

УДК 004.4  
DOI 10.53403/9785951505071\_2022\_125

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАТОРА МОДУЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ЛОГОС ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

*Е. А. Губайдулина, А. А. Тюндина, О. Ю. Сурина*

Российский федеральный ядерный центр –  
Всероссийский НИИ экспериментальной физики, Саров

В состав модульной интеграционной платформы (ЛОГОС-МИП) входит графический интерфейс пользователя (Интегратор), обеспечивающий возможность конфигурирования и последующего решения задач, для чего, в общем случае, используются следующие основные этапы:

- конфигурирование одной или нескольких одиночных задач;
- настройка подключения к задачам дополнительных расчетных модулей;
- настройка связанного взаимодействия задач для организации мультидисциплинарного расчета;
- подготовка расчетных схем, включая настройку очередности этапов выполнения, конфигурирование параметров схемы;
- выполнение расчетной схемы;
- получение и анализ результатов.

В докладе представлены обобщенные алгоритмы конфигурирования задач следующих типов:

- связанная мультидисциплинарная задача;
- задача параметрических исследований;
- задача оптимизации.

*Ключевые слова:* Интегратор, ЛОГОС-МИП, конфигурирование задач, мультидисциплинарная задача, параметрические исследования, оптимизационная задача.

### Общие принципы конфигурирования задач

Конфигурирование задачи в Интеграторе начинается с выбора расчетного модуля, который будет рассчитывать данную задачу. Расчетный модуль должен быть интегрирован в ЛОГОС-МИП – в Интегратор передается файл спецификации, в котором содержится информация о расчетном модуле (используемые препроцессор, постпроцессор, САПР и др.).

Процесс конфигурирования задачи может включать в себя как весь цикл подготовки задачи (от создания конструкторской и расчетной моделей до создания самой задачи на основе этих моделей), так и импорт ранее подготовленных моделей и задач.

Внешний вид дерева проектов Интегратора с подготовленной задачей в случае полного цикла подготовки задачи представлен на рис. 1, в случае импорта готовой задачи в проект – на рис. 2.

К созданной задаче есть возможность подключить дополнительные расчетные модули, используемые во время расчета. Так, к задаче можно подключить пользовательские функции, легковесные модули, программные адаптеры и т. д.

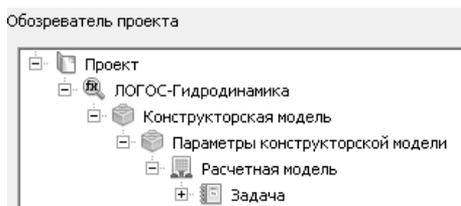


Рис. 1. Дерево объектов Интегратора с подготовленной одиночной задачей на основе конструкторской и расчетной моделей

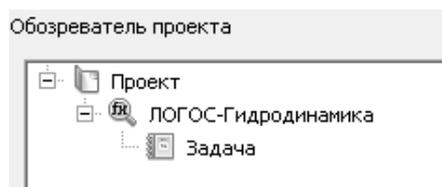


Рис. 2. Дерево объектов Интегратора с импортированной одиночной задачей

Для запуска задачи на расчет через Интегратор, необходимо сконфигурировать схему (сценарий) расчета. Сценарий расчета представляет собой последовательность выполнения необходимых для проведения расчета программных компонентов, таких как САПР, препроцессор, расчетный модуль и другие. Вызов и логика работы с внешними компонентами в ЛОГОС-МИП обеспечивается с помощью Обработчика сценария и его внешних программных модулей, реализованных на языке программирования Python [1].

Интегратор имеет в своем составе схемный редактор, в котором каждый модуль Обработчика сценария имеет свой графический эквивалент в виде блока схемного редактора. Схемный редактор позволяет пользователю настраивать схему расчета задачи путем размещения отдельных блоков на сцене схемного редактора и соединения их друг с другом для настройки последовательности передачи управления, создавая тем самым схему проведения расчета. Пользователь может сам создать схему расчета в соответствии со спецификой проведения расчета определенной задачи, или воспользоваться готовыми схемами схемного редактора. Типовая схема локального расчета одиночной задачи представлена на рис. 3.

