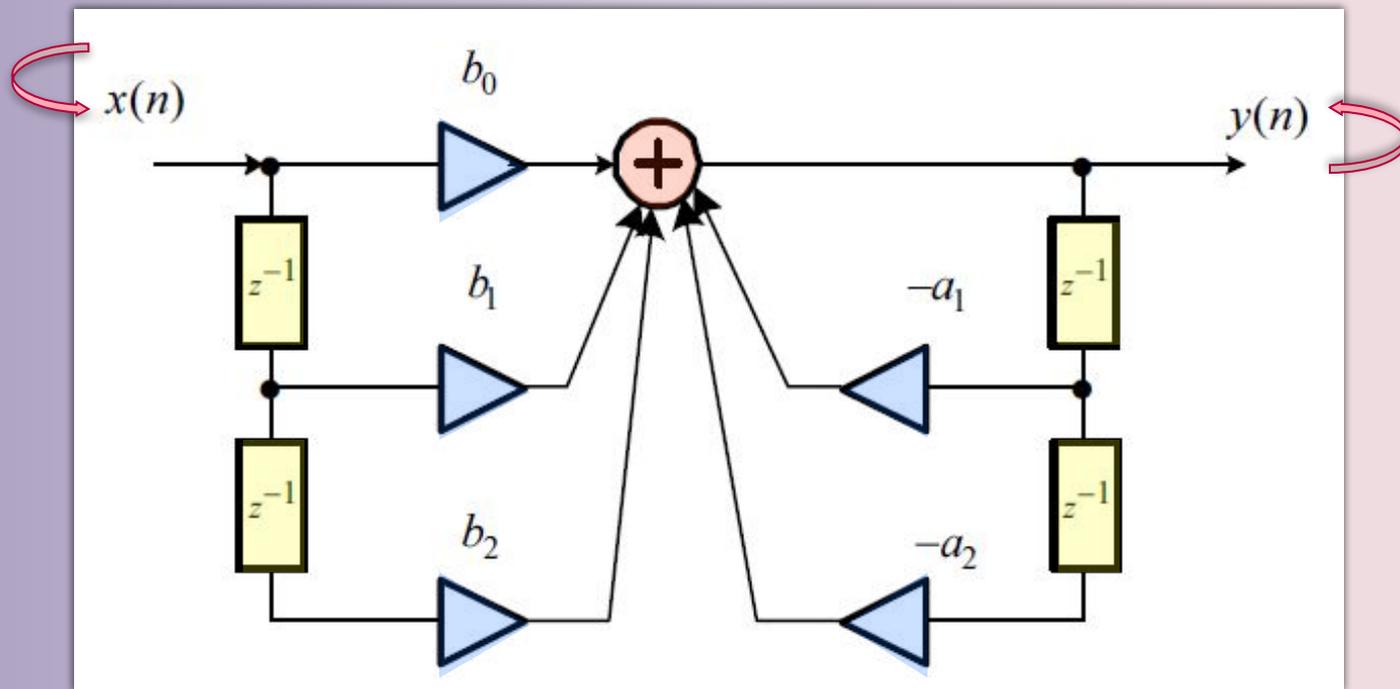
dfilt — тип объекта;

structure — функция, задающая конкретную структуру объекта **Hd**;

