



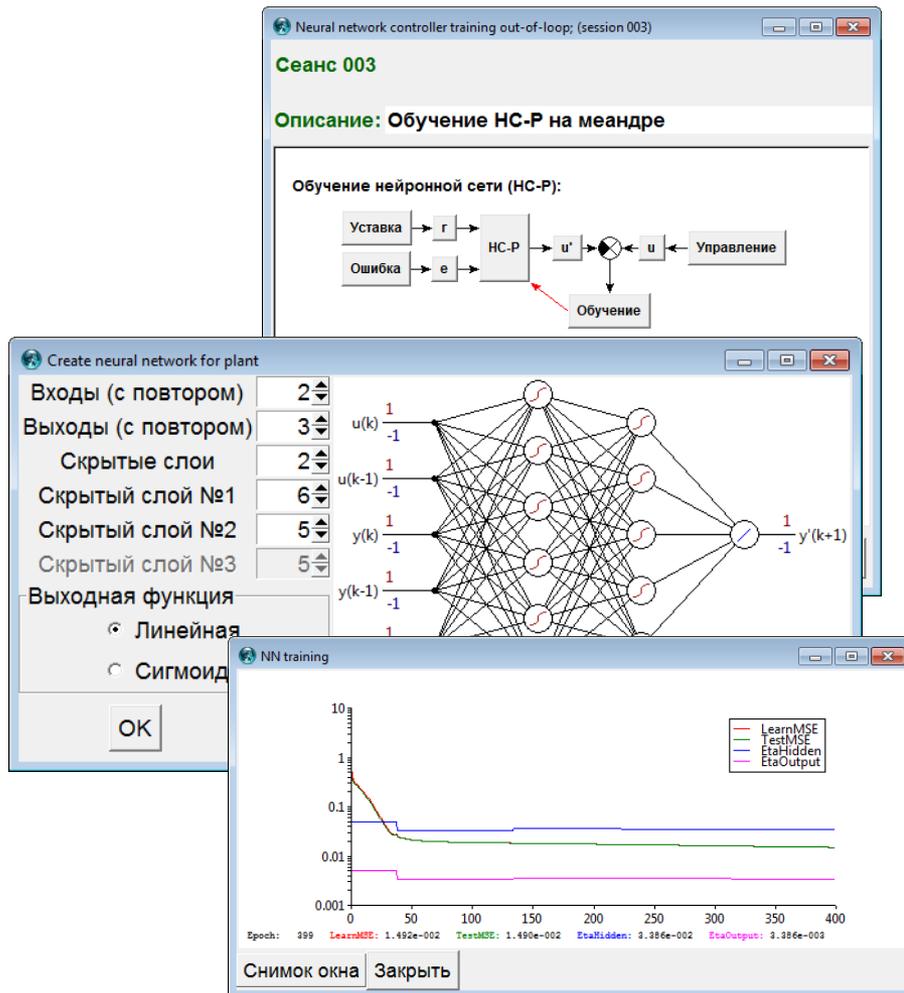
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Московский Энергетический Институт

Расширяемый учебный и исследовательский программный пакет NNACS

Доцент, к.т.н. Елисеев В.Л.,
Проф., д.т.н. Филаретов Г.Ф.
АВТИ, кафедра «Управления и информатики»

Москва, 2016

Важность изучения нейросетей в современном инженерном ВУЗе



- Биологическая аналогия
- Универсальный непараметрический подход
- Динамичное развитие в течение 30 лет
- Успешное применение в широком спектре прикладных задач

Специфика изучения искусственных нейросетей в техническом ВУЗе



- Курс лекций по ИНС:
 - Что это такое?
 - Как обучать?
 - Где применять?
 - Какие проблемы бывают?
- Лабораторные работы по ИНС:
 - Как выбрать?
 - Что получится?
 - Как решать проблемы?

