

Лоцман:PLM и IOSO - инструментарий управления расчетами - SPDM. Создание суррогатных моделей

Юрий Бабий

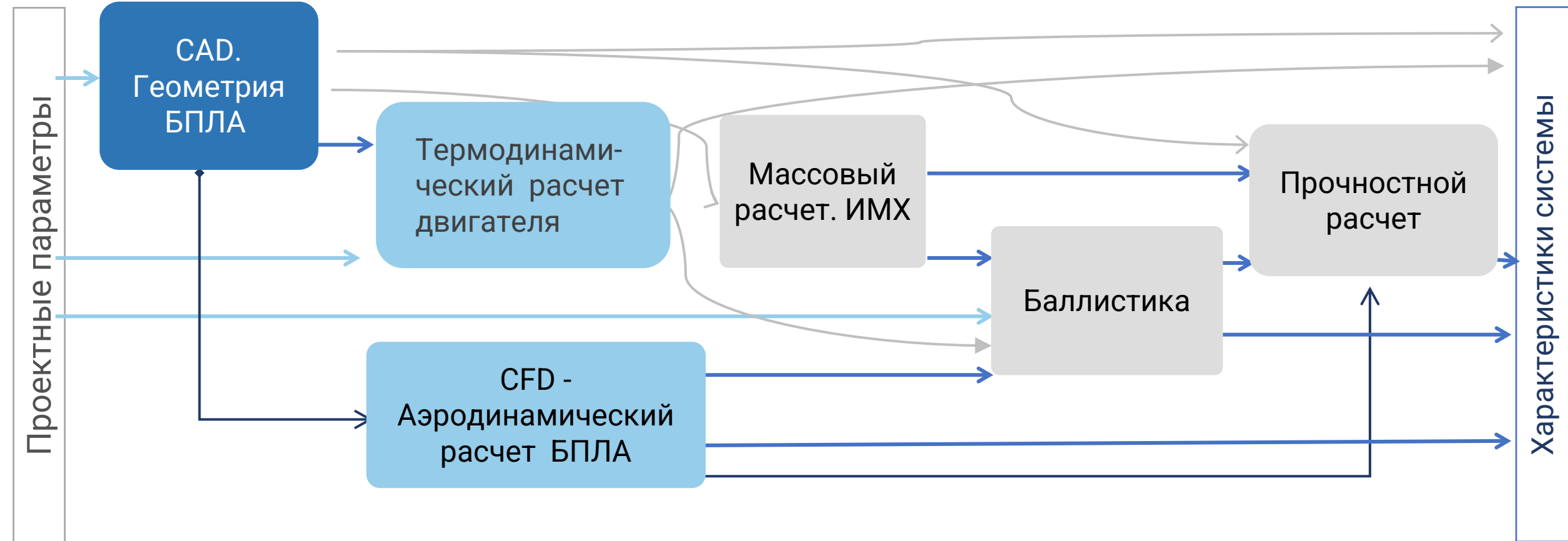
РАЗВИТИЕ

Увеличение объемов и сложности инженерных расчетов, повышение требований к ним ведет к необходимости применения автоматизированных информационных систем управления процессами расчетов и расчетными данными (систем **SPDM**-класса — Simulation Processes and Data Management

Решаемые задачи:

- удобный доступ в единой среде к расчетным данным и инструментам (пре/постпроцессорам, решателям);
- управление расчетными данными, учетом версий и взаимосвязей между ними;
- удобство работы с программными и вычислительными ресурсами, в том числе с многопроцессорными кластерами;
- автоматизированное сохранение результатов расчета;
- возможность увеличения функциональности за счет простой интеграции в состав системы дополнительных расчетных кодов, в том числе корпоративных, без элементов программирования и участия разработчиков системы.

БПЛА. Многодисциплинарное моделирование



IOSO. Схема многодисциплинарного моделирования БПЛА

IOSO 4.0 - Оптимизация параметров БПЛА [задача: L-max, Масса-min при заданной Mпн]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Проект: Расчетный блок

- Геометрия
 - Input data_1
 - Диаметр, м (→...)
 - L топл. отсека, м
 - L отсека с пн, м
 - Плотность топлива, кг/м3
 - Плотность пн
 - L отсека с оборудов. м
 - Integration module
 - Output data_1
 - Длина ЛА
 - Сх фюз. (→...)
 - Смиделя фюз., м2 (→...)
 - M топлива, кг (→...)
 - M пн, кг (→...)
 - Калибр
- Масса
 - Input data
 - M пн, кг (←Геометрия)
 - M топлива, кг (←Геометрия)
 - Диаметр, м (←Геометрия)
 - V горения, м/с
 - Integration module
 - Output data
 - Масса ЛА начальная (→...)
 - M топлива (→...)
 - M двигателя (→...)
 - M планера (→...)
 - M пн, кг (→...)
 - Тяга, кг (→...)
 - t двигателя, сек (→...)
- Аэродинамика
 - Input data_N_0
 - Cx0
 - Vmin, м/с (→...)
 - Су при Vmin
 - Масса ЛА начальная (← Масса)
 - M топлива (← Масса)

Схема Настройки Входные параметры Выходные параметры Параллельные процессы Все параметры Файлы

Связи Алгоритм

Предыдущие ID

Имя	ID
Масса	
Масса ЛА начал...	RS5
M топлива	RS6

Аэродинамика

ID	Входные параметры	Значение
IV15	Cx0	0.27
IV16	Vmin, м/с (→...)	80
IV17	Су при Vmin	1.6
IV18	Масса ЛА начальная (← ...)	653
IV31	M топлива (← Масса)	232.1
ID	Выходные парамет...	Значение
RS7	S крыла (→...)	1.087
RS22	Cx (→...)	0.27

ID Следующие

ID	Следующие
	Баллистика
IV24	Cx (←Аэродинамика)
IV25	Vmin, м/с (←Аэродинами...
IV27	S крыла (←Аэродинам...

Мастер: CAD + FV

Шаблоны: - личные

- Model1 (Praxis)
- FlowVision

Элементы схемы:

- Файловая
- Bash

Обозначения:

Итераций: 249/15000 Обращений: 264 Парето: 10/10 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен данными

IOSO. Вариантные расчеты характеристик БПЛА

Компл_модель ЛА 7 моделей 2 цели паралель new ballistic -38 -для Радуги.орп - IOSO NM 3.14 - Комплексная модель БПЛА[задача: Мин Масса - Мах Дальность]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Профиль: ПН

Настройки

Оси

Ось Y: Лин. Лог.

M start

Ось X: Лин. Лог.

L max, км_2

Точки

Все точки

Только фильтрованные

Метка

Метка

Y: X:

График

Автоперерисовка

История поиска

Баллистика N1

Перегрузка

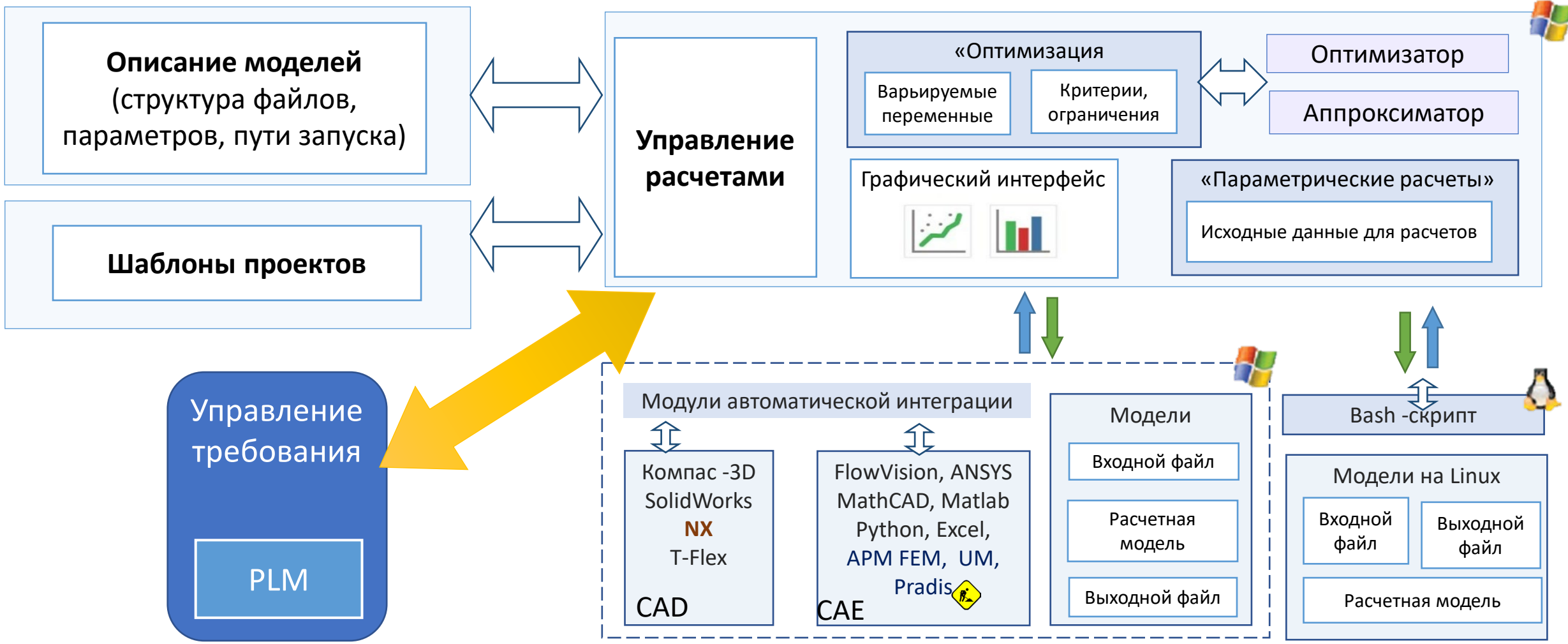
Множество Парето Улучшение критерия История поиска Инфо

№ обр.	Диаметр, м	L отсека ПН, м	L топл.1 ст, м	L топл.2 ст, м	Толщина стенки дв., м	M start	Масса пн (БЧ)	Коэф. запаса ТЗП	L max, км_2	D end
360	0.3794	0.7811	2.7405	1.5000	0.0100	990.173	68.8333	2.020378	399.415	8.08892
361	0.3000	0.7791	2.0000	1.5298	0.0195	563.695	38.7704	5.431688	351.728	8.75408
362	0.5146	0.4108	2.9598	1.5000	0.0126	1754.404	73.3525	1.662506	416.480	7.68856
363	0.3611	0.7837	2.5400	1.5404	0.0140	874.573	61.3873	3.054900	389.181	9.14509
364	0.5536	0.4000	3.0000	1.5000	0.0100	2034.494	84.2004	1.171037	420.781	8.44990
365	0.3238	0.8000	2.0000	1.5000	0.0177	639.642	48.1048	4.251050	366.150	9.31765