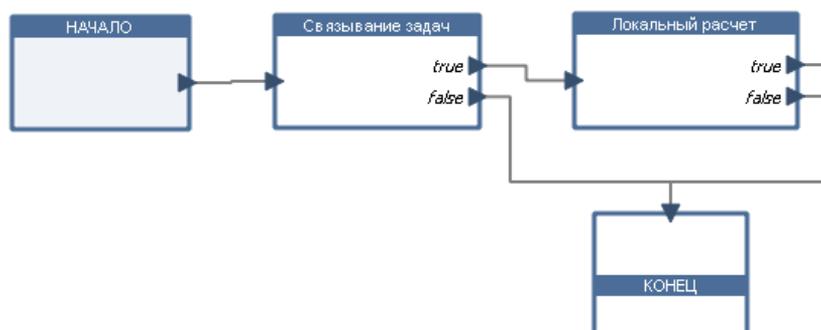


Рис. 3. Схема локального расчета одиночной задачи

Блок схемы расчета может иметь настраиваемые параметры, которые задаются пользователем в процессе конфигурирования схемы расчета. Пример конфигурации блока «Локальный расчет» представлен на рис. 4.

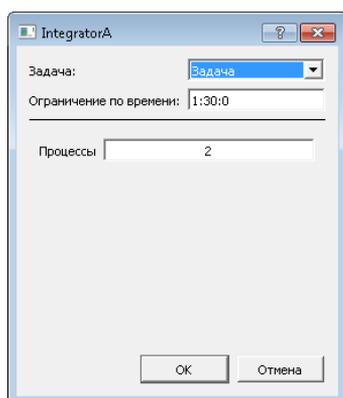


Рис. 4. Настраиваемые параметры блока «Локальный расчет»

После завершения конфигурирования схемы расчета, она может быть запущена. Интегратор отображает ход расчета, как показано на рис. 5, и статус проведения расчета в виде общей таблицы, как показано на рис. 6.

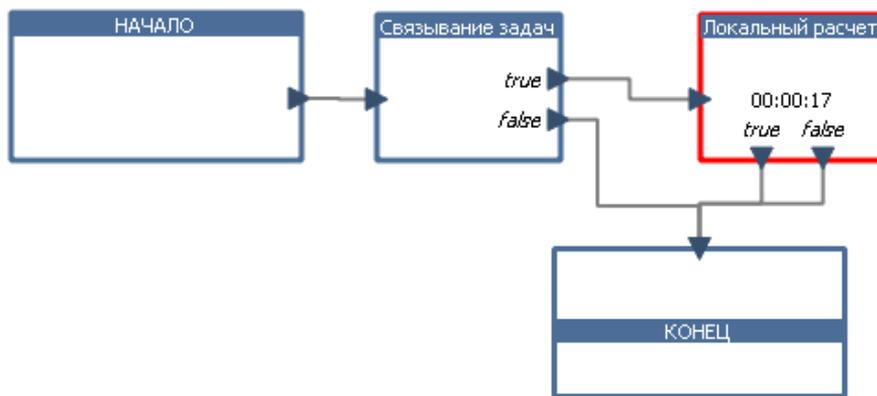


Рис. 5. Отображение хода расчета

Обозреватель заданий		Результаты	
Задача	Статус	Запущена	Продолжительность
Схема расчета	Завершена	18.02.2020 16:33:04	00:00:28
Схема расчета_1	Выполняется	18.02.2020 16:40:44	00:00:04
Схема расчета_2	Аварийно завершена	18.02.2020 16:37:16	00:00:05
Схема расчета_3	Не запущена		

Рис. 6. Отображение статуса расчета

Интегратор предоставляет возможность просматривать табличные и текстовые результирующие файлы, строить графики, а также просматривать результаты расчета с помощью сторонних программных средств постобработки.

### Подготовка задачи связанного расчета

Связанный расчет представляет собой расчет мультидисциплинарной задачи, в которой два (и более) расчетных модуля обмениваются между собой данными во время расчета. Обмен между расчетными модулями, в рамках модульной интеграционной платформы, проводится транспортным уровнем ЛОГОС–МИП, а настройка конфигурации обмена производится с помощью Интегратора ЛОГОС–МИП.

Подготовка задач связанного расчета выполняется в Интеграторе, путем объединения одиночных расчетных задач.

Подготовка связанного расчета состоит из следующих этапов:

- настройка общей схемы связанного расчета;
- связывание доступных обменных интерфейсов;
- конфигурирование транспортного уровня ЛОГОС-МИП.