Нейросети и системы управления

Типовые функции программ для моделирование и синтеза систем управления

- Моделирование
- Синтез
- Фильтрация
- Оптимизация
- Адаптация
- Стохастические сигналы
- Многосвязные системы
- Нечеткие регуляторы
- **Нейросети?**

Типовые функции программ для моделирования и обучения нейросетей

- Аппроксимация
- Классификация
- Кластеризация
- Предсказание врем. рядов
- Распознавание
- Фильтрация
- Оптимизация
- Специальные задачи
- **Управление?**

Нейросети и системы управления

Типовые функции программ для моделирование и синтеза систем управления

- Моделирование
- Синтез
- Фильтрация
- Оптимизация
- Адаптация
- Стохастические сигналы
- Многосвязные системы
- Нечеткие регуляторы
- **Нейросети?**

Типовые функции программ для моделирования и обучения нейросетей

- Аппроксимация
- Классификация
- Кластеризация
- Предсказание врем. рядов
- Распознавание
- Фильтрация
- Оптимизация
- Специальные задачи
- **Управление?**

MATLAB + Simulink + nntool + m-Editor?

Требования к программному пакету

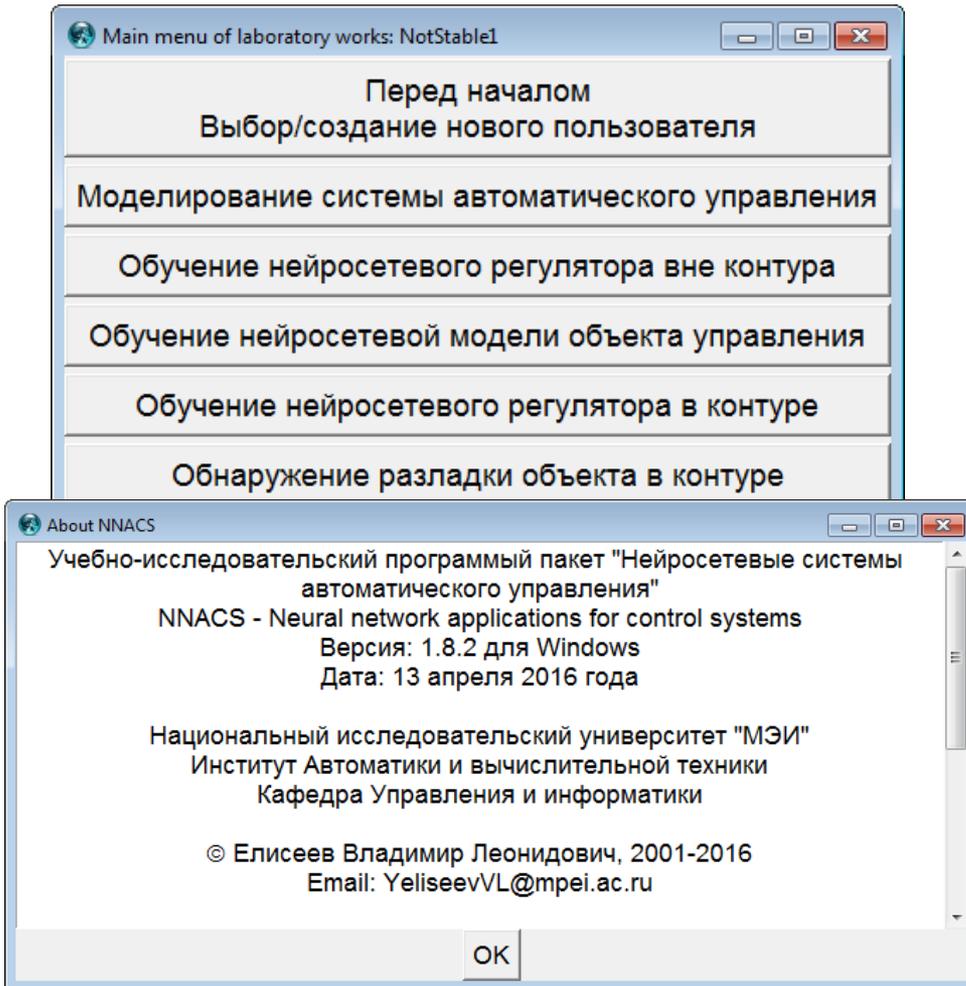
Основные функции и назначение пакета:

- Нейронные сети
- Системы управления
- Единая среда синтеза и моделирования
- Ориентация на учебный процесс
- Возможность проведения исследований

Нефункциональные требования:

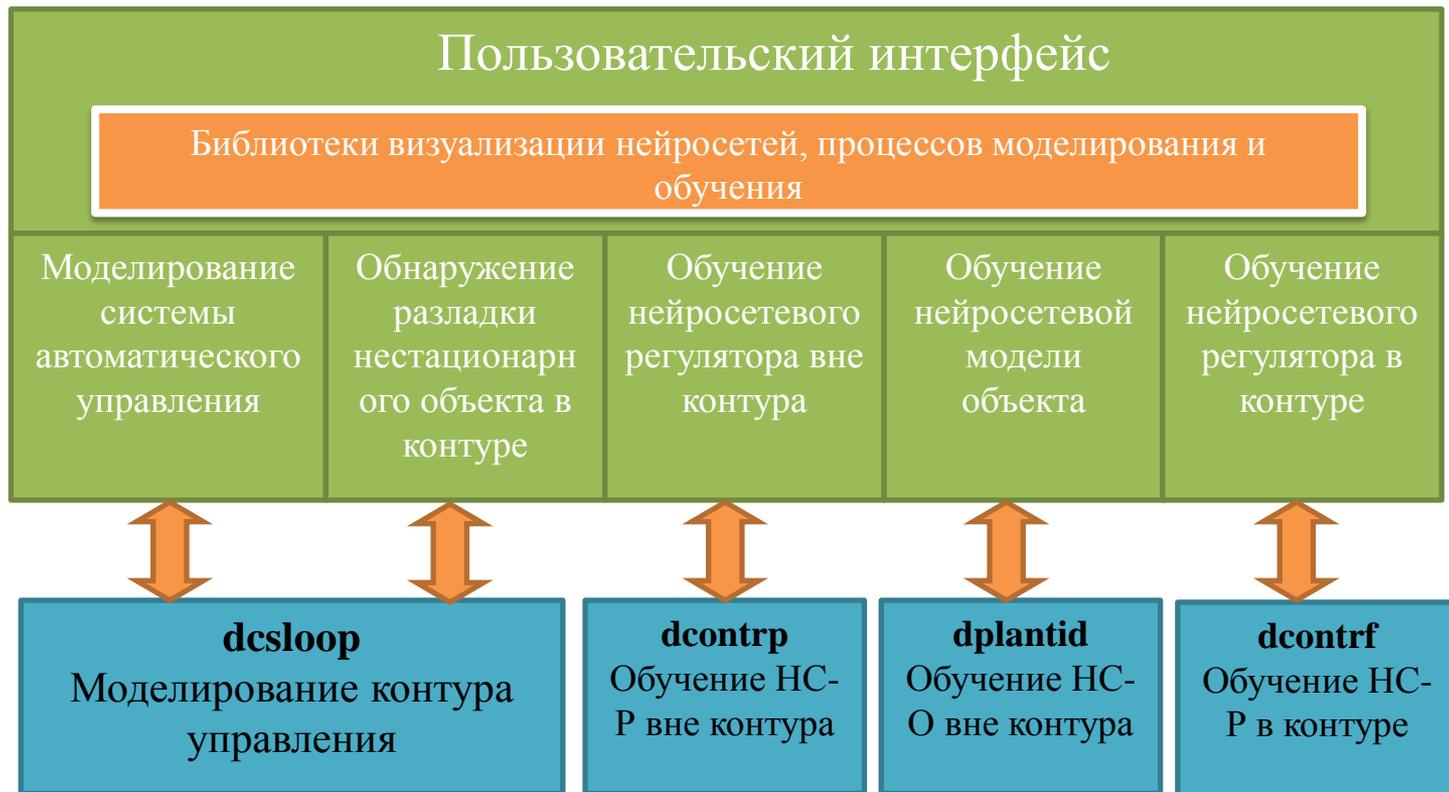
- Скромные ресурсы
- Платформы Windows XP/7/8, Linux
- Удобный GUI
- Модульность
- Расширяемость
- Простота
- Бесплатность
- Открытый исходный код