Итерация: 702

Отслеживать Выделять последнее обращение

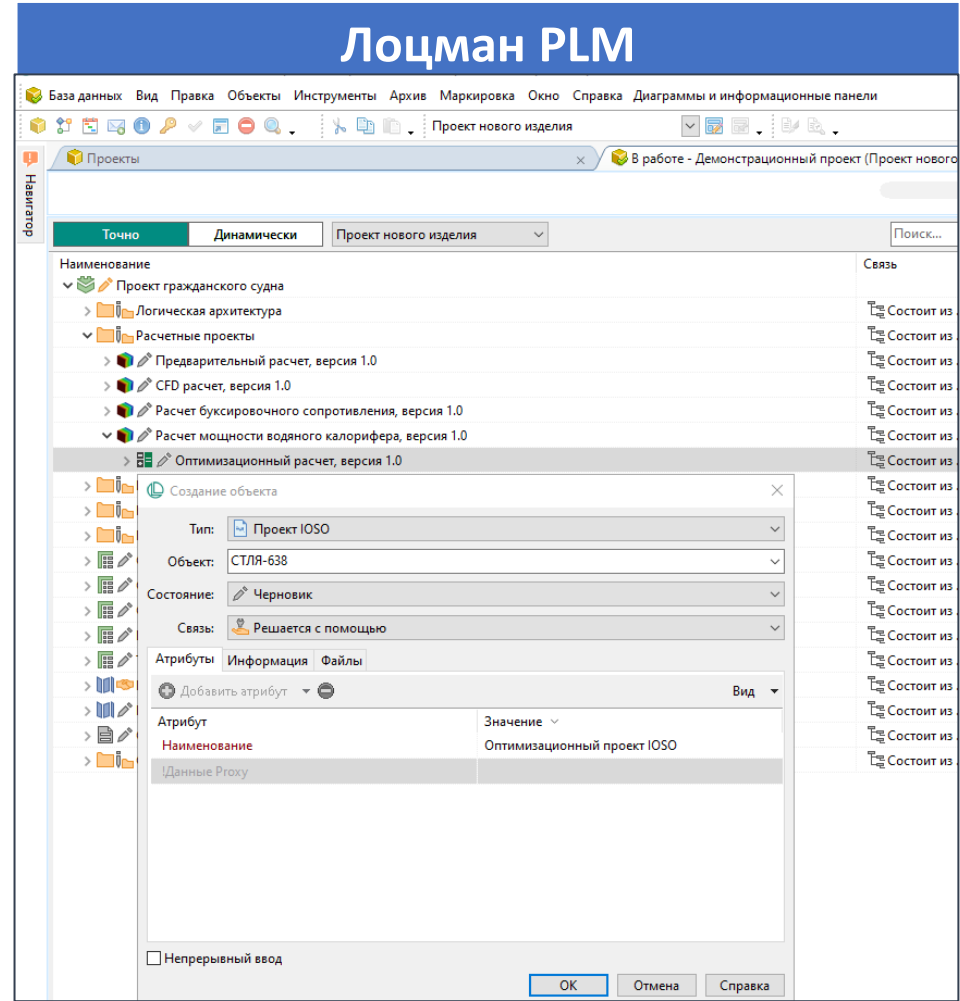
Итераций: 740/100000 Обращений: 766 Парето: 20/20 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен данными



Реализована интеграция с расчетными моделями имеющими текстовые файлы ввода/вывода данных произвольного текстового формата, в том числе XML-файлы

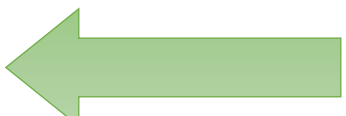
Реализована возможность передачи параметров и файлов между моделями

Обеспечивается кроссплатформенных вычислений



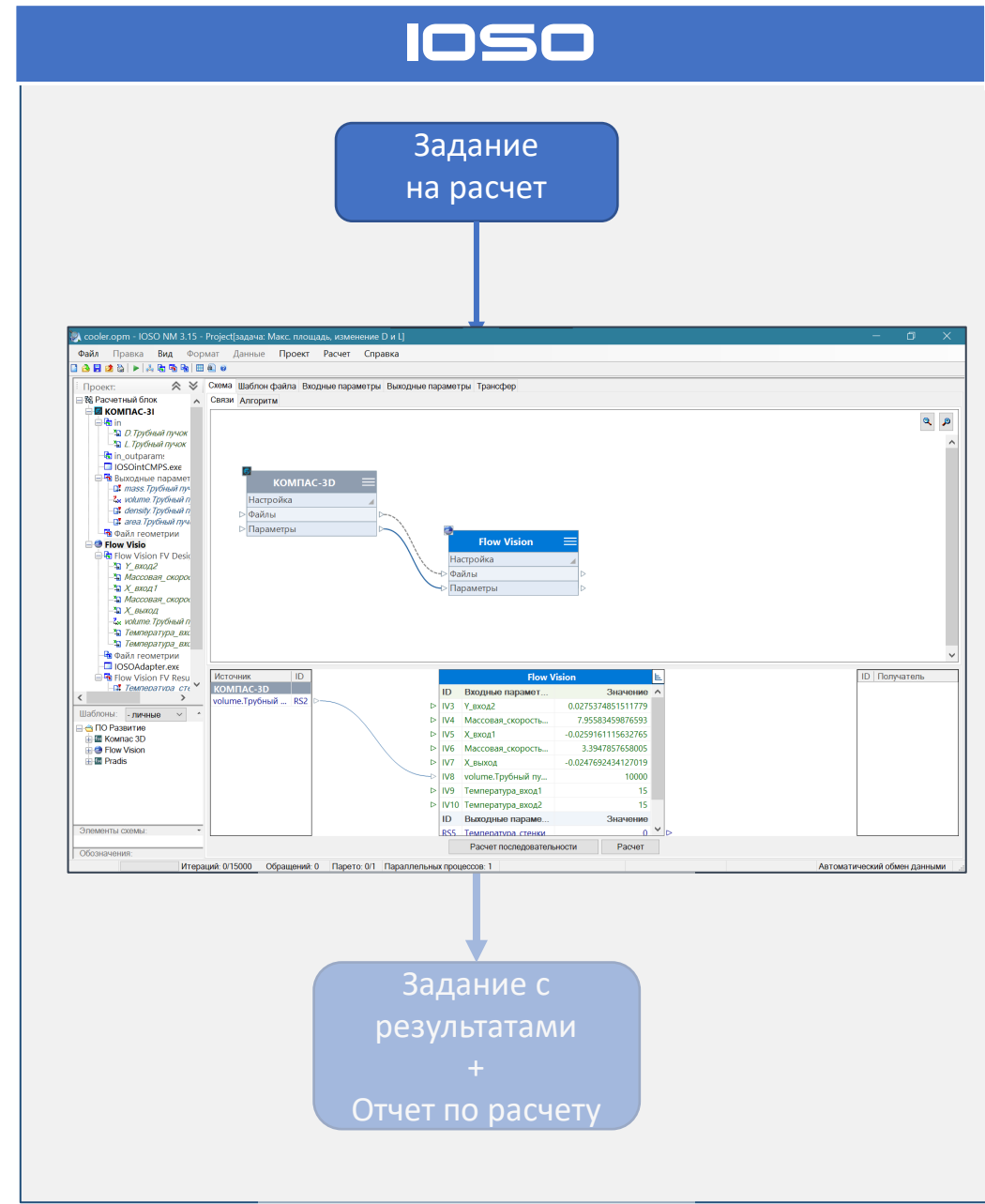
Файл *.ormx
Файл геометрии

Задание
на расчет



Файл *.ormx

Задание с
результатами
+
Отчет по расчету



Задание
на расчет

Задание с
результатами
+
Отчет по расчету

IOSO – платформа выполнения расчетов, оптимизации, аппроксимации

ПЛМ



cooler.optm - IOSO NM 3.15 - Project[задача: Макс. площадь, изменение D и L]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Параметрия Оптимизация

Проект: Расчетный блок

- КОМПАС-3D
 - in
 - D. Трубный пучок
 - L. Трубный пучок
 - in_outparam:
 - IOSOintCMPS.exe
 - Выходные парамет...
 - mass. Трубный пучок
 - volume. Трубный пучок
 - density. Трубный пучок
 - area. Трубный пучок
 - Файл геометрии
- Flow Vision
 - Flow Vision FV Desig...
 - Y_вход2
 - Массовая скорос...
 - X_вход1
 - Массовая скорос...
 - X_выход
 - volume. Трубный п...
 - Температура_вхс...
 - Температура_вхс...
 - Файл геометрии
 - IOSOAdapter.exe
 - Flow vision FV Desu...
 - Температура ст...

Схема Шаблон файла Входные параметры Выходные параметры Трансфер

Связи Алгоритм

КОМПАС-3D

- Настройка
- Файлы
- Параметры

Flow Vision

- Настройка
- Файлы
- Параметры

Изображение рабочей области

Источник ID

Источник	ID
КОМПАС-3D	
volume.Трубны...	RS2

Flow Vision

ID	Входные парамет...	Значение
IV3	Y_вход2	0.0275374851511779
IV4	Массовая_скорос...	7.95583459876593
IV5	X_вход1	-0.0259161115632765
IV6	Массовая_скорос...	3.3947857658005
IV7	X_выход	-0.0247692434127019
IV8	volume.Трубный пу...	10000
IV9	Температура_вход1	15
IV10	Температура_вход2	15
ID	Выходные параме...	Значение
RS5	Температура_стенки	0

Элементы схемы:

Обозначения:

Расчет последовательности Расчет

Проект
Пре-/постпроцессор
Расчет
Показать расположение
Удалить

Итераций: 0/15000 Обращений: 0 Парето: 0/1 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен данными

mix_task3.opm - IOSO 4.0 - Mix[задача: Task]

Выборочный расчет Параметрия Оптимизация (IOSO)

Информация о процессе

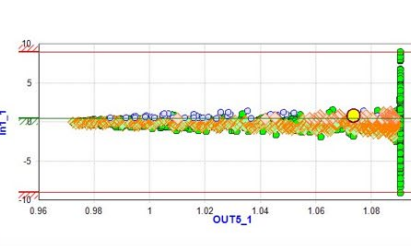
Показатель	Текущее	Лимит	Статус
Кол-во итераций	2524	10000	
Время счета	00:00:07	1:00:10:00	

Управление расчетным блоком

Алгоритм оптимизации: традиционный (IOSO NM) параллельный (IOSO PM)

Параллельные процессы:

История поиска



Модели/Соединения	Статус	Залусков	Среднее время	Суммарное время
Model1 (Praxis)	Ожидает	0	00:00:00	00:00:00
localhost34...		0		
Model2 (Fonse...	Ожидает	0	00:00:00	00:00:00
localhost34...		0		
Model3 (Kursa...	Ожидает	0	00:00:00	00:00:00
localhost34...		0		
Model4 (Binh_1)	Ожидает	0	00:00:00	00:00:00
localhost34...		0		
Model5 (Lis)	Ожидает	0	00:00:00	00:00:00
localhost34...		0		

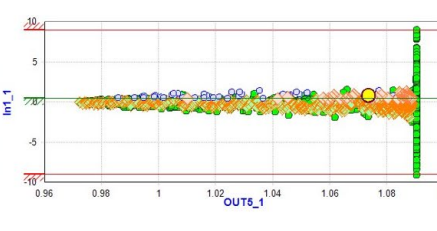
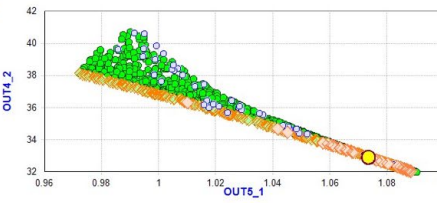
localhost IP: localhost.3425 OS: Windows 10
Cores: 4 RAM: 20GB 41%

mix_task3.opm - IOSO 4.0 - Mix[задача: Task]