### Настройка общей схемы связанного расчета

Пользовательский интерфейс Интегратора при настройке общей схемы связанного расчета изображен на рис. 7.

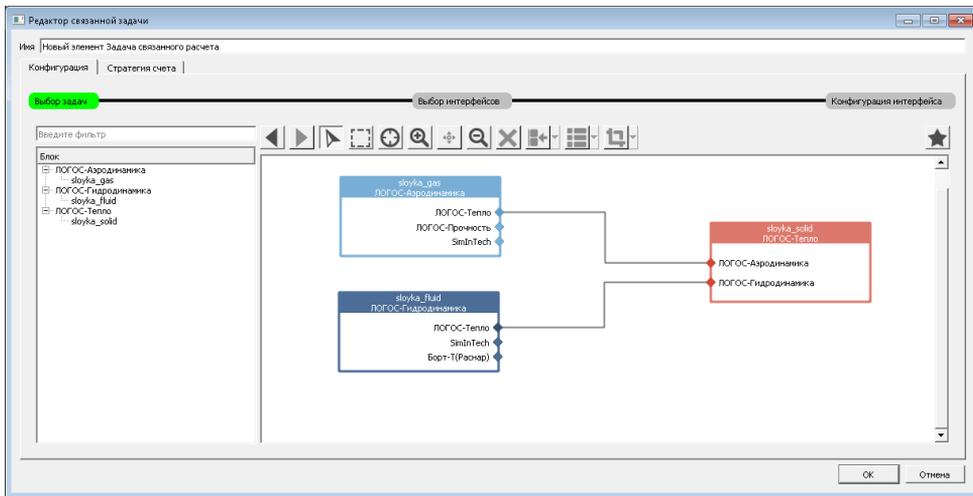


Рис. 7. Настройка общей схемы связанного расчета

В левой части окна расположен список всех подготовленных ранее в Интеграторе одиночных задач расчетных модулей. В правой части расположен схемный редактор, предназначенный для графического конфигурирования связей между задачами. Добавление одиночных задач в редактор осуществляется по технологии «drag-and-drop». Указание связей осуществляется графически в интерактивном режиме. Интегратор гарантирует добавление на схему только допустимых связей, т. е. позволяет связывать задачи только тех расчетных модулей, которые были интегрированы с возможностью проведения связанного расчета. Информация о возможных связях поступает в Интегратор из файлов спецификации. Переход к интерфейсу настройки каждой связи осуществляется по двойному нажатию левой кнопки мыши на линии требуемой связи.

Интегратор обеспечивает настройку связанного расчета мультидисциплинарной задачи для трех и более расчетных модулей.

### Связывание доступных обменных интерфейсов

Настройка связей между расчетными модулями, участвующими в связанном расчете мультидисциплинарной задачи, осуществляется отдельно для каждой пары модулей. Пользовательский интерфейс Интегратора при связывании доступных обменных интерфейсов двух задач расчетных модулей представлен на рис. 8.