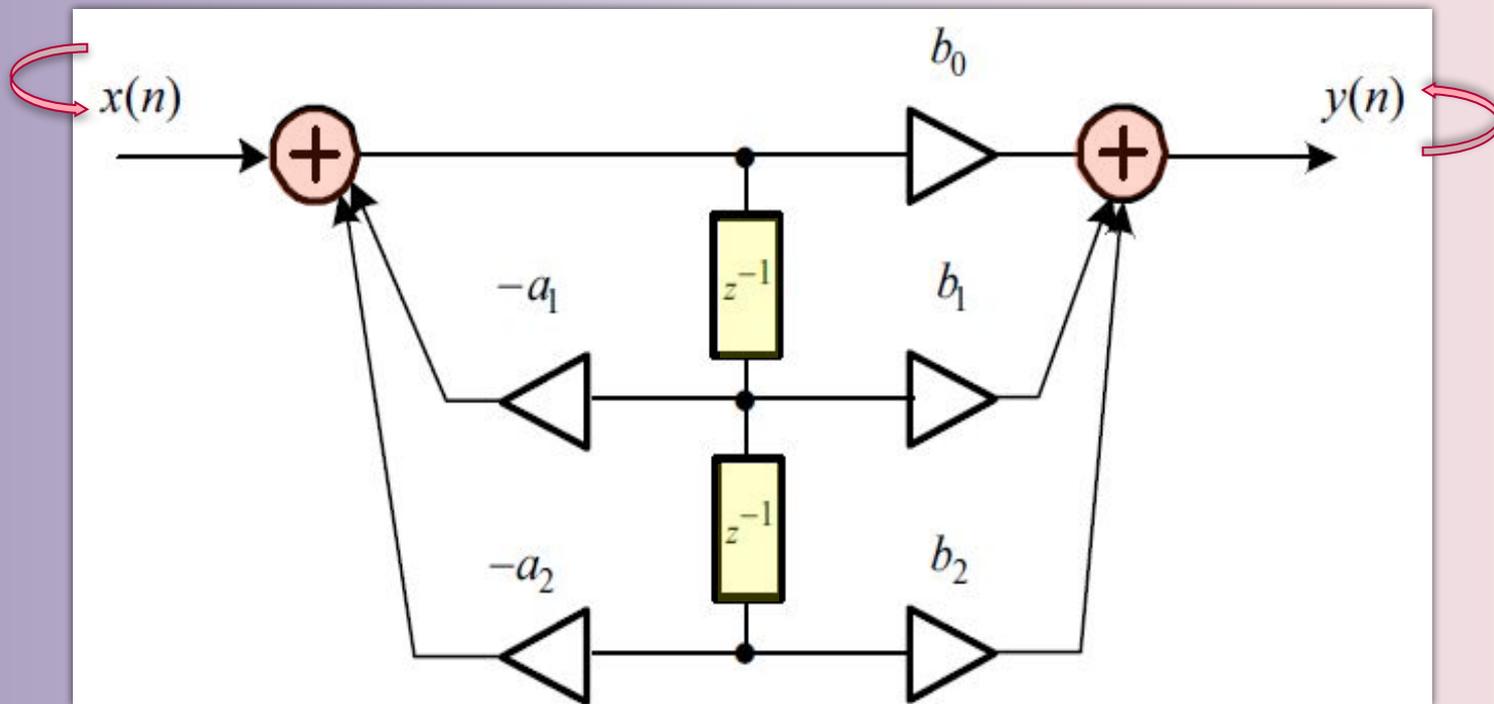
b, a — параметры функции **structure** — векторы коэффициентов передаточной функции.