Расчет проекта Параметрия Оптимизация (IOSO)

Управление расчетом

История поиска

Модель	Статус	Текущее t	Предыдущее t	Предельное t	Суммарное t
Model1 (Praxis)	Ожидает	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Model2 (Fonseca_...)	Ожидает	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Model3 (Kursawe)	Ожидает	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Model4 (Binh_1)	Ожидает	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Model5 (Lis)	Ожидает	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00

localhost IP: localhost.3425 OS: Windows 10
Cores: 4 RAM: 20GB 41%

Model1 (Praxis) localhost 0:00:00

Model2 (Fonseca...) localhost 0:00:00

Model3 (Kursawe) localhost 0:00:00

Model4 (Binh_1) localhost 0:00:00

Model5 (Lis) localhost 0:00:00

ID	Входные параметры:	Значение	ID	Следующие
R51	OUT2_1 (-)	0.682842914838846	Iv7	OUT2_1 (-) Model2
R52	OUT2_2 (-)	0.578071478709742	Iv8	OUT2_2 (-) Model2

Итераций: 2524/10000 Обновлений: 2566 Параллельных процессоров: 1

Варианты проведения расчетов:

- Помодельно
- Выбранной последовательности
- Параметрические
- Оптимизационные
- Распараллеливание расчетов
- Создание суррогатных моделей



cooler+ модель.орт - IOSO 4.0 - Project[задача: Макс. площадь, изменение D и L]

Файл ПРАВКА Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Выборочный расчет Параметрия → Оптимизация →

Модель	Статус	Текущее с...	Предыдущ...	Предельно...
Компас-3D	Ожидает		00:00:00	
Model1 (Praxis)	Ожидает		00:00:00	

localhost
IP: localhost:3425
OC: Windows 10

Cores: 24 4% RAM: 32ГБ 24%

Управление расчетом

Параметры Диаграммы

ID	Входные параметры	Модель	Значение
IV1	D.Трубный пучок	Компас-3D	16
IV2	L.Трубный пучок	Компас-3D	500
IV3	volume.Трубный пучок (...)	Model1 (Praxis)	0
IV4	volume.Трубный пучок (...)	Model1 (Praxis)	0
IV5	In1_3	Model1 (Praxis)	0
IV6	mass.Трубный пучок (←K...	Model1 (Praxis)	0
IV7	In1_5	Model1 (Praxis)	0
IV8	In1_6	Model1 (Praxis)	0

ID	Выходные парамет...	Модель	Значение
RS1	mass.Трубный пучок (→...)	Компас-3D	63920
RS2	volume.Трубный пучок (...)	Компас-3D	8136
RS3	density.Трубный пучок	Компас-3D	7.856
RS4	area.Трубный пучок	Компас-3D	40995
RS5	OUT1_1	Model1 (Praxis)	0
RS6	OUT1_2	Model1 (Praxis)	0

Расчет: начальные значения

Предыдущие	ID	Model1 (Praxis)	ID	Следующие
Компас-3D				
mass.Трубный пучок	RS1	IV3 volume.Трубный пучок (...)		
volume.Трубный пучок	RS2	IV4 volume.Трубный пучок (...)		
		IV5 In1_3		
		IV6 mass.Трубный пучок (←K...		
		IV7 In1_5		
		IV8 In1_6		
		RS5 OUT1_1		
		RS6 OUT1_2		

До + модель Модель Открыть

Итераций: 0/0 Обращений: 0 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен данными

ПЛМ



cooler+ модель.орт - IOSO 4.0 - Project[задача: Макс. площадь, изменение D и L]

One-dimensional.apr - IOSO. Аппроксимация 1.3

Методы

Многомерные

- РБФ Kdt: 0.502
- РБФ, быстрый сплайн Kdt: -
- РБФ, быстрый бигармонический Kdt: -
- РБФ, быстрый мультикватратичн... Kdt: -
- IDW Kdt: 1

Одномерные

- Пользовательская функция (... f(x) Kdt: -
- Полиномиальная аппроксим... f(x) Kdt: -

Ось Y: Out_1 Ось X: input_1 Тип графика: Зависимость История линий: 2 Автомасштаб: По результатам интерполяции

Модель Анализ Экстремумы Округлять значения Значения

№	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> input_1	<input checked="" type="checkbox"/> Out_1	РБФ: Out_1	IDW: Out_1
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5	4.814305034...	5
2	<input checked="" type="checkbox"/>	2	4	4.697131385...	4
3	<input checked="" type="checkbox"/>	3	6	5.225956650...	6

Данные загружены. Точек: 25 (всего: 25; отключено: 0; фильтр: 0). Параметров: 2; выключено: 0.

ПЛМ



ru-flight-Python_38_2_model.opm - IOSO 4.0 - Полет ЛА[задача: Мин вес - Макс Дальность_Min Стоимость]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Выборочный расчет Параметрия **Оптимизация**

Информация о процессе

	Текущее	Лимит	Статус:
Итерации	91	15000	
Время счета	00:01:48	100:00:00	

Управление расчетным блоком

Прервать

Пометить точку "невыхисляемой"

Тест соединений

Не пересчитывать известные результаты

Алгоритм оптимизации: IOSO NM

Расчет: последовательный параллельный

Параллельные процессы: - 1 +

Настройка...

Модель	Статус	Текущее t	Предыдущ...	Предельно...
Баллистика Л...	Ожидает		00:00:00	
Модель (Pytho...	Ожидает		00:00:00	

localhost
IP: localhost.3425
ОС: Windows 10

Cores: 24 4% RAM: 32ГБ 23%

Старт Стоп

Баллистика ЛА (..)
localhost 0:00:00

Модель (Python ..)
localhost 0:00:00

Расчет: начальные значения

Предыдущие	ID	Модель (Python 2.7 встроенный)	ID	Следующие
Баллистика ЛА (Pyt...		ID Входовые параметры Значен...		
Тяга, кг	IV1	IV9 Тяга, кг (=Баллистика ЛА ...		
Время работы дв., с	IV3	IV10 Масса ЛА начальная, кг (...	2951	
Масса ЛА начальная, кг	RS4	IV12 Время работы дв., с (=Ба...	15	
		IV13 Курс руб к USD.	74.3	
		ID Выходные парамет... Значен...		
		RS6 Стоимость, \$	1642505	
		RS7 Стоимость, руб	1220381...	

Дальность факт, м

Изменение скорости по дальности

Итераций: 91/15000 Обращений: 102 Парето: 20/20 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен данными

IOSO – платформа выполнения расчетов, оптимизации, аппроксимации

ПЛМ



Компл_модель ЛА 7 моделей 2 цели паралель new ballistic -38 -для Радуги.орг - IOSO NM 3.14 - Комплексная модель БПЛА[задача: Мин Масса - Мах Дальность]

Файл Плавка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Профиль: ПН

Настройка проекта

Параметрия

Постановка задачи

Статус

Результаты

Протокол

История поиска

Баллистика N1

Множество Парето Улучшение критерия История поиска Инфо

№ обр.	Диаметр, м	L отсека ПН, м	L топл.1 ст, м	L топл.2 ст, м	Толщина стенки дв., м	M start	Масса пн (БЧ)	Коэф. запаса ТЗП	L max, км_2	D end
360	0.3794	0.7811	2.7405	1.5000	0.0100	990.173	68.8333	2.020378	399.415	8.08892
361	0.3000	0.7791	2.0000	1.5298	0.0195	563.695	38.7704	5.431688	351.728	8.75408
362	0.5146	0.4108	2.9598	1.5000	0.0126	1754.404	73.3525	1.662506	416.480	7.68856
363	0.3611	0.7837	2.5400	1.5404	0.0140	874.573	61.3873	3.054900	389.181	9.14509
364	0.5536	0.4000	3.0000	1.5000	0.0100	2034.494	84.2004	1.171037	420.781	8.44990
365	0.3238	0.8000	2.0000	1.5000	0.0177	639.642	48.1048	4.251050	366.150	9.31765

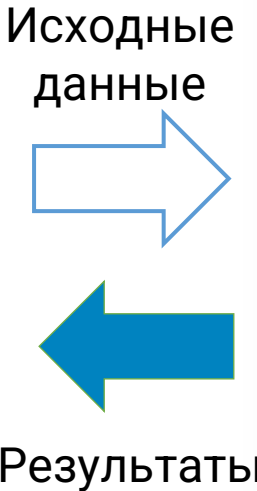
Итерация: 702

Итераций: 740/100000 Обращений: 766 Парето: 20/20 Параллельных процессов: 1

Автоматический обмен данными

SPDM. Расчеты и управление требованиями

Лоцман:PLM
Исходные данные, требования



Отображение значений требований и возможность сравнения с результатами расчетов.

cooler.optmx - IOSO 4.0 - Project[задача: Макс. площадь, изменение D и L]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Профиль: Профиль по умолчанию

История поиска

КОМПАС-3D

Изображены КОМПАС-3D

Файлы модели: Трубный пучок.rpd (КОМПАС-3D)

Трубный пучок.rpd

№ обр.	D.Трубный пучок	L.Трубный пучок	mass.Трубный пучок
2	17.4396	512.686	62399.1
26	13.5286	496.653	63538.1
13	13.4657	502.972	63737.1
6	17.5925	551.981	64376.1
1	17.4298	600.000	66379.1
14	12.9634	454.440	66899.1
4	18.1532	595.913	67131.1
9	12.0000	449.872	67998.1
20	13.7929	592.729	68656.1
15	12.0000	482.062	70032.1

Улучшение критерия История поиска Инфо

Итерация: 35/15000 Обращений: 46 Парето: 1/1 Параллельных процессов: 1

Требования и результаты расчета

Параметр PLM	-Допуск	Мин.	Макс.	+Допуск	Параметр IOSO	Значение	Соответствие
Диаметр		14	18		D.Трубно...	17.5925	Норма
Масса	1000	63900	63900	1500	mass.Тр...	64376.690929928	В допуске