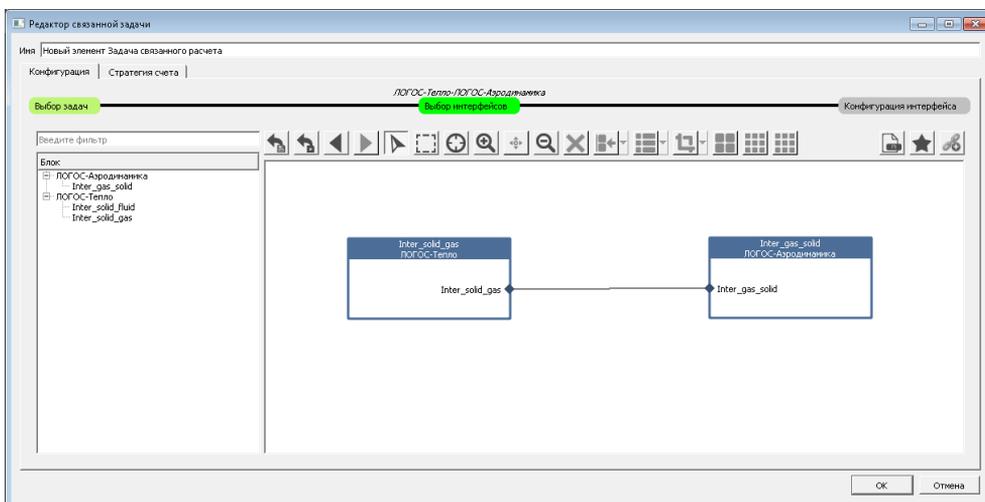


Рис. 8. Связывание доступных обменных интерфейсов для пары задач

Центральная часть окна содержит схемный редактор, в котором представлен перечень обменных интерфейсов, доступных для каждой из двух связываемых задач. Связывание требуемых интерфейсов осуществляется графически в интерактивном режиме. Дополнительно предусмотрена возможность автоматического связывания интерфейсов с одинаковыми именами, данное действие инициируется нажатием кнопки «Соединить автоматически». Наличие такой возможности видится удобным при необходимости связывания большого количества интерфейсов.

Типовым режимом использования Интегратора для настройки прохождения и обработки данных по каждому интерфейсу является использование заранее подготовленных шаблонов с описанной конфигурацией настройки, при этом требуемый шаблон может быть выбран из перечня доступных в выпадающем списке «Для всех интерфейсов использовать шаблон». В случае необходимости, настройка интерфейса может быть выполнена в ручном режиме. Переход к интерфейсу настройки осуществляется по двойному нажатию левой кнопки мыши на линии требуемой связи.

## Настройка прохождения данных через интерфейс связи

Пользовательский интерфейс Интегратора при настройке прохождения данных через интерфейс связи представлен на рис. 9.

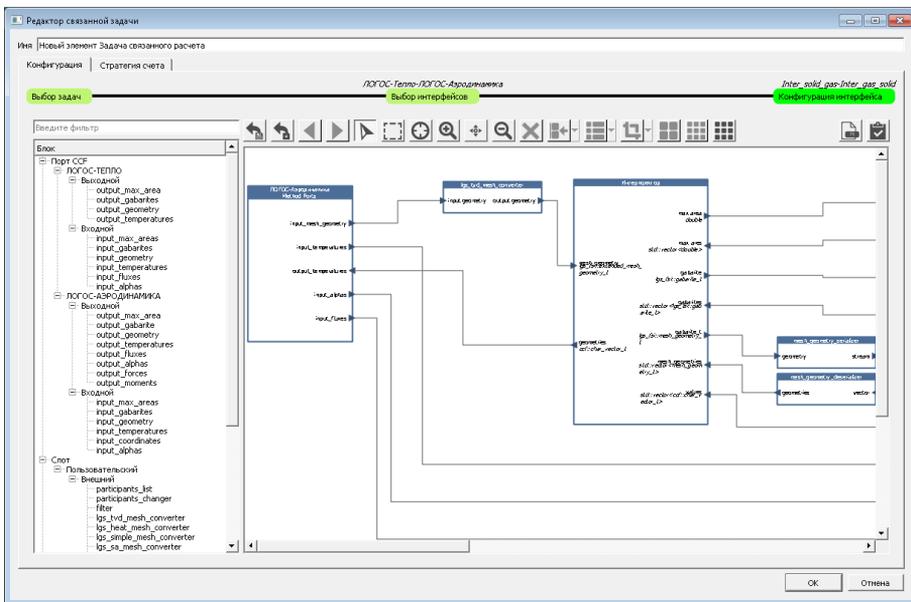


Рис. 9. Настройка прохождения данных через интерфейс связи

В центральной части окна расположен схемный редактор, предназначенный для графического конфигурирования схемы прохождения данных. Интегратор автоматически располагает на схеме доступные входные и выходные порты данных для каждой их задач, участвующей в настройке. Информация о доступных портах и типах их данных поступает в Интегратор из файлов спецификации расчетных модулей.

В левой части окна расположен список всех доступных обрабатывающих функций, которые могут быть использованы при составлении схемы. Добавление обрабатывающих функций в редактор осуществляется по технологии «drag-and-drop». Указание связей между элементами схемы осуществляется графически в интерактивном режиме.

Интегратор гарантирует добавление на схему только допустимых связей, т. е. могут быть соединены только те точки, у которых:

- полностью совпадает тип данных;
- является совместимым направление передачи данных (т. е. вход соединяется с выходом и наоборот).

При необходимости, в схемный редактор может быть загружен подготовленный ранее шаблон, подходящий для связи указанных расчетных модулей.

