

Interface Flownex-MATLAB for combined simulation

Интерфейс Flownex-MATLAB для совместного моделирования

Цель работы: Ознакомиться с средствами совместного моделирования Flownex и Simulink.

Задача работы: Построение интерфейса обмена данными для интегрирования моделей Flownex и MATLAB.

Приборы и принадлежности: Персональный компьютер, среда моделирования Flownex, среда моделирования MATLAB Simulink (не старше R2018a).

ВВЕДЕНИЕ

Мощная среда численного моделирования гидравлических, газовых и теплообменных систем **Flownex** может использоваться для адекватного описания объектов систем управления. Flownex имеет средства интеграции с ANSYS, EES, MathCad, Labview и другим ПО. Интеграция Flownex с MATLAB позволяет объединить возможности специализированных сред при анализе и синтезе систем управления, автоматизации, тестирования и верификации. В этой работе рассматриваются средства построения интерфейсов для совместного моделирования Flownex и MATLAB и обмена данными, вычисленных в специализированных средах.

Файлы интерфейса совместного моделирования Flownex - MATLAB

Со стороны MATLAB совместное моделирование с Flownex может выполняться как программными средствами m-файла, так и средствами Simulink модели.

Демонстрационные файлы и файлы для настройки и обеспечения совместного моделирования Flownex и m-файлов MATLAB расположены в папке **MatlabInterface** пакета Flownex. Файлы для взаимодействия Flownex с MATLAB Simulink находятся в папке **SimulinkInterface** пакета Flownex.

Настройка интерфейса совместного моделирования Flownex <> m-файл MATLAB

Файлы для настройки и обеспечения совместного моделирования Flownex и MATLAB расположены в папке **MatlabInterface** пакета Flownex. В демонстрационном примере m-файла: **Test.m** папки **MatlabInterface** прописаны:

- название проекта модели Flownex, участвующей в совместном моделировании,
- параметр модели Flownex, значения которого задаются из MATLAB и
- параметр модели Flownex, значения которого передаются в MATLAB.

Например, для управления из MATLAB вычислением зависимости потока от длины трубы в среде Flownex (проект: **MatlabLink.proj**, см. Рисунок 2) и накопления результатов в среде MATLAB можно использовать m-файл (Рисунок 1), который используя команды API Flownex выполняет следующее.

- Запускает Flownex;
- Открывает проект Flownex: **MatlabLink.proj**;
- В цикле меняет длину трубы i (от 1м до 100м с шагом 1м), на каждом шаге запускает вычислитель начальных условий (Solver), моделирование (Transient) и принимает вычисленные значения потока **Volfow(i)**;
- По окончании цикла закрывает проект и среду Flownex.

Примечание: команды API Flownex (текстовые файлы с расширением **m**) для взаимодействия с MATLAB находятся в папке **MatlabInterface** демонстрационного примера Flownex.

```
clear all
[app, location] = FlownexLaunchApplication();
[proj, ctrl] = FlownexOpenProjectCurrentFolder(app, 'MatlabLink.proj');
tic
for i = 1:100
    FlownexSetInputDouble(proj, 'E - 10', '{Geometry}Length', i);
    FlownexSolveSteadyState(ctrl);
    FlownexStepTransient(ctrl);
    FlownexStepTransient(ctrl);
    FlownexStepTransient(ctrl);
    Volfow(i) = FlownexGetOutputDouble(proj, 'E - 10', '{Flow Element Results,Generic}Total volume flow')
end
toc
FlownexCloseProject(app);
FlownexExitApplication(app);
```

Рисунок 1. m-файл (*.m) интерфейса Flownex – MATLAB (m-файл).

Командами **tic** и **toc** программы (Рисунок 1), установлено, что при взаимодействии Flownex и MATLAB расчет 100 значений потока простейшей модели (Рисунок 1) выполняется за 28.58 секунды, что соответствует частоте 3.5 Гц.

Примечание. Если из программы (Рисунок 1), удалить одну команду **FlownexStepTransient(ctrl)**, то частота вычислений вырастет до 5 Гц, но, при этом, полученные результаты будут ошибочны – существенно отличаться от графика, приведенного на Рисунок 3.