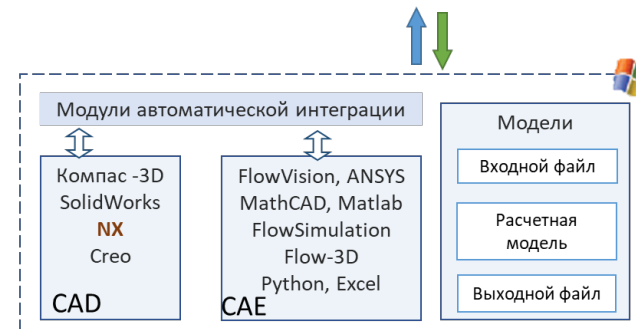
Передать в фильтр | Передать в PLM

Создание шаблонов из описания моделей

**Описание моделей
(структура файлов,
параметров, пути запуска)**



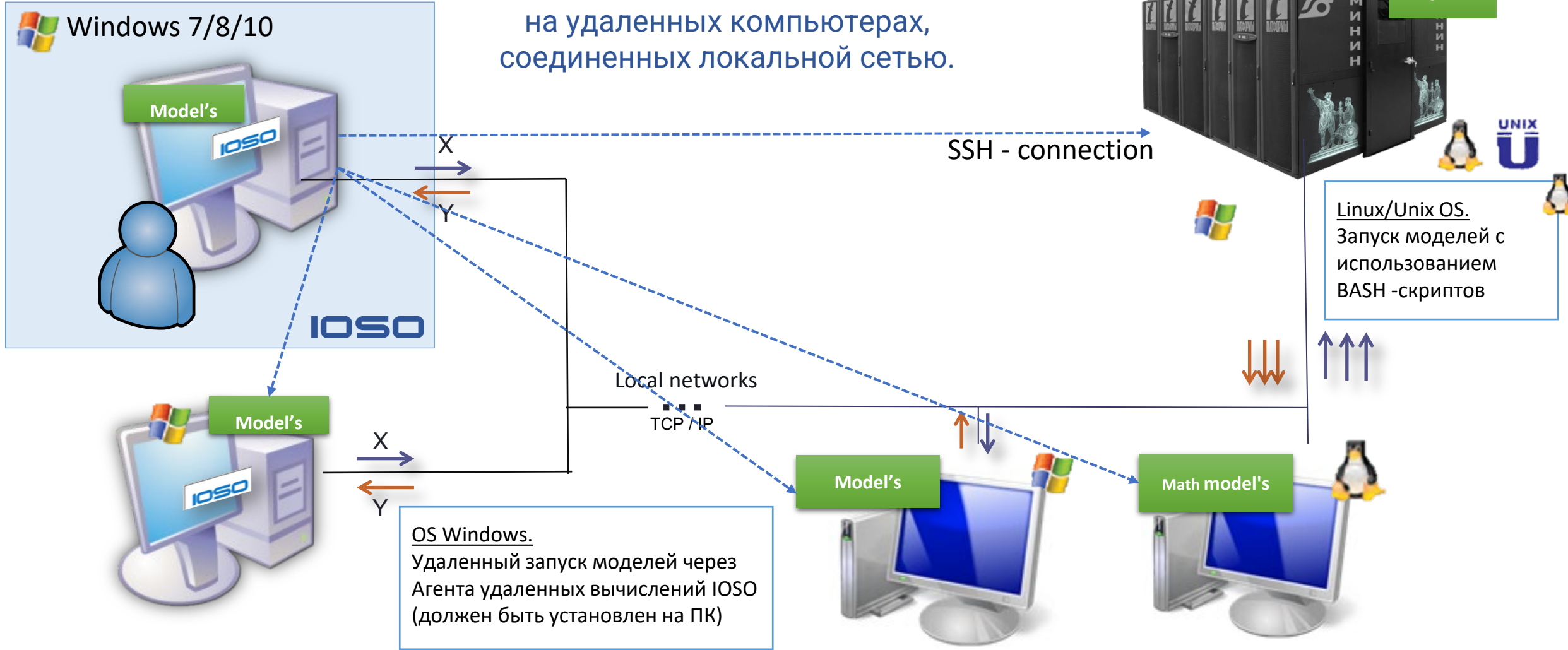
The screenshot shows the IOSO software interface. The left sidebar contains navigation options: 'Настройка проекта' (Project settings), 'Параметрия' (Parametrics), 'Постановка задачи' (Task setup), and 'Статус' (Status). The main workspace displays a project tree for 'Компл_модель ЛА 7 моделей 2 цели паралель new ballistic -38 -для Радуги.ор'. The tree includes sections for 'Модуль интеграции', 'Баллистика 2 цель', 'Баллистика N1', and 'Прочностной расчет'. A context menu is open over the 'in_1 - Тяговооруж' node, listing actions such as 'Сохранить описание модели...' (Save model description...), 'Добавить модель/цикл...' (Add model/cycle...), and 'Удалить' (Delete).



**Сохранение описания моделей для
быстрой загрузки в проект модели
с настроенными входными /
выходными параметрами.**

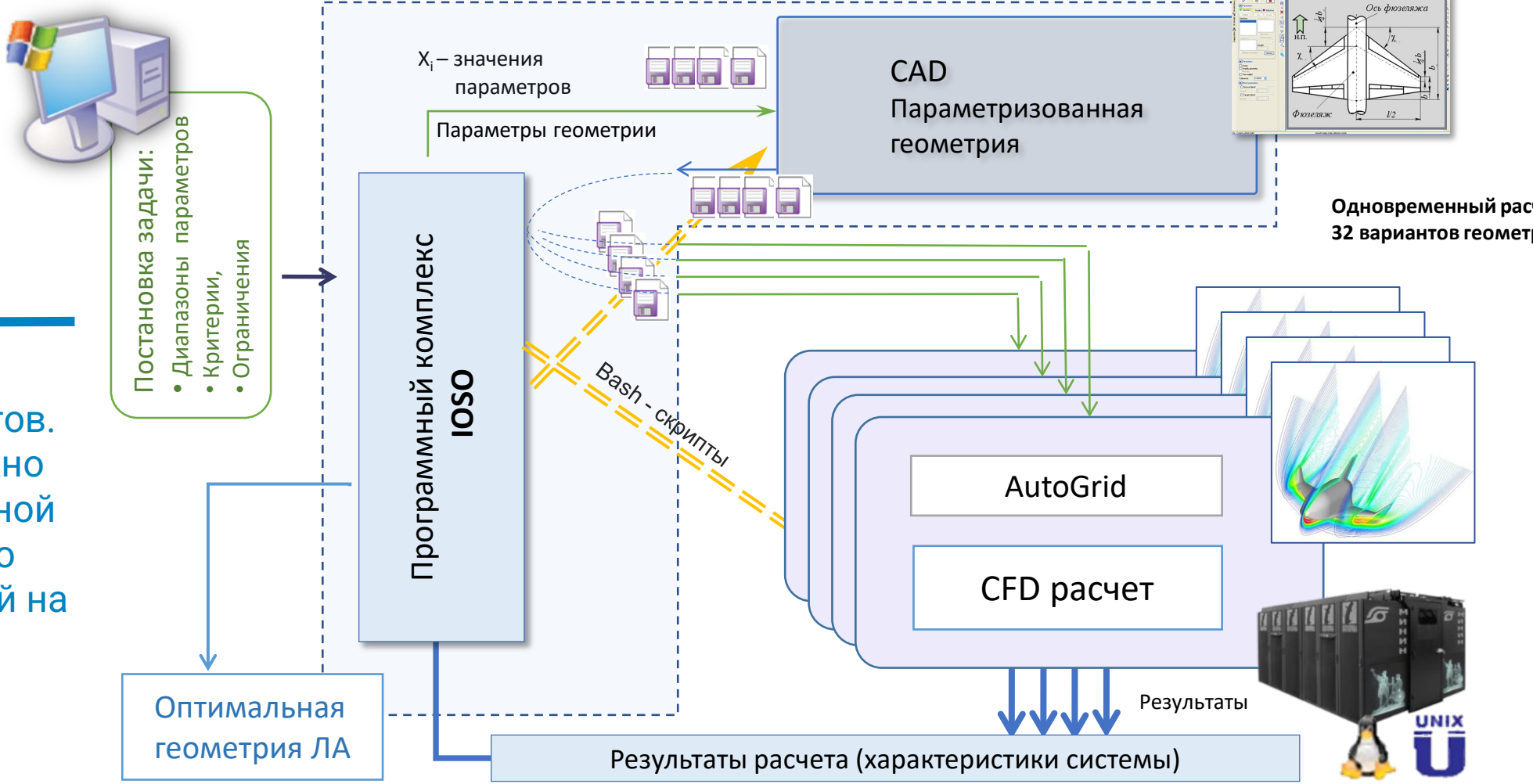
Возможность проведения удаленных расчетов

В расчетный проект могут быть включены модели, находящиеся на удаленных компьютерах, соединенных локальной сетью.



Параллельные расчеты

Возможность распараллеливать расчетов. Распараллеливание можно осуществить для выбранной модели. Целесообразно использовать для моделей на суперкомпьютерах.

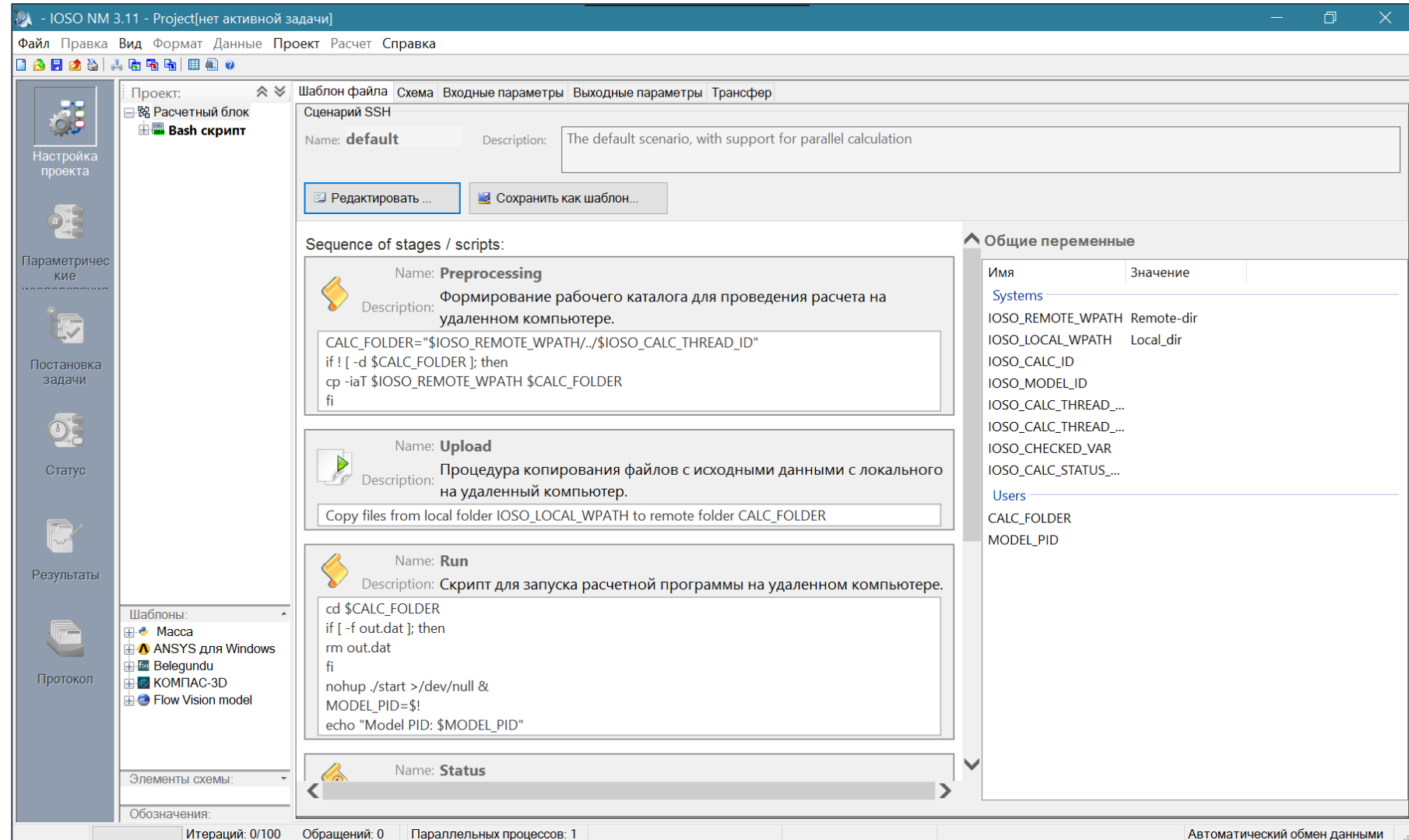


Распараллеливание на 4 потока (максимально – 32), CAD последовательно формирует 4 файла с различной геометрией, параллельный запуск 4 CFD решателя

Формирование параллельных потоков осуществляется автоматически. Позволяют сократить общее время выполнения расчетов порой кратно количеству потоков

BASH скрипты для удаленного запуска расчетов на Linux-компьютерах

Использование *bash*-скриптов для управления расчетами на суперкомпьютерах. В IOSO встроен редактор для скриптов.