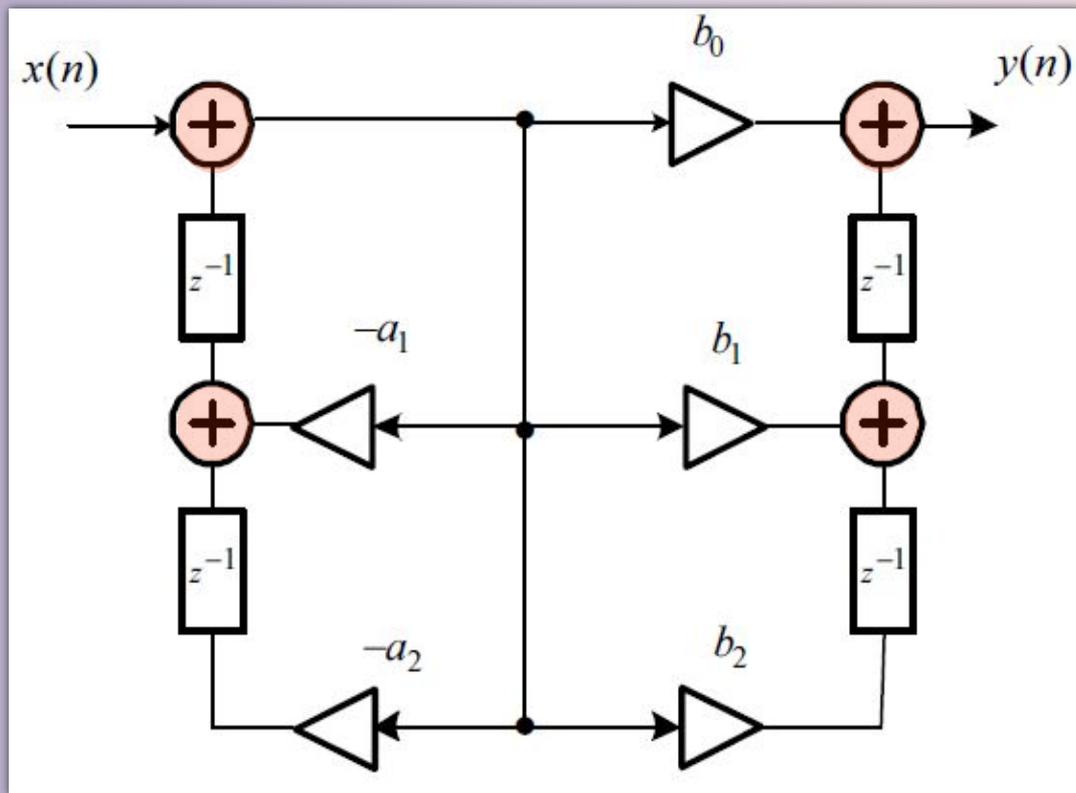
ПРЯМАЯ СТРУКТУРА



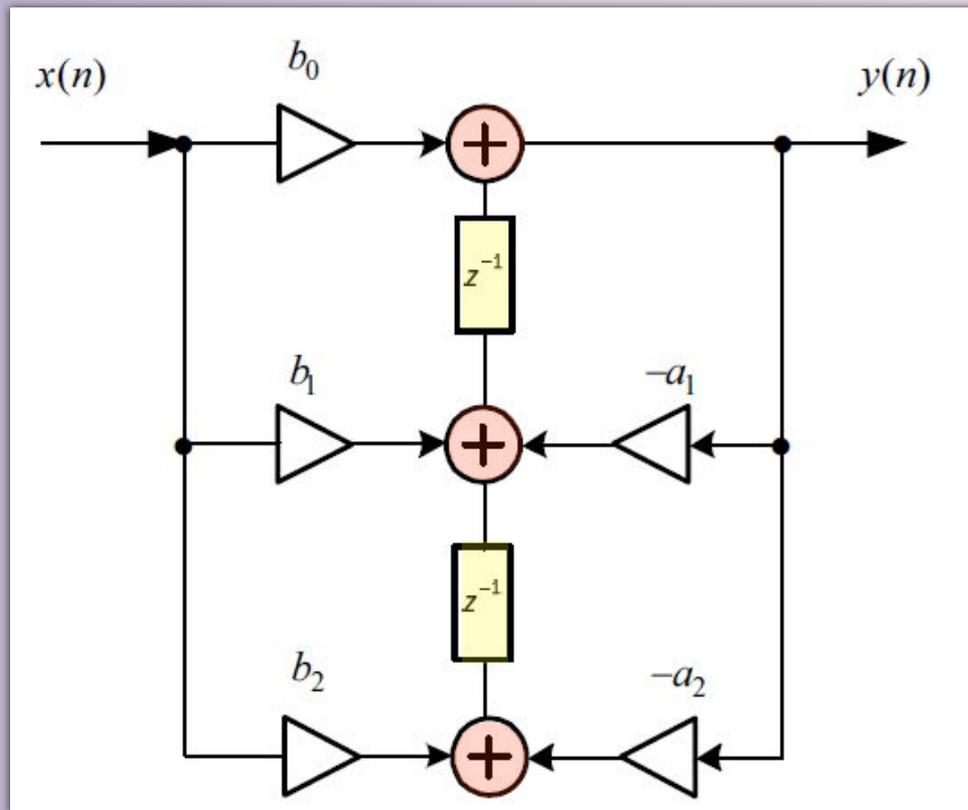
ПРЯМАЯ КАНОНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА



ПРЯМАЯ ТРАНСПОНИРОВАННАЯ СТРУКТУРА



ПРЯМАЯ КАНОНИЧЕСКАЯ ТРАНСПОНИРОВАННАЯ СТРУКТУРА



ОБЪЕКТ DFILT. СВОЙСТВА

Объект `dfilt`

FilterStructure — структура звена;

Arithmetic — форма представления данных;

Numerator — коэффициенты числителя передаточной функции;

Denominator — коэффициенты знаменателя передаточной функции;

PersistentMemory — начальные условия при вычислении реакции; значение `false` соответствует ННУ.

ОБЪЕКТ DFILT. ФУНКЦИЯ STRUCTURE

Функция structure

- 1) **df1** — Direct Form I (прямая структура);
- 2) **df1t** — Direct Form I Transposed (прямая транспонированная структура);
- 3) **df2** — Direct Form II (прямая каноническая структура);
- 4) **df2t** — Direct Form II Transposed (прямая каноническая транспонированная структура);

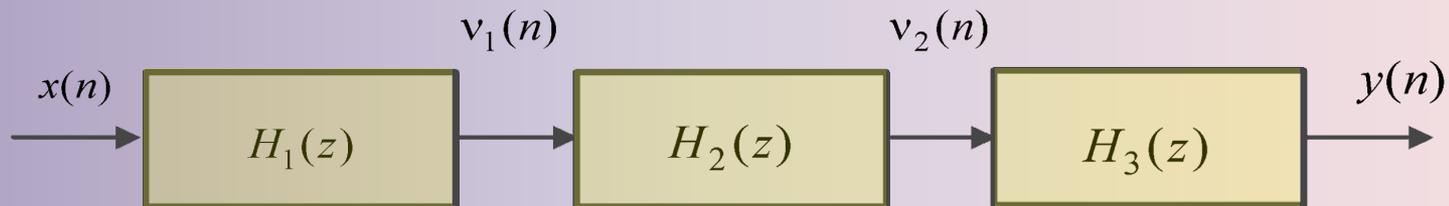


КАСКАДНАЯ СТРУКТУРА (1)

Передаточная функция

$$H(z) = \prod_{k=1}^K H_k(z)$$

$$H_k(z) = \frac{b_{0k} + b_{1k}z^{-1} + b_{2k}z^{-2}}{1 + a_{1k}z^{-1} + a_{2k}z^{-2}}$$



КАСКАДНАЯ СТРУКТУРА (2)

Система разностных уравнений

$$\begin{cases} v_1(n) = b_{01}x(n) + b_{11}x(n-1) + b_{21}x(n-2) - a_{11}v_1(n-1) - a_{21}v_1(n-2); \\ v_2(n) = b_{02}v_1(n) + b_{12}v_1(n-1) + b_{22}v_1(n-2) - a_{12}v_2(n-1) - a_{22}v_2(n-2); \\ y(n) = b_{03}v_2(n) + b_{13}v_2(n-1) + b_{23}v_2(n-2) - a_{13}y(n-1) - a_{23}y(n-2). \end{cases}$$