NNACS – Neural Networks Applications for Control Systems

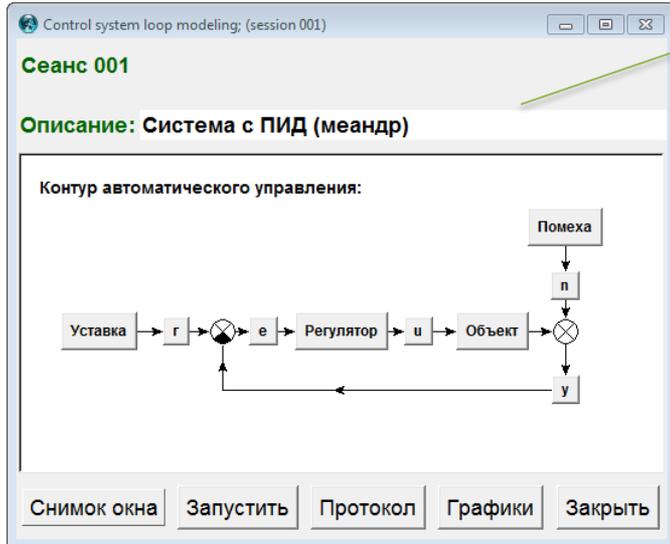


- Linux
- Windows XP/7/8
- POSIX API, C++, Tcl/Tk
- Plain text files:
 - .nn
 - .dat
 - .par
 - .tf .cof .ssm
- <https://github.com/e Vlad/nnacs>