The screenshot shows the IOSO NM 3.11 interface with a project named "Project [no active task]". The main window displays the "SSH Scenario" editor for a scenario named "default".

Scenario Details:
 Name: default
 Description: The default scenario, with support for parallel calculation

Sequence of stages / scripts:

- Preprocessing:**
 - Description: Формирование рабочего каталога для проведения расчета на удаленном компьютере.
 - Script:


```

CALC_FOLDER="$IOSO_REMOTE_WPATH/./$IOSO_CALC_THREAD_ID"
if ! [ -d $CALC_FOLDER ]; then
cp -iaT $IOSO_REMOTE_WPATH $CALC_FOLDER
fi

```
- Upload:**
 - Description: Процедура копирования файлов с исходными данными с локального на удаленный компьютер.
 - Script:


```

Copy files from local folder IOSO_LOCAL_WPATH to remote folder CALC_FOLDER

```
- Run:**
 - Description: Скрипт для запуска расчетной программы на удаленном компьютере.
 - Script:


```

cd $CALC_FOLDER
if [ -f out.dat ]; then
rm out.dat
fi
nohup ./start >/dev/null &
MODEL_PID=$!
echo "Model PID: $MODEL_PID"

```
- Status:** (Script content is partially obscured)

Общие переменные (Global Variables):

Имя	Значение
Systems	
IOSO_REMOTE_WPATH	Remote-dir
IOSO_LOCAL_WPATH	Local_dir
IOSO_CALC_ID	
IOSO_MODEL_ID	
IOSO_CALC_THREAD_...	
IOSO_CALC_THREAD_...	
IOSO_CHECKED_VAR	
IOSO_CALC_STATUS_...	
Users	
CALC_FOLDER	
MODEL_PID	

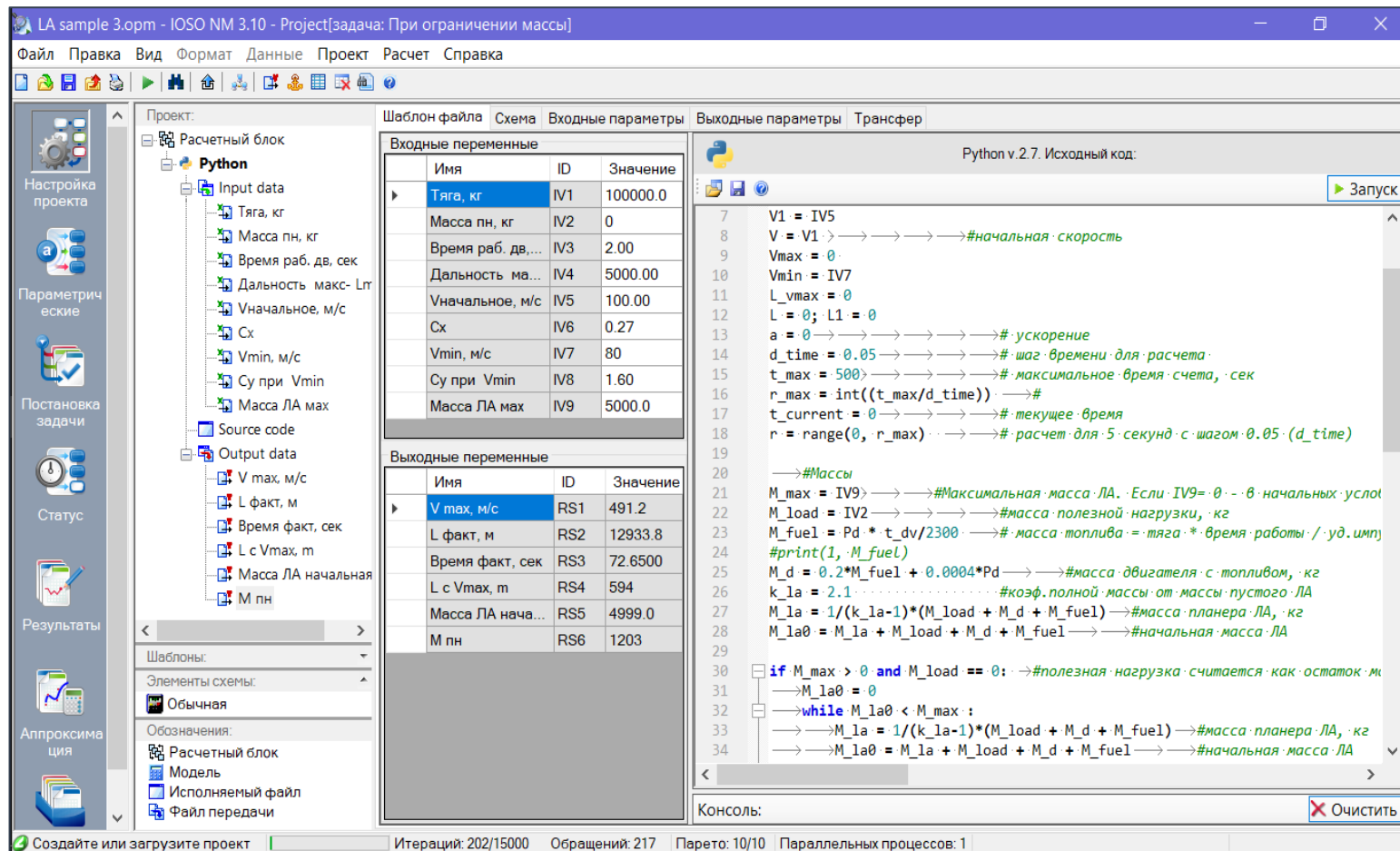
Bottom Status Bar: Итераций: 0/100 | Обращений: 0 | Параллельных процессов: 1 | Автоматический обмен данными

Для создания матмоделей, пре-постобработки расчетных данных

Предусмотрена возможность интеграции в проект моделей на Python

Транслятор и редактор Python 2.7 встроен в программу IOSO, без возможности использования сторонних библиотек

Реализована интеграция с Python 3.8, как внешним приложением с использованием сторонних библиотек



LA sample 3.opm - IOSO NM 3.10 - Project[задача: При ограничении массы]

Файл Правка Вид Формат Данные Проект Расчет Справка

Проект: Расчетный блок

Python

- Input data
 - Тяга, кг
 - Масса пн, кг
 - Время раб. дв, сек
 - Дальность макс- Lг
 - Vначальное, м/с
 - Sx
 - Vmin, м/с
 - Sy при Vmin
 - Масса ЛА max
- Source code
- Output data
 - V max, м/с
 - L факт, м
 - Время факт, сек
 - L с Vmax, м
 - Масса ЛА начальная
 - M пн

Шаблоны: Обычная

Обозначения: Расчетный блок, Модель, Исполняемый файл, Файл передачи

Входные переменные

Имя	ID	Значение
Тяга, кг	IV1	100000.0
Масса пн, кг	IV2	0
Время раб. дв,...	IV3	2.00
Дальность ма...	IV4	5000.00
Vначальное, м/с	IV5	100.00
Sx	IV6	0.27
Vmin, м/с	IV7	80
Sy при Vmin	IV8	1.60
Масса ЛА max	IV9	5000.0

Выходные переменные

Имя	ID	Значение
V max, м/с	RS1	491.2
L факт, м	RS2	12933.8
Время факт, сек	RS3	72.6500
L с Vmax, м	RS4	594
Масса ЛА нача...	RS5	4999.0
M пн	RS6	1203

Python v.2.7. Исходный код:

```

7 V1 = IV5
8 V = V1 -> -> -> -> -> #начальная скорость
9 Vmax = 0
10 Vmin = IV7
11 L_vmax = 0
12 L = 0; L1 = 0
13 a = 0 -> -> -> -> -> # ускорение
14 d_time = 0.05 -> -> -> -> -> # шаг времени для расчета
15 t_max = 500 -> -> -> -> -> # максимальное время счета, сек
16 r_max = int((t_max/d_time)) -> -> #
17 t_current = 0 -> -> -> -> -> # текущее время
18 r = range(0, r_max) -> -> -> -> -> # расчет для 5 секунд с шагом 0.05 (d_time)
19
20 -> -> -> -> -> #Массы
21 M_max = IV9 -> -> -> -> -> #Максимальная масса ЛА. Если IV9= 0 - в начальных усло
22 M_load = IV2 -> -> -> -> -> #масса полезной нагрузки, кг
23 M_fuel = Pd * t_dv/2300 -> -> -> -> -> # масса топлива = тяга * время работы / уд.имп
24 #print(1, M_fuel)
25 M_d = 0.2*M_fuel + 0.0004*Pd -> -> -> -> -> #масса двигателя с топливом, кг
26 k_la = 2.1 -> -> -> -> -> #коэф. полной массы от массы пустого ЛА
27 M_la = 1/(k_la-1)*(M_load + M_d + M_fuel) -> -> -> -> -> #масса планера ЛА, кг
28 M_la0 = M_la + M_load + M_d + M_fuel -> -> -> -> -> #начальная масса ЛА
29
30 if M_max > 0 and M_load == 0: -> -> -> -> -> #полезная нагрузка считается как остаток м
31 -> -> -> -> -> M_la0 = 0
32 while M_la0 < M_max :
33 -> -> -> -> -> M_la = 1/(k_la-1)*(M_load + M_d + M_fuel) -> -> -> -> -> #масса планера ЛА, кг
34 -> -> -> -> -> M_la0 = M_la + M_load + M_d + M_fuel -> -> -> -> -> #начальная масса ЛА
  
```

Консоль: Очистить

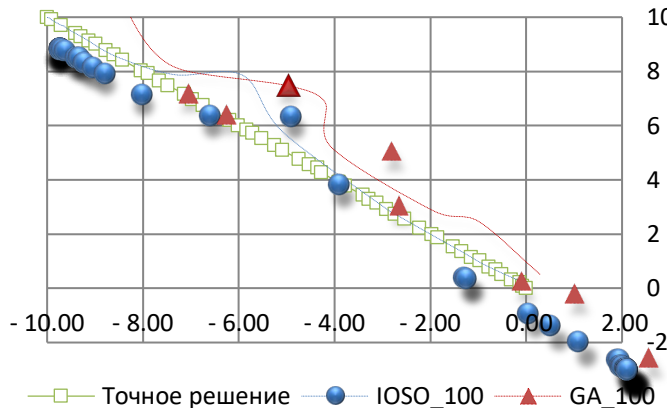
Создайте или загрузите проект | Итераций: 202/15000 | Обращений: 217 | Парето: 10/10 | Параллельных процессов: 1