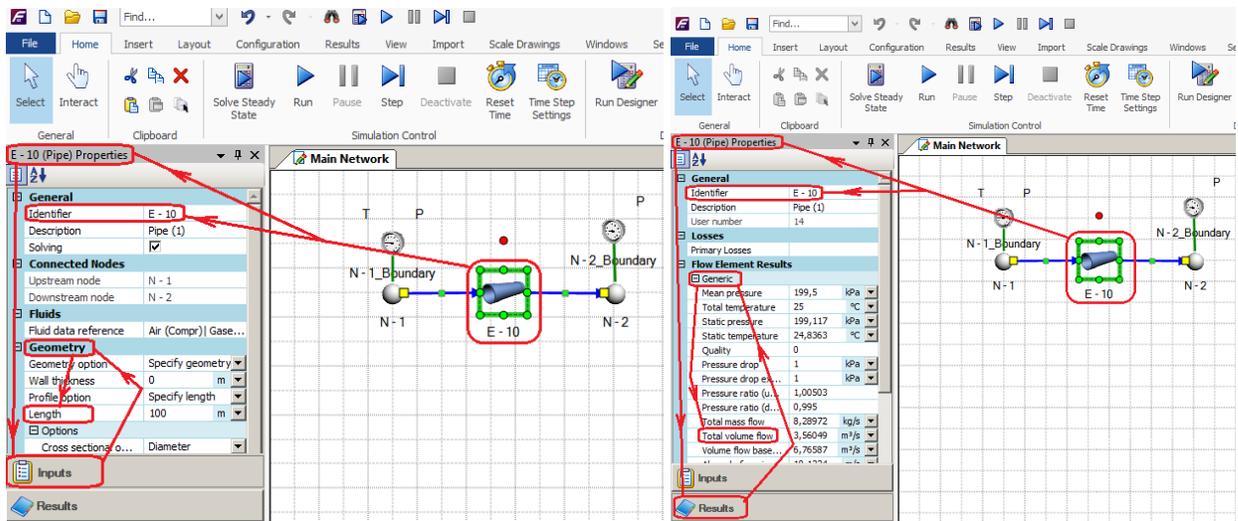


Рисунок 2. Входной и выходной параметры Flowпех, используемые в файле Рисунок 1. Значение длины трубы **Length** находится в списке входных параметров **Inputs > Geometry** (показан слева) трубы E-10 модели Flowпех: MatlabLink.proj. Вычисляемый параметр **Total volume flow**, передаваемый в MATLAB находится в разделе **Results > Geometry** (показан справа).

Дополнительными командами MATLAB построен график переменной **Volflow** (Рисунок 1), который показан на Рисунок 3.

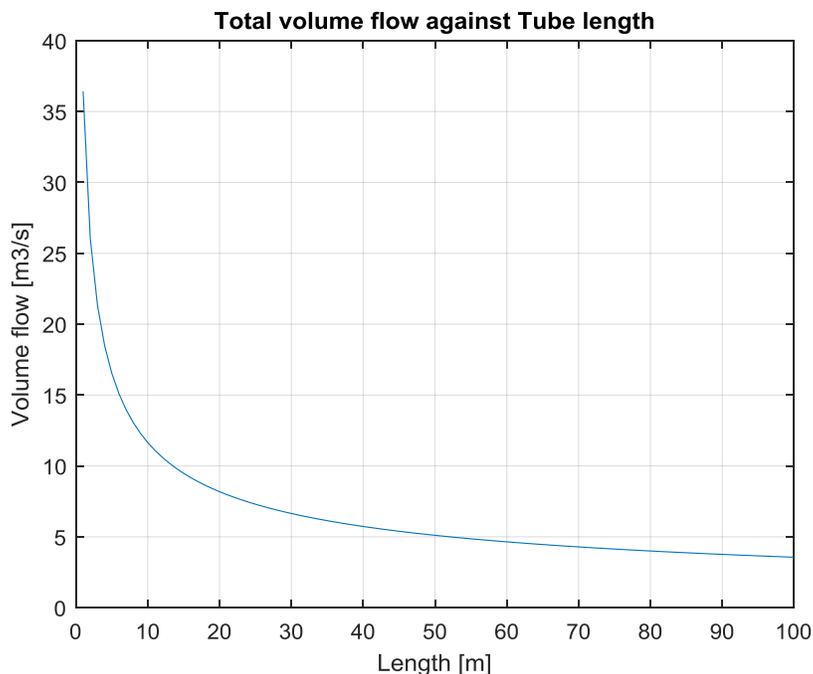


Рисунок 3. Зависимость водного потока **Volflow(i)** от длины трубы ($i = 1:100$) диаметром 0.5 м, при постоянном перепаде давления на концах трубы 1 кПа. Вычисление потока выполнено средствами Flowпех, задание длины трубы, управление вычислителем Flowпех и накопление результатов выполнено в MATLAB.

Настройка интерфейса совместного моделирования Flownex – MATLAB Simulink

Для обеспечения совместного моделирования Flownex и Simulink необходимо выполнить следующие шаги.