Модульная архитектура пакета NNACS

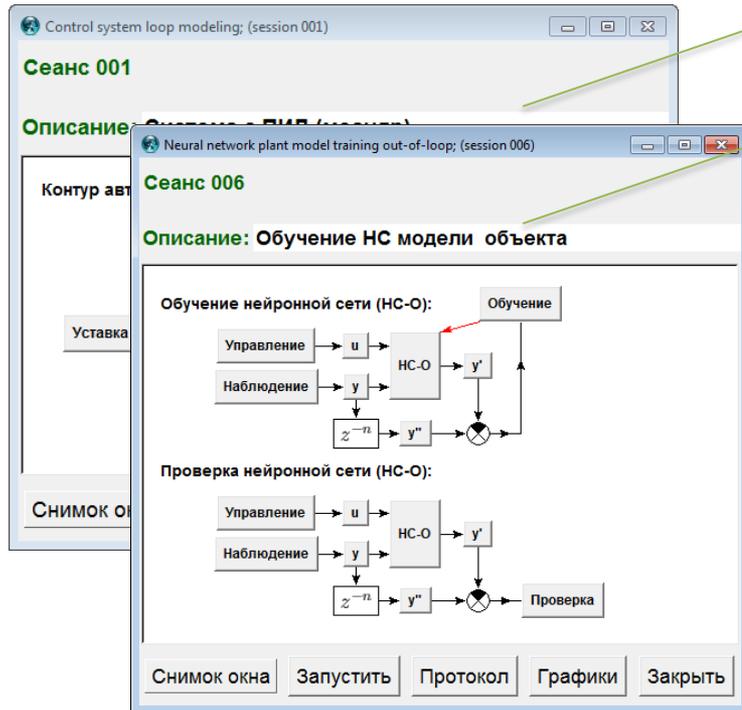


Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

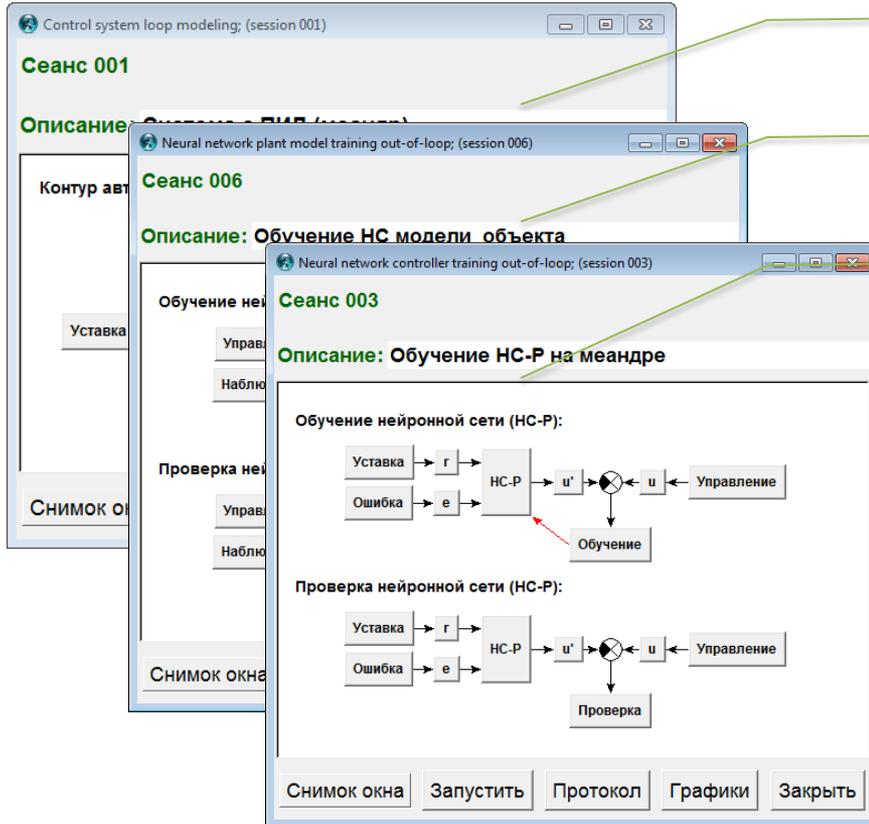
Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

Обучение нейросетевой модели ОУ

Основные сценарии использования функций пакета



Моделирование системы управления

Обучение нейросетевой модели ОУ

Обучение нейросетевого регулятора
вне контура управления

Основные сценарии использования функций пакета

The image displays a software interface with four overlapping windows, each representing a different scenario for using the package's functions. The windows are:

- Сеанс 001** (session 001): **Control system loop modeling**. This window is linked to the text box: "Моделирование системы управления".
- Сеанс 006** (session 006): **Neural network plant model training out-of-loop**. This window is linked to the text box: "Обучение нейросетевой модели ОУ".
- Сеанс 003** (session 003): **Neural network controller training out-of-loop**. This window is linked to the text box: "Обучение нейросетевого регулятора вне контура управления".
- Сеанс 007** (session 007): **Neural network controller training in loop**. This window is linked to the text box: "Обучение нейросетевого регулятора в контуре управления".

The bottom-most window (Сеанс 007) contains a block diagram titled "Обучение нейронной сети регулятора (НС-Р) в контуре:" (Training of a neural network controller (NS-R) in the loop:). The diagram shows a control loop with the following components and signals:

- Уставка** (Setpoint) r enters a summing junction.
- The error signal e is fed into the **НС-Р** (Neural Network Controller) block.
- The controller output u enters another summing junction.
- The disturbance signal **Помеха** (Disturbance) n also enters this summing junction.
- The resulting signal u' enters the **Объект** (Plant) block.
- The plant output y is fed back to the error summing junction.
- The **Обучение** (Training) block is shown with red arrows indicating its interaction with the **НС-Р** and **НС-О** (Neural Network Observer) blocks.
- The **НС-О** block outputs y' , which is also fed back to the error summing junction.