## Подготовка задачи параметрических исследований

Задача параметрических исследований представляет собой цикл расчетов с перебором входных параметров и последующим формированием расчетной модели на основе полученных данных

В Интеграторе для настройки задачи параметрических исследований используется схемный редактор, вызываемый через команду контекстного меню «Свойства» объекта «Схема расчета». Настройка схемы параметрических исследований выполняется в 2 этапа:

– настройка общей схемы параметрических исследований (настроенная схема изображена на рис. 10);

– настройка единичного шага расчета модельной задачи, как показано на рис. 11.

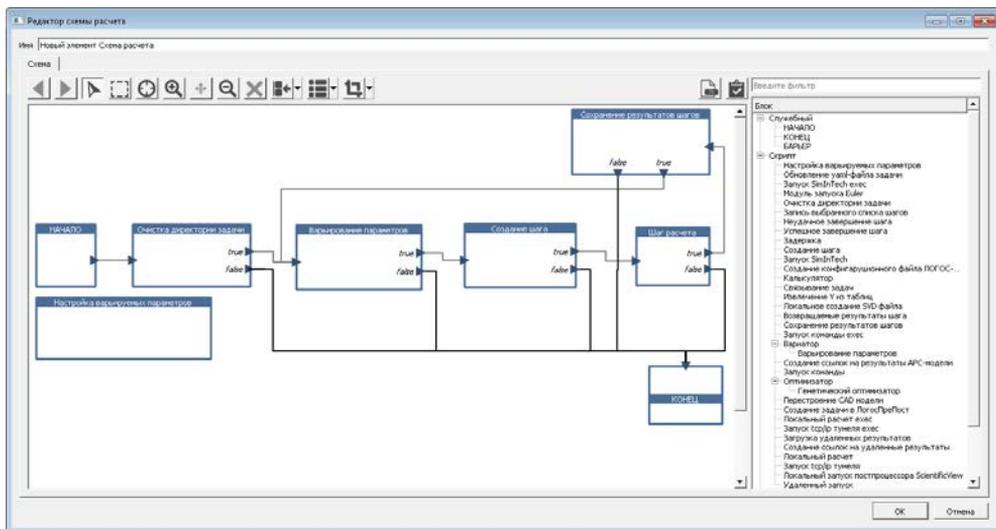


Рис. 10. Настройка схемы параметрических исследований

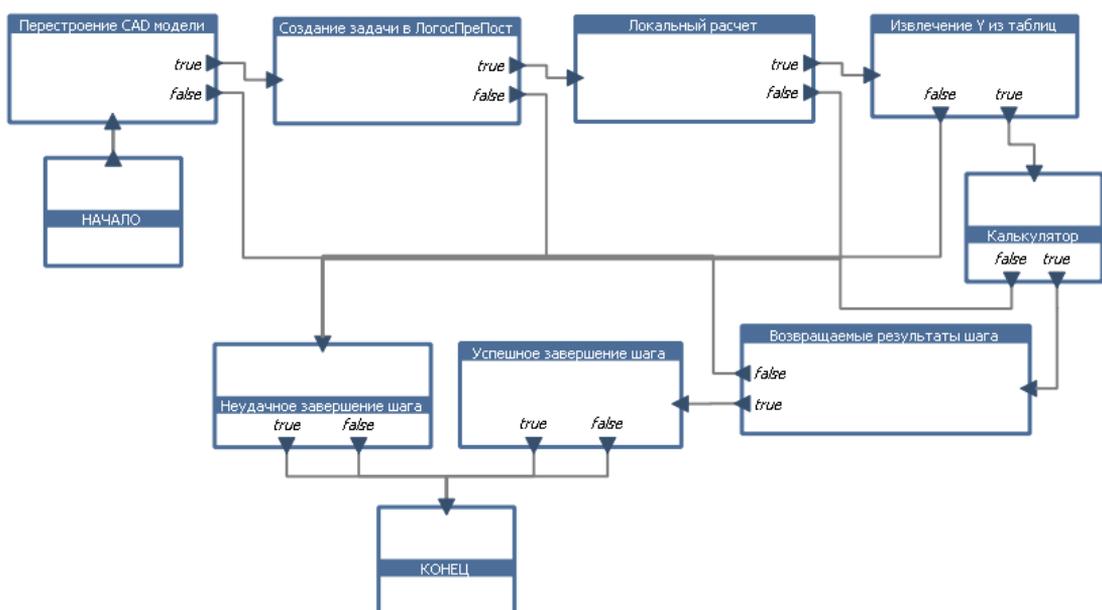


Рис. 11. Настройка единичного шага расчета модельной задачи

Настройка общей схемы параметрических исследований заключается в размещении на схеме требуемых шагов и указания очередности их выполнения. Для выполнения редактирования схемы используется панель команд редактора и контекстное меню блоков и связей.