- высокая эффективность решения многокритериальных (до 20 критериев) **многопараметрических** (до 100 переменных, 100 ограничений) задач оптимизации;
- **простота использования** адаптивных процедур IOSO оптимизации и **отсутствие необходимости их настройки** - не требует от пользователей знаний в данной предметной области;
- **низкие временные затраты** на поиск решения (не высокое количество обращений);
- **устойчивость** к сложной топологии целевой функции (невыхисляемости, недифференцируемости);

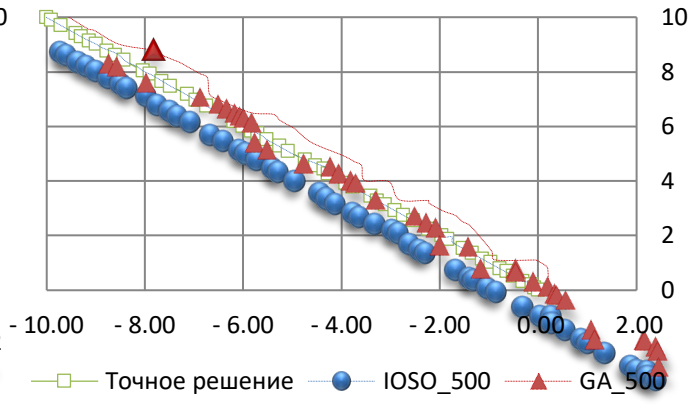


Сравнение IOSO алгоритмов оптимизации с GA на известных тестовых функциях

Belegundu с ограничениями 100 i

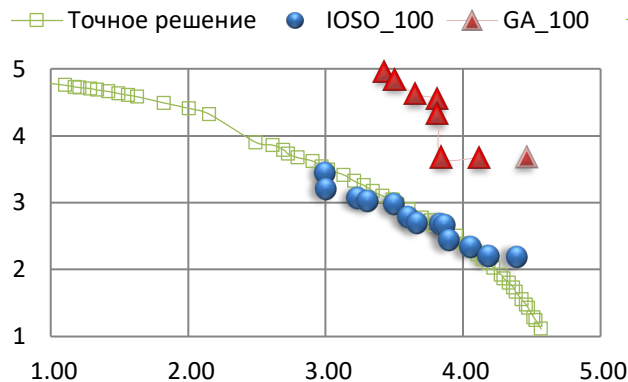


Belegundu с ограничениями 500 i

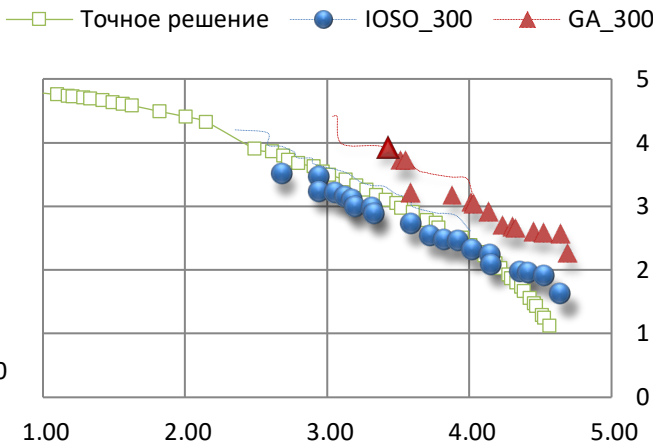


Источник:
Belegundu, A.D., Murthy, D.V., Salagame, R.R., and Constants, E.W. (1994).
 Multiobjective Optimization of Laminated Ceramic Composites Using Genetic Algorithms. In Fifth AIAA/USAF/NASA Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization, Panama City, Florida. AIAA. Paper 84-4363-CP.
Описание задачи

Quagliarella 100 i



Quagliarella 300 i



Источник
Quagliarella, D. and Vicini, A. (1998).
 Sub-population Policies for a Parallel Multiobjective Genetic Algorithm with Applications to Wing Design. In 1998 IEEE International Conference On Systems, Man, And Cybernetics, pages 3142-3147, San Diego, California.

Описание задачи
 Найти такой $\vec{x}_{opt} = (x_1, \dots, x_m)$, чтобы

$$f_1(\vec{x}_{opt}) = \min [f_1(\vec{x}) = \sqrt{\frac{A_1}{m}}]$$

$$f_2(\vec{x}_{opt}) = \min [f_2(\vec{x}) = \sqrt{\frac{A_2}{m}}]$$

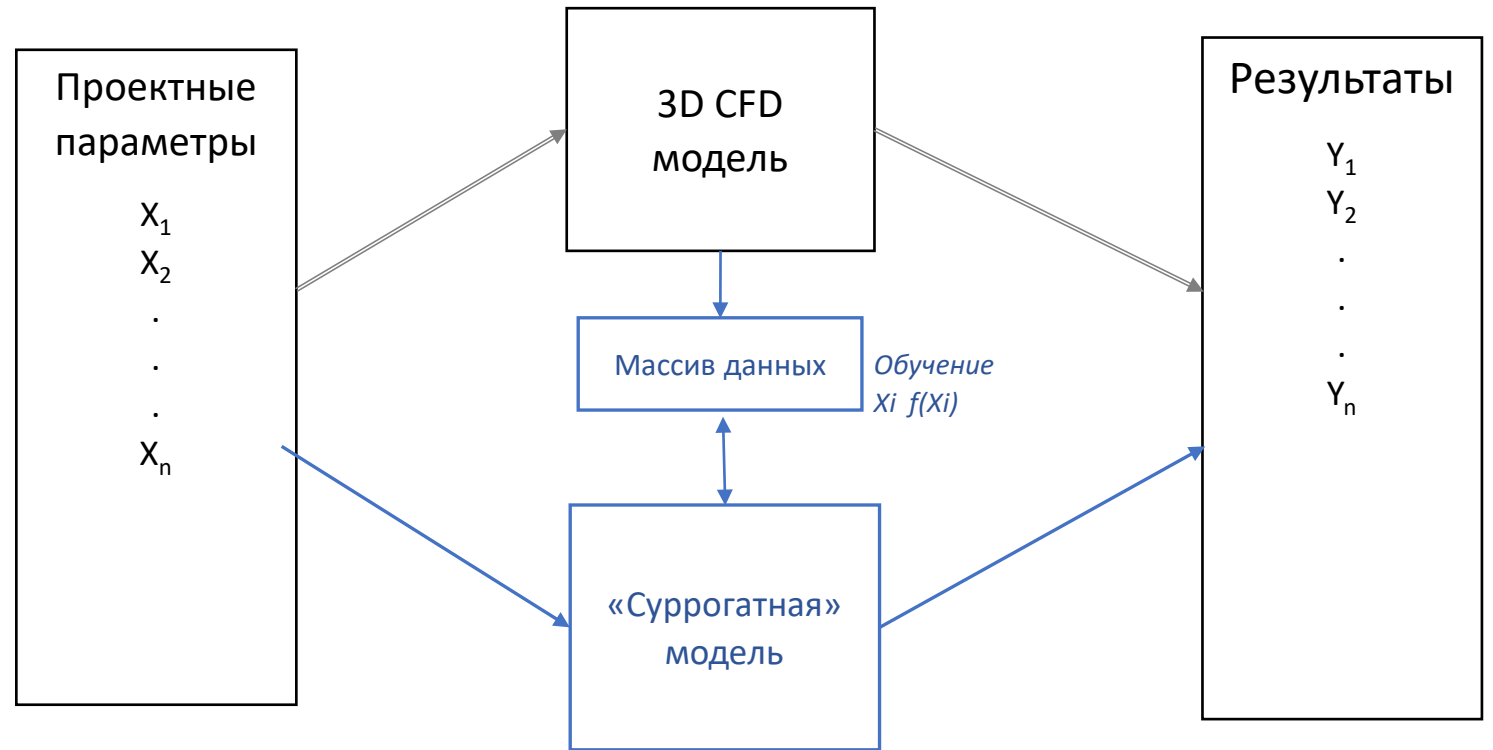
где $m = 16$

$$A_1 = \sum_{i=1}^m [(x_i)^2 - 10 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (x_i)) + 10]$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^m [(x_i - 1.5)^2 - 10 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (x_i - 1.5)) + 10]$$

при соблюдении условий: $-5.12 \leq x_i \leq 5.12, i = \overline{1, m}$

Использование «суррогатного» моделирования обеспечивает сокращение затрат на анализ поведения объекта моделирования. Построение подменной (или «суррогатной») модели методами машинного обучения для достаточно точной аппроксимации результатов моделирования. Впоследствии данная обученная статистическая модель может использоваться для замены исходной модели при решении задач анализа.



Расчетный массив

Задание: задание латин

Ось Y: S крыла
Ось X: Vmin, м/с

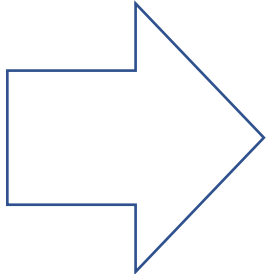
Входные параметры

№	Cx0	Vmin, м/с	Sy при	Vmin	Масса ЛА начальная	M топлива
35	0.27	157	0.81	5000.0	100.0	
36	0.27	299	1.61	5000.0	100.0	
37	0.27	244	1.31	5000.0	100.0	
38	0.27	274	1.14	5000.0	100.0	
39	0.27	243	0.54	5000.0	100.0	
40	0.27	226	1.74	5000.0	100.0	
41	0.27	181	1.21	5000.0	100.0	
42	0.27	208	0.92	5000.0	100.0	
43	0.27	235	0.55	5000.0	100.0	
44	0.27	115	1.53	5000.0	100.0	
45	0.27	197	1.29	5000.0	100.0	
46	0.27	91	1.03	5000.0	100.0	

Выходные параметры

№	S крыла	Cx
35	4.827362075	0.27000000
36	0.666796436	0.27000000
37	1.230659157	0.27000000
38	1.122147290	0.27000000
39	3.009500744	0.27000000
40	1.079211309	0.27000000
41	2.419762188	0.27000000
42	2.401821508	0.27000000
43	3.174166314	0.27000000
44	4.765020620	0.27000000
45	1.918730598	0.27000000
46	11.37831972	0.27000000

Расчетный точек: 50/50



Суррогатная модель

Методы

- РБФ
- РБФ, быстрый сплайн
- РБФ, быстрый бигармонический
- РБФ, быстрый мультиквадратный
- IDW
- Бигармонический РБФ

Одномерные

- Пользовательская функция (UD)
- Полиномиальная аппроксимация (PF)
- Рациональная интерполяция (RI)
- Рациональная аппроксимация (RF)

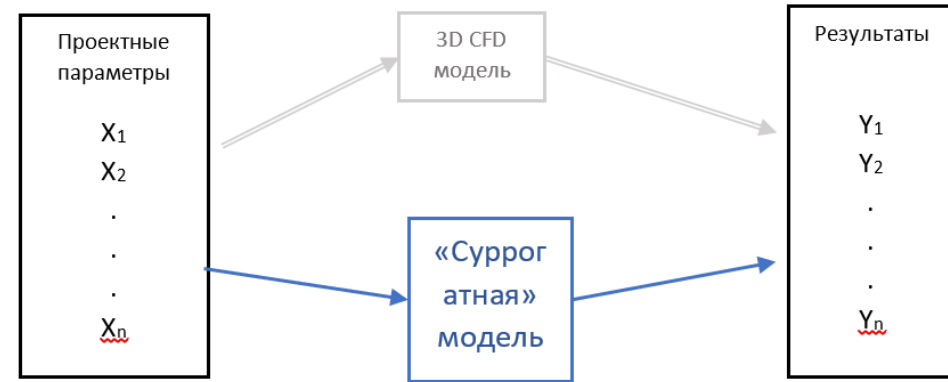
Ось Y: S крыла
Ось X: Vmin, м/с

Модель Анализ

№	Cx0	Vmin, м/с	Sy при	Масса ЛА	M топлива	S крыла	РБФ: S крыла	Cx	РБФ: Cx
42	0.27	208.0959108...	0.924330452...	5000	100	2.401821507...	2.4018215077...	0.27	0.27
43	0.27	234.5486747...	0.550562775...	5000	100	3.174166313...	3.1741663136...	0.27	0.27
44	0.27	114.6490241...	1.534933530...	5000	100	4.765020619...	4.7650206198...	0.27	0.27

Данные загружены. Точек: 50 (всего: 50; отключено: 0; фильтр: 0). Параметров: 7; выключено: 0.