At the bottom of the window, there are five buttons: "Снимок окна", "Запустить", "Протокол", "Графики", and "Закреть".

Основные сценарии использования функций пакета

Control system loop modeling; (session 001)
Сеанс 001
Описание: Моделирование системы управления

Neural network plant model training out-of-loop; (session 006)
Сеанс 006
Описание: Обучение нейросетевой модели ОУ

Neural network controller training out-of-loop; (session 003)
Сеанс 003
Описание: Обучение нейросетевого регулятора вне контура управления

Neural network controller training in loop; (session 007)
Сеанс 007
Описание: Обучение нейросетевого регулятора в контуре управления

Plant disorder detection modeling; (session 008)
Сеанс 008
Описание: Обнаружение разладки в контуре с помощью нейросетевой модели

Контур автоматического управления:

СНИМОК ОКНА Запустить Протокол Графики Закрыть

Сервисные диалоговые окна пакета

1st_order p...

Звено 1-го порядка

$$G^*(z) = K \frac{d_1 z + d_2}{z + d_3}$$

K: 3.4
d1: 1
d2: 0
d3: -1.5

OK Отклик Отмена

Combined function

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 1-го порядка	K=0.7 d1=1 d2=0.1 d3=-0.63	0	150
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	K=3.5 d1=0.1 d2=0 d3=0.3 d4=0.4 d5=0.8	151	-1

Добавить Дуб

Create neural network for controller

Входы (с повтором): 3
Выходы (с повтором): 0
Скрытые слои: 2
Скрытый слой №1: 6
Скрытый слой №2: 5

Offline NN training parameters

Параметры обучения

Скорость обучения скрытых нейронов: 0.05
Скорость обучения выходных нейронов: 0.005
Коэффициент инерции обучения (моментум): 0.0

Параметры останова

Нижняя граница ошибки на тестовой выборке: 0.001
Нижняя граница изменения ошибки на тестовой выборке:
Предельное количество эпох с ростом тестовой ошибки: 50
Предельное количество эпох обучения: 500

Параметры визуализации

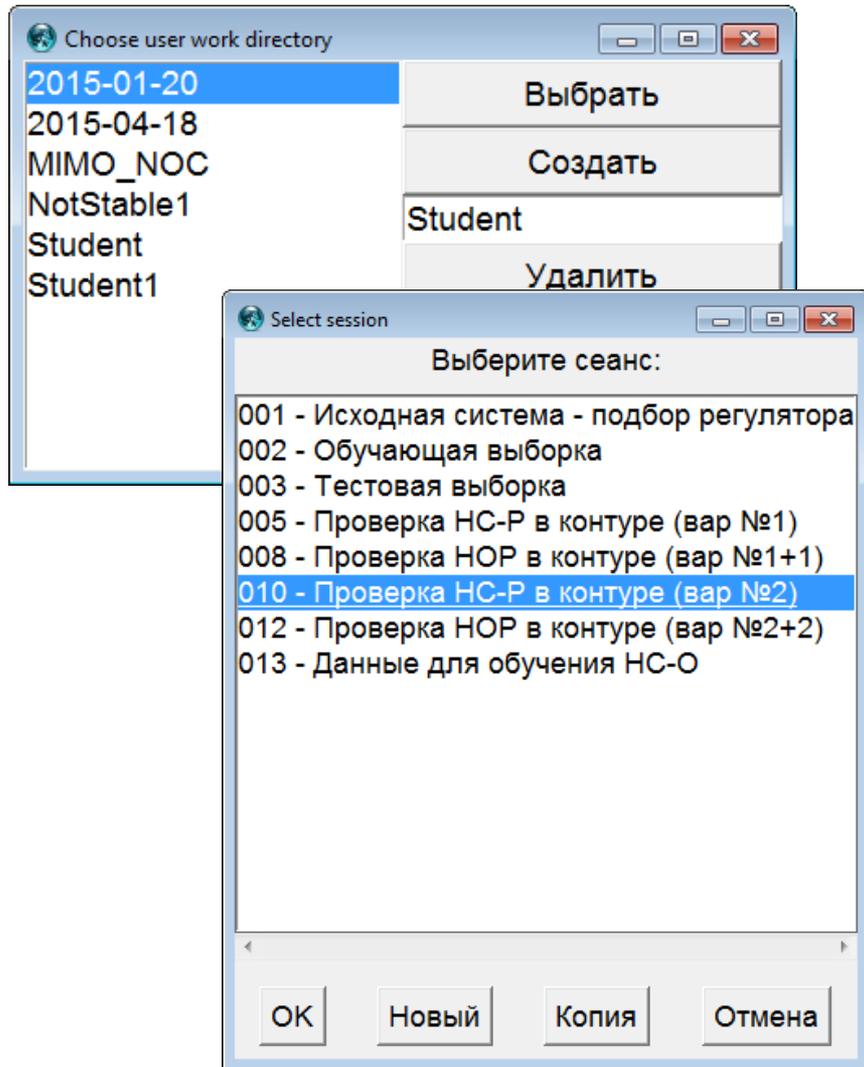
Верхняя граница оси ошибок: 10
Нижняя граница оси ошибок: 0.01