Внешний вид редактора сценария изображен на рис. 10. В центральной части окна расположена общая схема выполнения сценария, на которой каждый прямоугольник соответствует одному шагу сценария, а стрелки определяют очередность выполнения шагов. В качестве шага сценария выступает подготовленный программный модуль обработчика сценария, выполняемый с помощью языка Python [1], либо другой («вложенный») сценарий.

Переход к редактированию вложенного сценария осуществляется по двойному нажатию левой клавиши мыши на прямоугольнике вложенного сценария. На схеме каждого сценария также должны быть представлены два служебных шага – «Начало» и «Конец», определяющие начальную и конечную точку выполнения сценария, соответственно.

В правой части окна расположен перечень доступных для выполнения в скрипте модулей, из которых формируется сценарий. Для размещения модулей в окне редактора используется механизм drag-and-drop.

Альтернативным способом подготовки сценария является выбор сценария из перечня заранее подготовленных шаблонов.

Для выполнения задачи параметрических исследований должны быть настроены следующие модули:

- модуль задания параметров варьирования;
- модуль варьирования параметров;
- модуль задания извлекаемых величин;
- модуль задания сохраняемых величин расчета.

В модуле задания параметров варьирования отображаются все доступные параметры варьирования для данной задачи. В данном модуле задаются значения перебираемых параметров. Задания параметров варьирования осуществляется в нескольких режимах - с использованием диапазона значений и шага, и в виде списка величин. Пример настроек модуля задания параметров варьирования представлен на рис. 12.

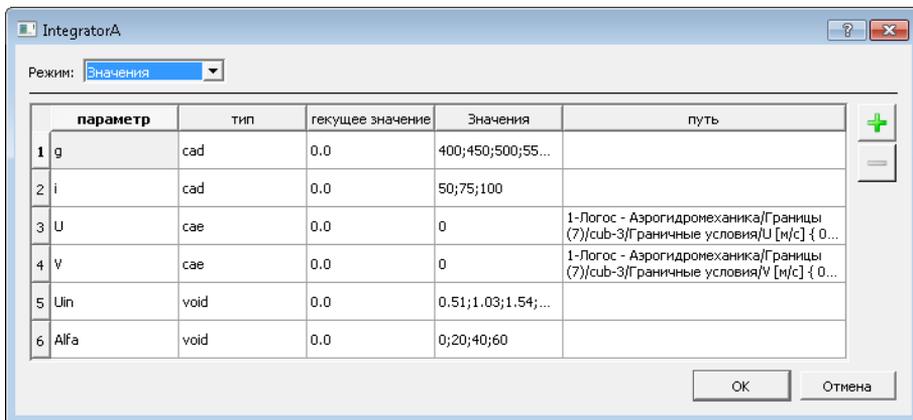


Рис. 12. Внешний вид редактора настройки варьируемых параметров разного типа для режима «Значения»

В модуле варьирования параметров имеется возможность выбрать метод формирования набора параметров при наличии нескольких списков варьируемых параметров. Поддерживается формирование комбинаций «каждый с каждым» и комбинаций из соответствующих элементов входных последовательностей. Например, для двух входных комбинаций (A1, A2) и (B1, B2) в первом случае получаются комбинации (A1, B1), (A1, B2), (A2, B1) и (A2, B2), а во втором (A1, B1) и (A2, B2).

В модуле задания извлекаемых величин создаются новые переменные, значения для которых извлекаются из результирующих файлов табличного типа. Внешний вид редактора модуля задания извлекаемых величин представлен на рис. 13.

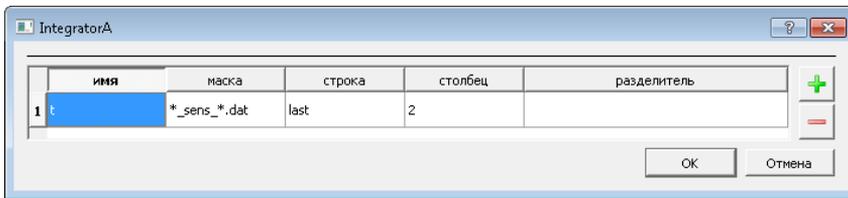


Рис. 13. Внешний вид редактора настройки извлекаемых величин

В модуле задания сохраняемых величин расчета задаются имена переменных, значения которых будут аккумулированы в единый сводный файл результатов параметрических исследований. На данном шаге используются переменные заданные на предыдущих шагах. Внешний вид редактора модуля задания сохраняемых величин представлен на рис. 14.