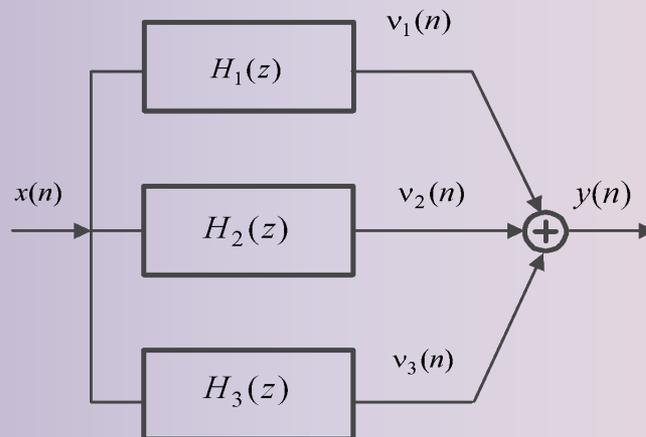


ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА

Передаточная функция

$$H(z) = \sum_{k=1}^K H_k(z)$$

$$H_k(z) = \frac{B_{0k} + B_{1k}z^{-1}}{1 + a_{1k}z^{-1} + a_{2k}z^{-2}}$$



ПРЯМАЯ СТРУКТУРА НЕРЕКУРСИВНОЙ ЛДС (1)

Передаточная функция нерекурсивной ЛДС (КИХ ЛДС)

$$H(z) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i}$$

Разностное уравнение нерекурсивной ЛДС (КИХ ЛДС)

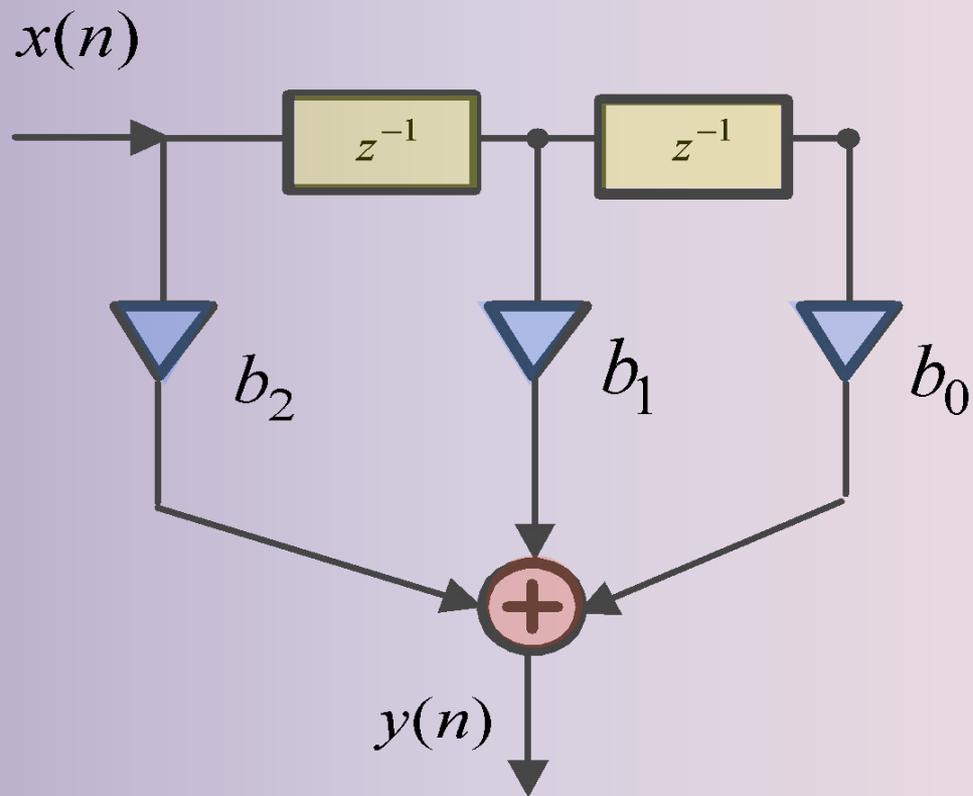
$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-i)$$