OK Отмена

Plot

Снимок окна Ряды Сетка X: 0.0 250.0 Легенда Y: -5.0 5.0 Обнов

Структура хранения данных

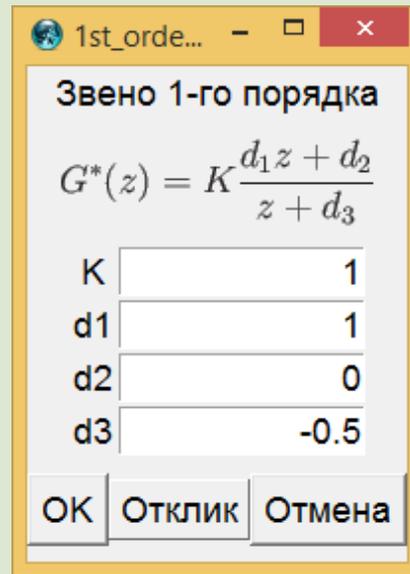


Файловая иерархия:

- Корневой каталог
 - Обычно **labworks**
 - Рабочий каталог студента
 - *Имя* – вводится один раз
 - Рабочий сеанс
 - *Номер* – инкрементируется
- ✓ Все рабочие файлы хранятся в каталоге сеанса.
- ✓ Легко копировать, переносить, изменять.

Расширение функций: специализация линейных объектов

```
;NeuCon transfer 1.0  
[TransferFunction]  
;idname: 1st_order  
;type: TransferFunction  
;label: Звено 1-го порядка  
;key_pos: K 0 d1 0 d2 1 d3 4  
;formula: K*(d1*z+d2)/(z+d3)  
product 2  
polyfrac 0  
1 / 1 ;K  
polyfrac 0  
1 0 / 1 -0.5 ; d1 d2 d3
```



Звено 1-го порядка

$$G^*(z) = K \frac{d_1 z + d_2}{z + d_3}$$

K	1
d1	1
d2	0
d3	-0.5

OK Отклик Отмена

- ✓ Задание произвольных передаточных функций в операторной форме (z-преобразование) в виде сумм и произведений дробно-рациональных компонентов.
- ✓ Коэффициенты полиномов могут быть как фиксированными, так и задаваемые пользователем.
- ✓ Каждому типу звена можно ассоциировать свою картинку.