Также имеется возможность задания дополнительных настроек в модулях:

- задание времени перестройки расчетной модели;
- декомпозиция задачи;
- задание формул пересчета параметров;
- время счета задачи и т. п.

### Подготовка задачи оптимизации

Задача оптимизации в рамках ЛОГОС-МИП представляет собой цикл расчетов с перебором входных параметров и последующим формированием расчетной модели на основе полученных данных с целью приведения значений целевых параметров к определенным границам.

Подготовка задачи оптимизации аналогична подготовке задачи параметрических исследований. Настройка общей схемы задачи оптимизации отличается от общей схемы параметрических исследований тем, что вместо модуля варьирования параметров используется модуль оптимизатора. Общая схема задачи оптимизации представлена на рис. 15. Настройка единичного расчета модельной задачи совпадает с настройками единичного расчета параметрических исследований и представлена на рис. 11.

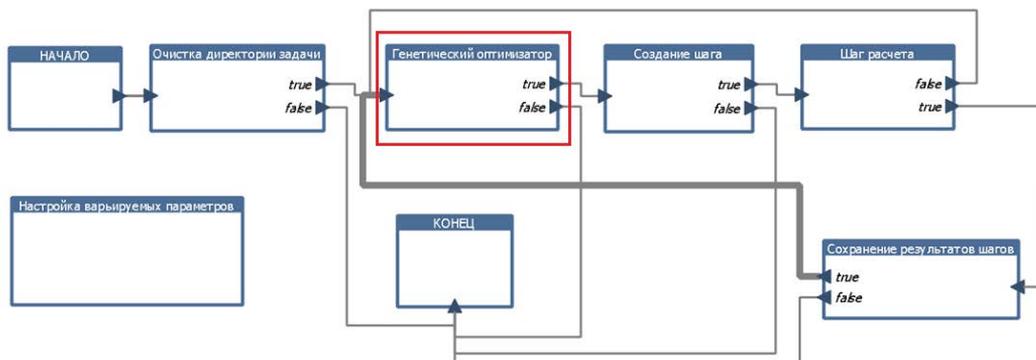


Рис. 15. Настройка схемы задачи оптимизации

Для выполнения задачи оптимизации должны быть настроены следующие модули:

- модуль задания параметров оптимизатора;
- модуль задания параметров варьирования;
- модуль задания извлекаемых величин;
- модуль задания формул пересчета;

- модуль задания сохраняемых величин шага расчета;
- модуль задания сохраняемых величин.

В модуле задания параметров оптимизатора задаются ограничения оптимизатора – количество функций, сводящихся к минимуму ( $nf$ ), количество ограничивающих неравенств ( $nh$ ), максимальное количество вариантов перебора ( $budget$ ) и максимальное количество попыток генерирования наборов изменяемых параметров в случае получения неудовлетворительных результатов ( $limit$ ). Внешний вид редактора модуля задания параметров оптимизатора представлен на рис. 16.

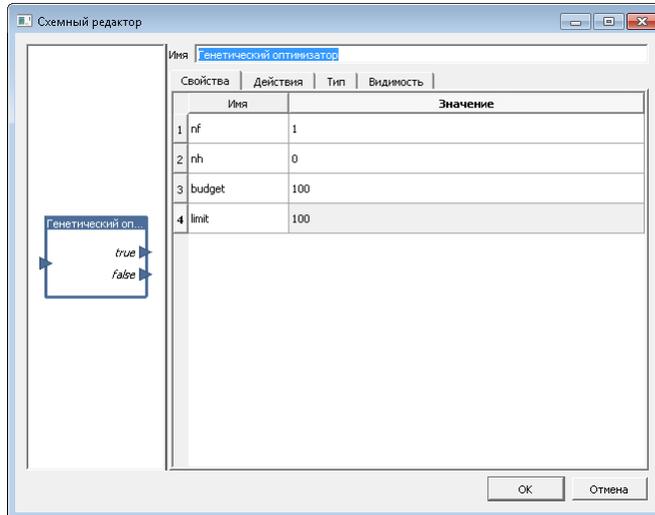


Рис. 16. Внешний вид задания параметров оптимизатора

В модуле задания формул пересчета задаются формулы зависимостей от параметров, изменяемых в процессе расчета. Внешний вид редактора модуля задания формул пересчета представлен на рис. 17.