«Суррогатные» модели



Выборочный расчет

Параметрия

Оптимизация

Информация о процессе

Текущее

Итерации: 0

Время счета: 00.00.05 / 100

управление расчетным блоком

Прервать

Пометить точку «невывчисляемой»

Тест соединений

Не пересчитывать известные результаты

Алгоритм оптимизации: IOSO NM

Расчет: последовательный / параллельный

Параллельные процессы: 1

Модель	Статус	Текущее t	Предыд.
CFD модель	Ожидает		0

localhost
IP: localhost.3425
OS: Windows 10
Cores: 24
RAM: 32ГБ
0% / 23%

Параметры

ID	Входные параметры	Модель	Значение
IV1	Cx0	Камера сгорания	0.27
IV2	Vmin, м/с	Камера сгорания	262.1
IV3	Sy при Vmin	Камера сгорания	1.225
IV4	Масса ЛА начальная	Камера сгорания	5000
IV5	M топлива	Камера сгорания	100

ID Выходные парамет...


ID	Выходные парамет...	Модель	Значение
RS1	S крыла	Камера сгорания	1.14
RS2	Cx	Камера сгорания	1.14

Оптимизация: текущие расчетные значения

ID	Входные пар...	Значение
IV1	Cx0	0.27
IV2	Vmin, м/с	262.1
IV3	Sy при Vmin	1.225
IV4	Масса ЛА началь...	5000
IV5	M топлива	100
RS1	S крыла	1.14
RS2	Cx	1.14

Итераций: 0/15000 Обращений: 10 Парето: 0/1 Параллельных процессов: 1

Автоматически



Массив данных

txt - format

```

6,15E-05  9,85  2,26  2,26  2,26
3,00E-06  9,85  2,26  2,26  2,26
3,23E 05  9,85  2,26  2,26  2,26
0,00012  0,85  2,26  2,26  2,26
9,00E-05  9,85  2,26  2,26  2,26
6,15E-05  1,7  2,26  2,26  2,26
6,15E-05  5,78  2,26  2,26  2,26
6,15E-05  18  2,26  2,26  2,26
6,15E-05  13,93  2,26  2,26  2,26
6,15E-05  9,85;1,12  2,26  2,26
6,15E-05;9,85;1,69  2,26;2,26
6,15E-05;9,85;3,4;  2,26;2,26;1
6,15E-05;9,85;2,83  2,26;2,26
6,15E-05;9,85;2,26;1,12  2,26
6,15E-05;9,85;2,26;1,69  2,26
    
```

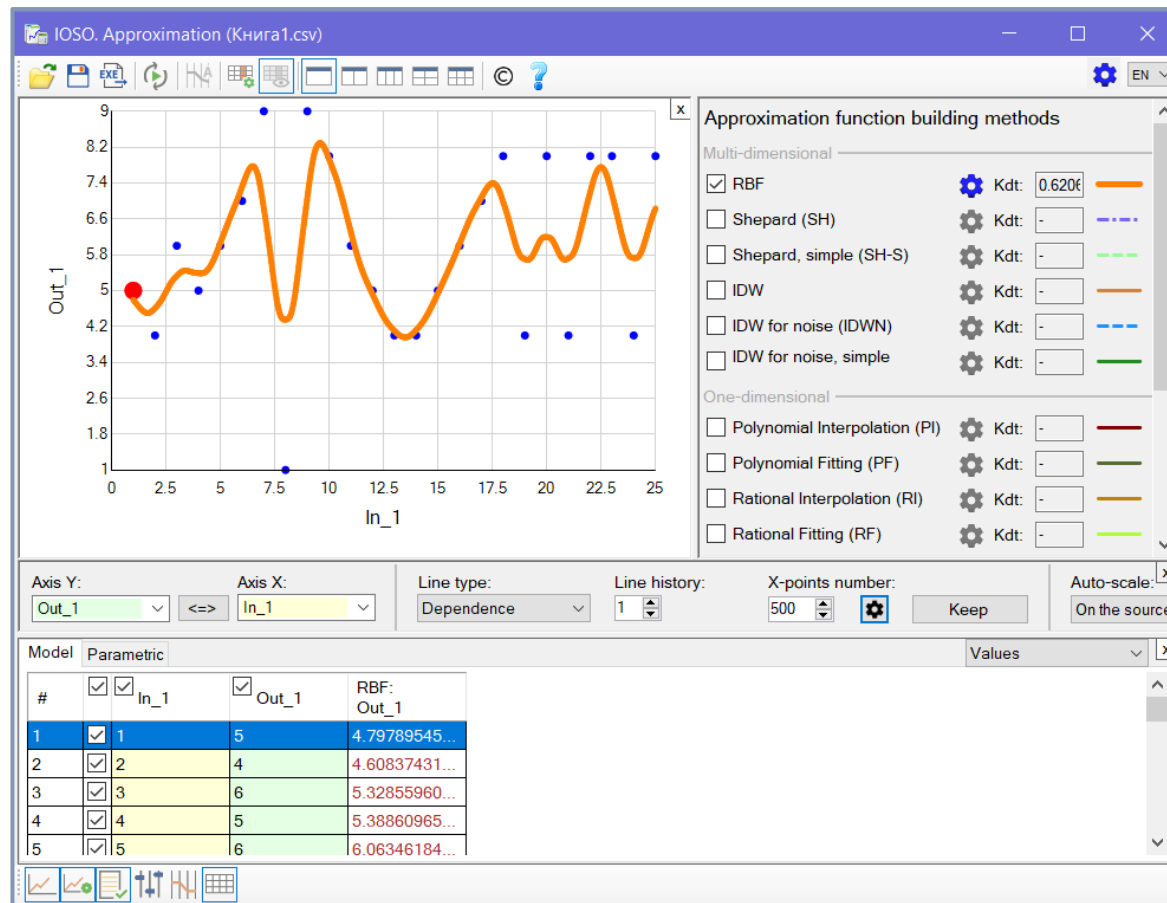
CSV -format

```

6,15E-05;5,78;2,26;2,26;2,26;
6,15E-05;18;2,26;2,26;2,26;17
6,15E-05;13,93;2,26;2,26;2,26
6,15E-05;9,85;1,12;2,26;2,26;
6,15E-05;9,85;1,69;2,26;2,26;
6,15E-05;9,85;3,4;2,26;2,26;1
6,15E-05;9,85;2,83;2,26;2,26;
6,15E-05;9,85;2,26;1,12;2,26;
6,15E-05;9,85;2,26;1,69;2,26;
    
```



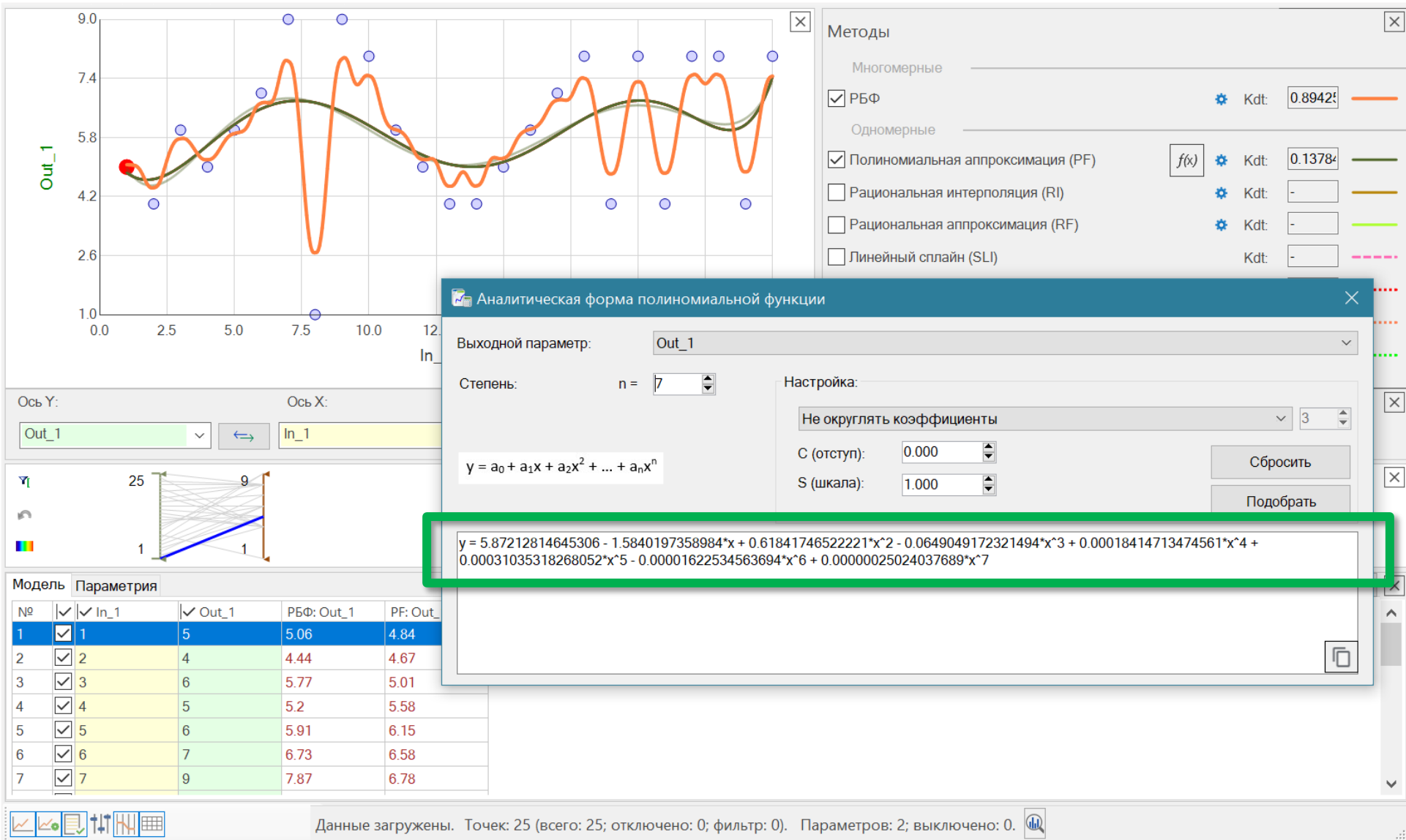
Построение функции аппроксимации



Функция аппроксимации (суррогатная модель) как EXE-file



Аналитическое выражение для полиномиальной функции



Аналитическая форма полиномиальной функции

Выходной параметр: Out_1

Степень: n = 7

Настройка: Не округлять коэффициенты (3)

C (отступ): 0.000

S (шкала): 1.000

Сбросить

Подобрать

$$y = 5.87212814645306 - 1.5840197358984 \cdot x + 0.61841746522221 \cdot x^2 - 0.0649049172321494 \cdot x^3 + 0.00018414713474561 \cdot x^4 + 0.00031035318268052 \cdot x^5 - 0.00001622534563694 \cdot x^6 + 0.00000025024037689 \cdot x^7$$

№	✓ In_1	✓ Out_1	РБФ: Out_1	PF: Out_1
1	✓ 1	5	5.06	4.84
2	✓ 2	4	4.44	4.67
3	✓ 3	6	5.77	5.01
4	✓ 4	5	5.2	5.58
5	✓ 5	6	5.91	6.15
6	✓ 6	7	6.73	6.58
7	✓ 7	9	7.87	6.78

Данные загружены. Точек: 25 (всего: 25; отключено: 0; фильтр: 0). Параметров: 2; выключено: 0.