Расширение функций: специализация линейных объектов

```

;NeuCon transfer 1.0
[TransferFunction]
;idname: 1st_order
;ty
;la
;ke
;fo
pro
pol
1 /
pol
1 0
        
```

The screenshot shows a software interface for defining transfer functions. On the left, a green box contains MATLAB-style code for defining a transfer function object. Overlaid on this are three windows:

- pid_kkk parameters**: A dialog box titled "ПИД регулятор (Kp Ki Kd)". It displays the transfer function:

$$C_{PID}^*(z) = K_p + K_i \frac{z}{z-1} + K_d \frac{z^2 - 2z + 1}{z^2 - z}$$
 and input fields for Kp (5.0), Ki (0.3), and Kd (0.0).
- 1st_orde...**: A window titled "Звено 1-го порядка" showing the transfer function:

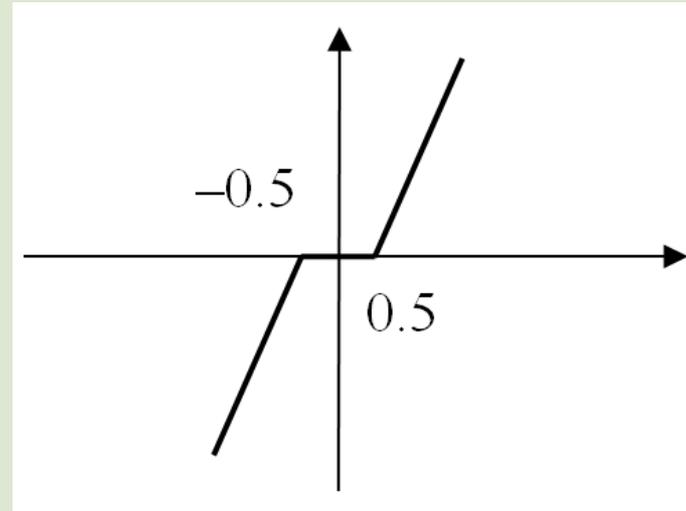
$$\frac{d_1 z + d_2}{z + d_3}$$
 with input fields for coefficients 1, 1, and 0.
- pid_ktt parameters**: A dialog box titled "ПИД регулятор (Kp Ti Td)". It displays the transfer function:

$$C_{PID}^*(z) = K_p \left(1 + \frac{z}{T_i(z-1)} + \frac{z^2 - 2z + 1}{T_d(z^2 - z)} \right)$$
 and input fields for Kp (1.0), Ti (3.0), and Td (0.5).

- ✓ Задание произвольных передаточных функций (или преобразование) в виде суммы компонентов.
- ✓ Коэффициенты полиномов могут задаваться пользователем.
- ✓ Каждому типу звена можно ассоциировать свою картинку.

Расширение функций: разработка произвольных функций в плагинах

```
[CustomFunction Function2]
;           .so/.dll depending the OS
file deadzone
;HalfWidth Gain
options 0.5 2
;Initial vector (deadzone is stateless)
Initial
```



- ✓ Линейные и нелинейные функции легко комбинируются.
- ✓ Простой интерфейс разработки новых функций в отдельной DLL

Библиотека поставляемых плагинов:

- Стандартные нелинейности
- Модель бассейна со стоком и притоком
- Модель химического реактора идеального перемешивания

Заключение

- Пакет NNACS удобен для использования в учебном процессе.
- Обеспечивает моделирование, анализ и синтез нейросетевых систем управления, а также их сопоставление с традиционными подходами.
- В течение 4-х лет пакет используется для обучения и научно-исследовательской работы студентов. Темы магистерских работ:
 - Нейросетевое управление неустойчивым объектом
 - Нейросетевое управление многомерным объектом
- Пакет обеспечивает простую и гибкую настройку на широкий спектр задач.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Московский Энергетический Институт

Спасибо за внимание!

Елисеев В.Л. E-mail: vlad-eliseev@mail.ru

Филаретов Г.Ф. E-mail: gefefi@yandex.ru