1. Построить Flownex модель и разместить ее проект *.proj в каталоге с служебными файлами, показанными на Рисунок 8.
2. Построить Simulink модель *.mdl или *.slx и разместить ее в каталоге с служебными файлами, показанными на Рисунок 8. Модель должна содержать блок **Flownex link**, например, как показано на Рисунок 9.

Примечание. Блок **Flownex link** можно скопировать из демонстрационного пакета Flownex > **SimulinkInterface** > MATLAB модель: **FlownexBlock.mdl** или **FlownexTest.mdl**.

3. Настроить параметры блока **Flownex link** и параметры моделирования MATLAB, например, как показано на Рисунок 4 и Рисунок 5. Шаг моделирования и время моделирования совместной модели устанавливаются в MATLAB (см. Рисунок 4 и Рисунок 5) и не зависят от установленных значений соответствующих параметров Flownex.

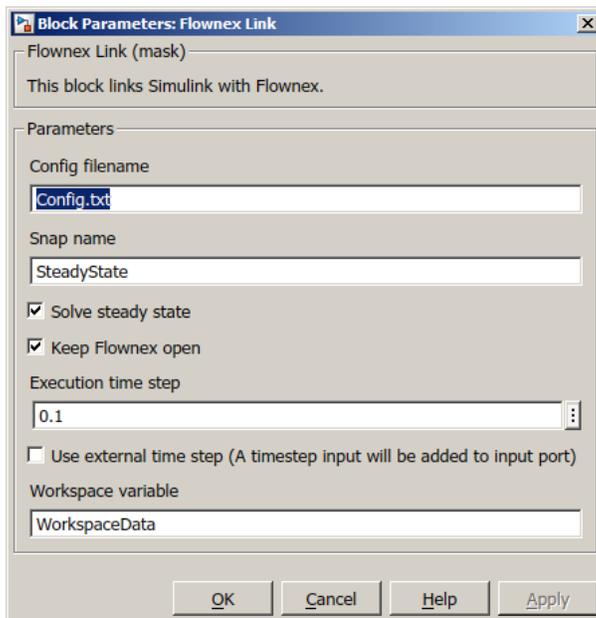


Рисунок 4. Параметры интерфейсного блока **Flownex link** (Рисунок 9) для связи Simulink модели с Flownex. В окне **Config filename** прописывается имя текстового файла рабочей директории, обеспечивающего связь с Flownex. В окне **Snap name** прописывается имя текстового файла проекта Flownex, который содержит начальные параметры Flownex модели. Шаг моделирования устанавливается в окне **Execution time step**.

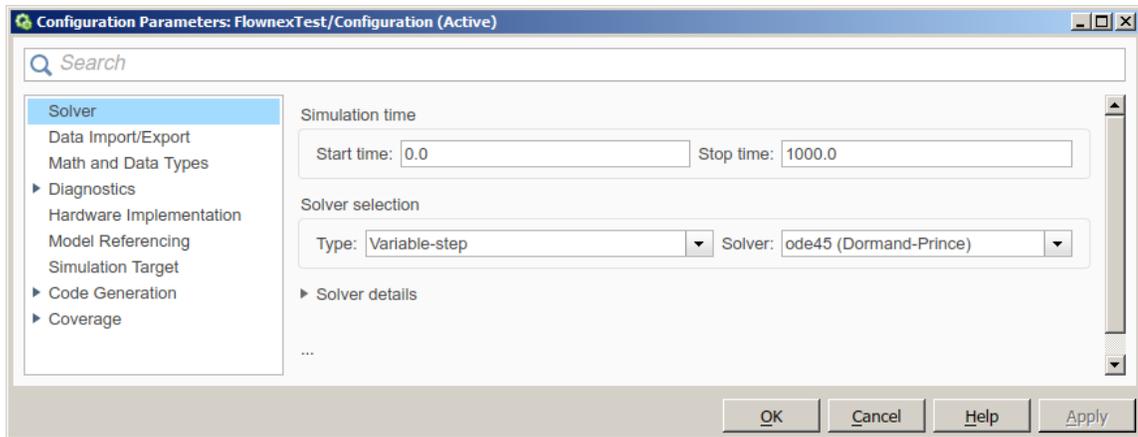


Рисунок 5. Пример параметров моделирования Simulink модели.

4. Настроить конфигурационный файл, имя которого указано в настройках блока **Flownex link** (Рисунок 4). В файле необходимо прописать ПОЛНЫЙ ПУТЬ к Flownex проекту, передаваемые Flownex входные параметры, и параметры, принимаемые от Flownex, например, как показано на Рисунок 6 и Рисунок 7.