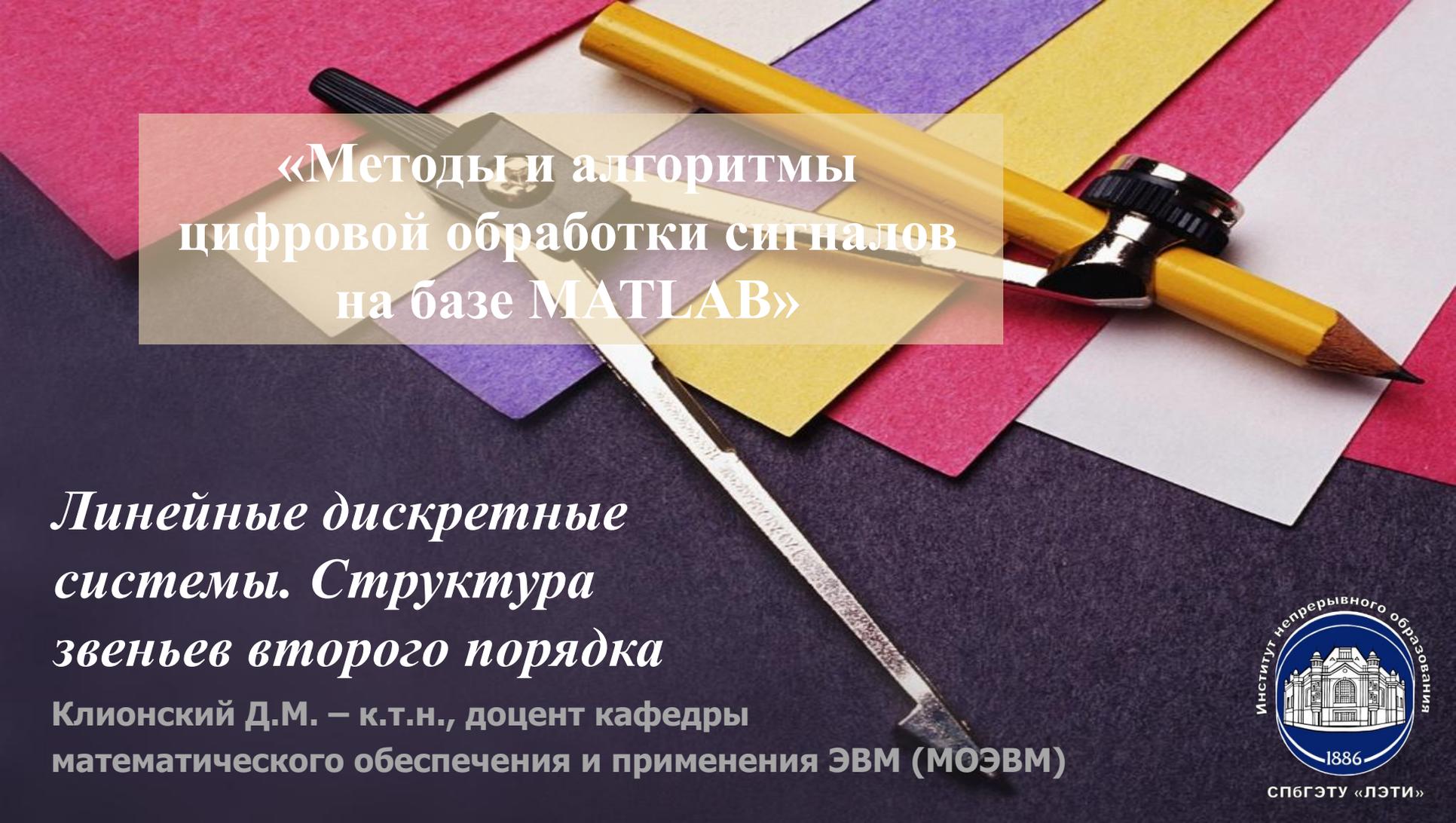
Разностное уравнение нерекурсивной ЛДС 2-го порядка

$$y(n) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1) + b_2 x(n-2)$$



ПРЯМАЯ СТРУКТУРА НЕРЕКУРСИВНОЙ ЛДС (2)





«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Линейные дискретные
системы. Структура
звеньев второго порядка*

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)