- создание **связанных инженерных расчетов** и распределенных вычислений
- **идентификация** (верификация) математических моделей на основе результатов экспериментов
- **повышение эффективности технических систем** за счет оптимального согласования всех параметров, влияющих на выбранные показатели эффективности
- **определение оптимальных законов управления** сложными техническими системами на различных режимах их работы – совместная оптимизация объекта и его системы управления



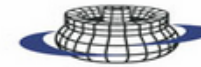
ОКх Сухого



НПО «Сатурн»



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



CompMechLab®



РФЯЦ
ВНИИЭФ



СНОВЫЕ
МАШИНЫ



МАИ



ОДК | УМПО



Авиадвигатель



ГКНИПАС

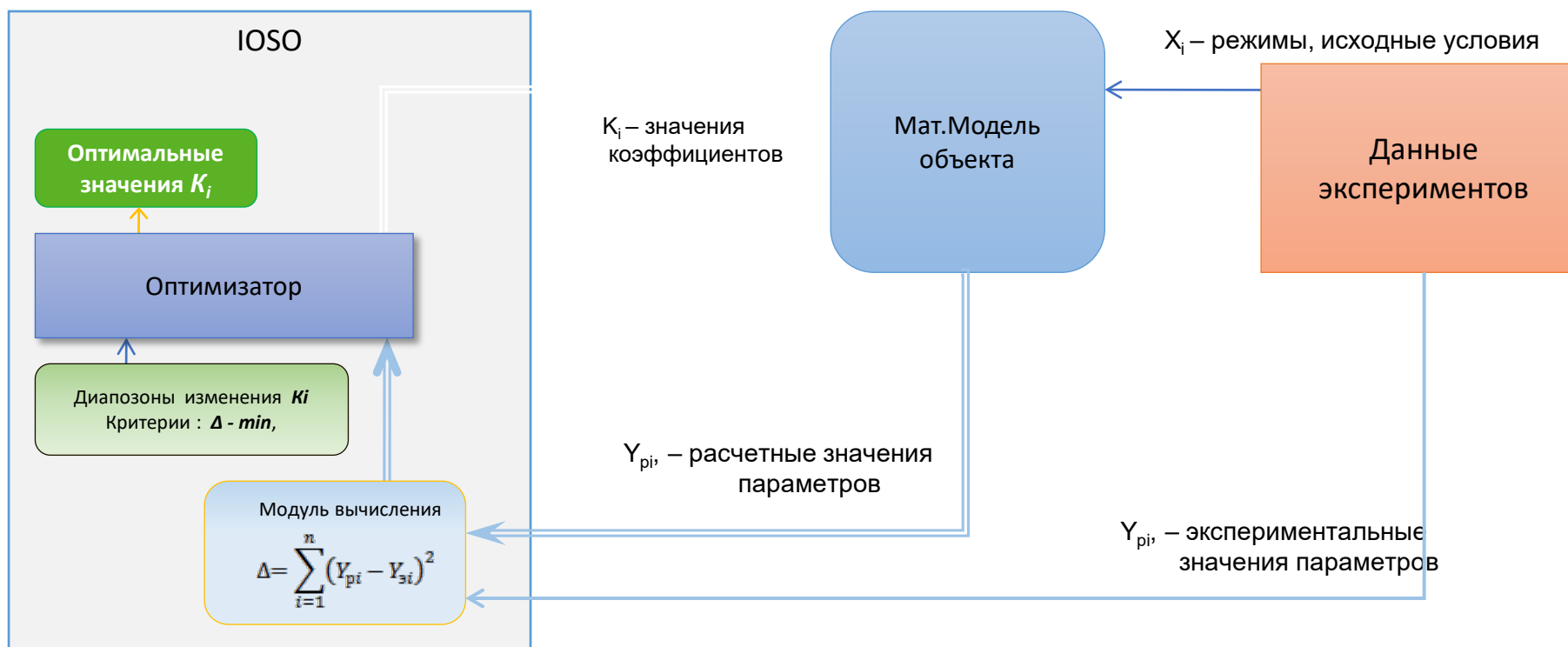


УФИМСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Верификация математических моделей на основе результатов экспериментов

Критерий: минимизация разности результатов расчета ММ и экспериментальных данных.

Идентифицируемые параметры: коэффициенты незнания K_i , влияющие на точность результатов расчета.



Подбор оптимальных параметров подвески с учетом разнопрофильности

IOSO

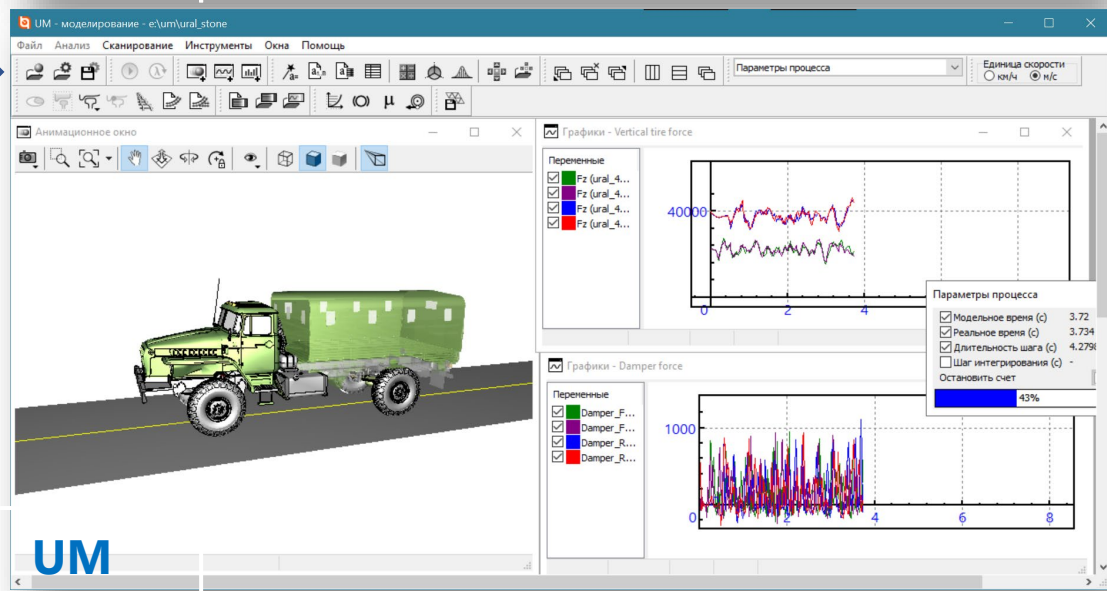
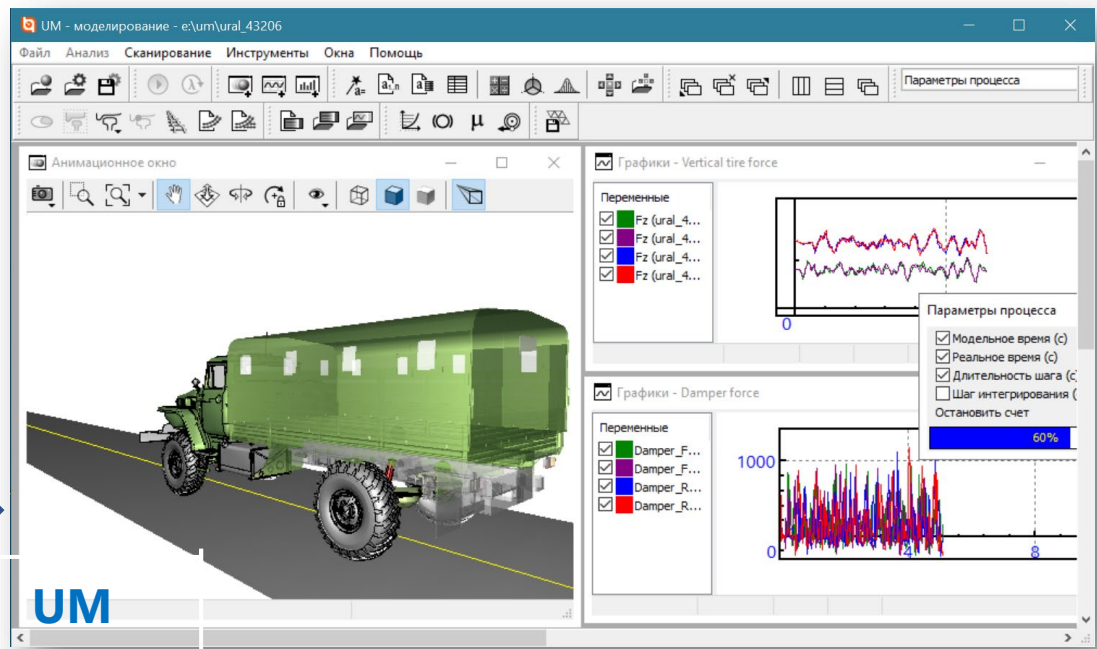
Урал2 моделирование IOSO 4.0 Exenttic[задача: Task_Copy1]

Асфальт

Брусчатка

ID	Следующие	Stone grafica
UM Ural	IV10	а.vi(Passenger) (-UM U...
k1	IV8	k1 (=UM Ural)
k2	IV9	k2 (=UM Ural)
	IV11	а.vi(Passenger) (-UM U...
	IV12	а.vi(Passenger) (-UM U...
	RS8	а.vi(Passenger) (-UM U...
	RS11	а.vi(Passenger) (-UM U...
	RS14	а.vi(Passenger) (-UM U...

Итераций: 0/100 Обращений: 14 Парето: 1/20 Параллельных процессов: 1 Автоматический обмен д:



ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ КЛАССА SPDM

Интегрированное решение ЛОЦМАН:PLM и платформы IOSO обеспечивает:

- управление инженерными данными и жизненным циклом изделия с учетом требований
- доступ к расчетным данным и инструментариям моделирования для проведения связанных и мультидисциплинарных инженерных расчетов
- интеграция инженерного ПО для проведения модельных расчетов и вычислительных экспериментов
- автоматизация проведения инженерных расчетов на базе локальных, распределенных, а также суперкомпьютерных (HPC) вычислительных ресурсах

ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Юрий Бабий

babiy@iosotech.com
+7 985 761-2487

Тех. поддержка

jm@iosotech.com
company@iosotech.com



РАЗВИТИЕ