Project File Name (full path needed)

c:\...\SimulinkInterface.proj

Flownex Inputs (Simulink Block Inputs) - Use Format: Component Identifier; Property Identifier

N - 1_Boundary; {Boundary Conditions}Pressure

N - 1_Boundary; {Boundary Conditions}Temperature

Flownex Outputs (Simulink Block Outputs)- Use Format: Component Identifier; Property Identifier

N - 2_Boundary; {Flow Node Results}Pressure

N - 2_Boundary; {Flow Node Results}Enthalpy

Рисунок 6. Пример файла Config.txt блока интерфейсного блока **Flownex link** (Рисунок 4).
 Корректное имя блока, например, **N - 2_Boundary**, находится в закладке блока Inputs > Identifier.

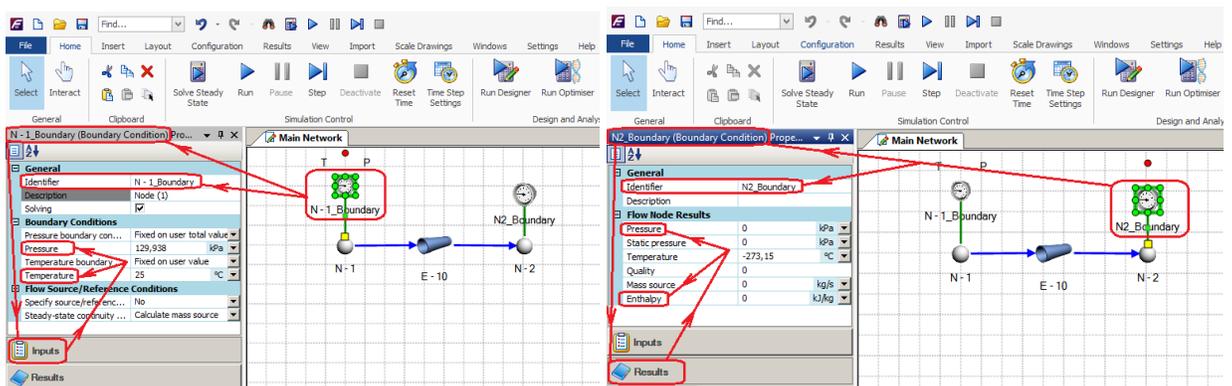


Рисунок 7. Модель Flownex. Используемые входные (слева) и выходные (справа) параметры Flownex модели. Входные параметры граничного блока **N - 1_Boundary** формирует MATLAB выходные параметры вычисляемые Flownex (блок: **N - 2_Boundary**) принимает MATLAB в соответствии с конфигурационным файлом Рисунок 6.

5. Запуск совместной работы осуществляется через пуск Simulink модели: . Первоначальный запуск загружает среду Flownex, запускает моделирование в Flownex и Simulink и передачу данных между средами моделирования.

Примечание. Для запуска Simulink модели с блоком **Flownex link**, версия MATLAB должна быть не старше 2018.

Минимальный набор файлов, участвующих в обмене данными при совместной работе Flownex – Simulink, показан на Рисунок 8.

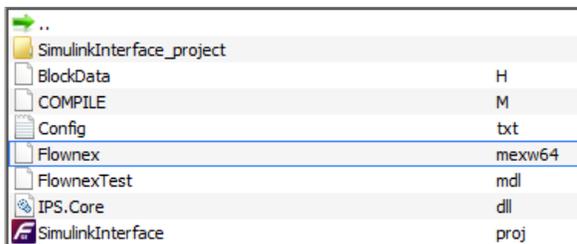


Рисунок 8. Минимальный набор файлов, необходимых для обеспечения взаимодействия проекта *.proj Flownex и *.mdl модели Simulink. Пример содержит демонстрационную модель Flownex: SimulinkInterface.proj, её одноименный каталог, демонстрационную модель Simulink: FlownexTest.mdl и служебные файлы.

Демонстрационные файлы интерфейса Flownex – Simulink находятся в папке **SimulinkInterface** пакета Flownex. Совместная работа демонстрационных моделей Flownex: SimulinkInterface.proj и Simulink: FlownexTest.mdl с одной передаваемой и одной принимаемой переменной в формате double работает с частотой передачи данных 1 кГц. Добавление переменных понижает частоту передачи данных.

Доработанная демонстрационная модель Simulink для передачи двух переменных Flownex (Рисунок 7) и приема двух переменных вычисляемых Flownex показана на Рисунок 9, её **Config.txt** файл представлен на Рисунок 6. Входные переменные: Pressure и Temperature выбираются из списка закладки **Input** блока **N - 1_Boundary** Flownex модели. Вычисляемые переменные: Pressure и Enthalpy выбираются из списка закладки **Results** блока **N - 2_Boundary**; как показано на Рисунок 7.