В модуле сохраняемых величин шага расчета помимо переменных, значения которых будут аккумулированы в единый сводный файл результатов задачи оптимизации, задаются переменные, значения которых в дальнейшем будут передаваться в оптимизатор для их обработки. Такие переменные задаются с помощью указания типа «objective». Внешний вид редактора модуля сохраняемых величин расчета представлен на рис. 18.

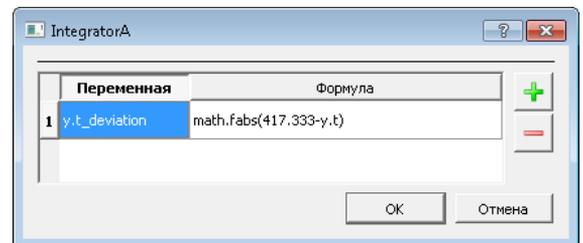


Рис. 17. Внешний вид задания формул пересчета

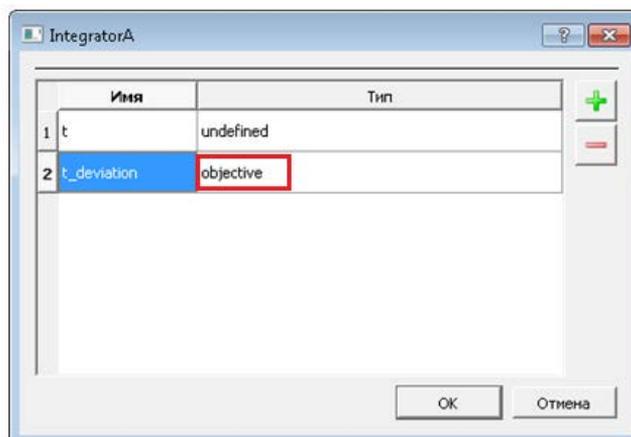


Рис. 18. Внешний вид сохранения величин шага расчета

Модули задания параметров варьирования, извлекаемых величин и задания сохраняемых величин настраиваются таким же образом, как и при параметрических исследованиях.

### Заключение

В докладе были рассмотрены основные принципы конфигурирования задач в Интеграторе ЛОГОС-МИП. Подробно были рассмотрены принципы подготовки задач связанного мультидисциплинарного расчета, задач параметрических исследований и оптимизационных задач. В рамках конфигурирования задач графический интерфейс позволяет:

- применять для проведения расчетов сторонние продукты численного моделирования;
- использовать внешние САПР и программы визуализации;
- выполнять решение задач на различных платформах;
- подключать дополнительные расчетные модули для расчета задачи;
- выполнять решение мультидисциплинарной задачи;
- выполнять решение задач параметрических и оптимизационных исследований.

### Литература

1. Язык программирования Python [Электронный ресурс]: Python Software Foundation. – Virginia, USA, [2001-2017] – Режим доступа: <https://docs.python.org/3/index.html>.

## USE OF INTEGRATOR OF THE LOGOS MODULAR INTEGRATION PLATFORM TO CONFIGURE TASKS OF VARIOUS TYPES

*E. A. Gubaydulina, A. A. Tyundina, O. Yu. Surina*

Russian Federal Nuclear Center –  
All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics, Sarov

The modular integration platform LOGOS-MIP includes the graphics user interface (Integrator) that makes it possible to configure and further fulfil tasks and this process consists, in general, of the following main stages:

- configuring one, or several single tasks;
- setting the connection of additional computational modules to fulfil these tasks;
- setting the coupled interaction of tasks to arrange the multiphysics computations;
- preparing computational schemes with setting the order of execution stages, configuring the scheme parameters;
- executing the computational scheme;
- obtaining and analyzing results.

The paper presents the generalized algorithms of configuring tasks of the following types:

- a coupled multiphysics task;
- a parametric study task;
- an optimization task.

*Key words:* Integrator, LOGOS-MIP, configuring a task, multiphysics task, parametric study, optimization task.