Примечание. При совместном моделировании графопостроители Flownex показывают время в 1000 раз больше, чем время моделирования среды Simulink.

Сложные Flownex модели генерируют ошибки при совместной работе с Simulink с малым шагом моделирования. Увеличение шага увеличивает надежность вычислений и время моделирования и уменьшает точность вычислений.

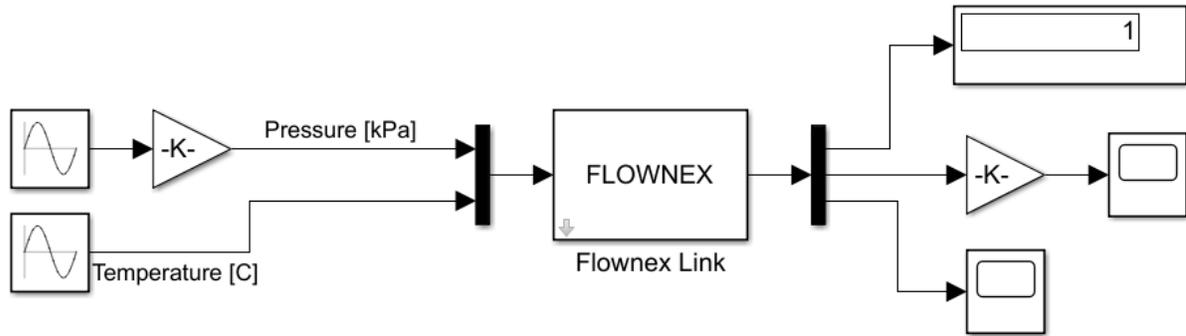


Рисунок 9. Доработанная модель Simulink [2] с интерфейсным блоком Flownex Link. На вход блока подаются две переменные MATLAB, передаваемые среде Flownex. С выхода блока, MATLAB принимает два параметра от Flownex. Пример настройки интерфейса Flownex Link показан на Рисунок 4 и Рисунок 6.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание 1. Построение интерфейса Flownex <> m-файл MATLAB для совместного моделирования и обмена данными (одна входная и одна выходная переменная).

1. Используя информацию раздела “Настройка интерфейса совместного моделирования Flownex <> m-файл MATLAB” постройте модель Flownex (Рисунок 2).
2. Создайте и отредактируйте текстовый файл MATLAB с расширением m (Рисунок 1).
3. Разместите созданные файлы в каталоге демонстрационного интерфейса Flownex: [MatlabInterface](#).
4. Запустите m-файл MATLAB
5. Используя команды tic и toc (Рисунок 1), определите реальное время моделирования.
6. Постройте график переменной **Volflow** (Рисунок 1), например, как показано на Рисунок 3.
7. Удалите одну команду **FlownexStepTransient(ctrl)** (Рисунок 1),
8. Запустите m-файл MATLAB.
9. Постройте график переменной **Volflow** (Рисунок 1), сравните с графиком, построенным в п. 6.

Задание 2. Построение интерфейса Flownex - MATLAB Simulink для совместного моделирования и обмена данными (две входные и две выходные переменные).

1. Используя последовательность раскрытую в разделе “Настройка интерфейса совместного моделирования Flownex – MATLAB Simulink” постройте модель Flownex (Рисунок 7) и модель Simulink (Рисунок 9)
2. Создайте и отредактируйте конфигурационный файл с расширением m (**Рисунок 6**).

3. Разместите созданные и служебные файлы в одном каталоге, как показано на Рисунок 8.
4. Запустите Simulink модель.
5. Вычислите реальную частоту совместного моделирования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему графики переменной Volflow полученные при выполнении п.6 и п.9 Задания 1 отличаются?
2. Какой из двух графиков Volflow правильный?
3. Какова частота вычислений совместного моделирования Flownex \diamond m-файл MATLAB, выполненного в задании 1?
4. Как время моделирования зависит от количества передаваемых переменных между Flownex и MATLAB?
5. Какова частота вычислений совместного моделирования Flownex – Simulink, выполненного в задании 2?
6. В каких случаях целесообразно использовать совместное моделирование Flownex и MATLAB?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Flownex simulation environment. Co-simulating with Flownex and Matlab: Flownex_Matlab.pdf
2. Демонстрационные модели Flownex из раздела MatlabInterface.
3. Dr. Bob Davidov. Компьютерные технологии управления в технических системах <http://portalnp.ru/author/bobdavidov>.