

# PyroSim 2016

Примеры построения расчетных моделей для решения различных задач пожарной безопасности зданий и сооружений.

Контарь Н. А. Карькин И. Н.

1	Ог	лавление	
1	Огл	авление	2
2	Вве	дение	7
	2.1	Для кого эта книга	7
	2.2	Что такое PyroSim и FDS	7
3	Осн	ювы работы в PyroSim	9
	3.1	Интерфейс PyroSim	9
	3.2	Некоторые настройки интерфейса	10
	3.3	Структура дерева объектов	12
	3.3.	1 Виды	12
	3.3.	2 Сетки	13
	3.3.	3 Реакции	18
	3.3.	4 Материалы	19
	3.3.	5 Поверхности	20
	3.3.	6 Устройства	21
	3.3.	7 Управление	21
	3.3.	8 Результаты	22
	3.3.	9 HVAC	24
	3.3.	10 Модель	25
	3.4	Инструменты управления сценой	29
	3.4.	1 Масштаб	31
	3.4.	2 Сброс вида	31
	3.4.	3 Орбита	31
	3.4.	4 Фильтрация	31
	3.5	Инструменты рисования	32
	3.5.	1 Выбор инструмента	33
	3.5.	2 Инструменты рисования препятствий	38
	3.5.	3 Инструменты создания отверстий	42
	3.5.	4 Инструмент создания вентиляционного отверстия	42
	3.5.	5 Инструмент создания сетки	42
	3.5.	6 Инструмент разделения сеток	44
	3.5.	7 Инструмент создания устройств	44
	3.5.	8 Инструмент измерительной плоскости	45
	3.5.	9 Инструмент создания узла HVAC	46
	3.5.	10 Инструмент создания воздуховода HVAC	46
	3.5.	11 Другие инструменты рисования	47
	3.5.	12 Редактирование объектов	47

		3.5.2	Преобразование объектов	.48	
		3.5.2	14	Инструменты анализа	.50
4		Осн	овы	работы в Smokeview	.51
	4.	1	Мен	ію Load/Unload (загрузка/выгрузка результатов)	.52
		4.1.2	1	3D smoke (визуализация дыма и пламени)	.53
		4.1.2	2	Multi-Slices (множественные плоскости)	.54
		4.1.3	3	Multi-Vector Slices (множественные векторные плоскости)	.54
		4.1.4	4	Slice file (плоскости)	.55
		4.1.5	5	Vector Slices (векторные плоскости)	.55
		4.1.6	6	lsosurface file (изоповерхности)	.56
		4.1.7	7	Boundary file (граничные величины)	.57
		4.1.8	8	Particle file (отображение частиц)	.57
		4.1.9	9	Plot3D file (график трехмерных данных)	.58
	4.	2	Мен	ію Show/Hide (показать/скрыть)	.61
		4.2.2	1	Color (настройки цвета)	.61
		4.2.2		Geometry (настройки отображения геометрии)	.61
		4.2.3 4.3 Me		Labels (различные подписи на сцене)	.62
	4.			ію Option (настройки)	.63
	4.	4	Мен	ію Dialogs (диалоговые окна)	.65
		4.4.1		Clip scene (обрезать модель)	.65
		4.4.2	2	Data bounds (настройки данных)	.66
		4.4.3		Display (отображение)	.67
		4.4.4		Data (данные)	.68
5		Нек	оторі	ые советы по работе с PyroSim	.70
	5.	1	Отп	ростого к сложному	.70
	5.	5.2 Коо		рдинаты	.70
	5.	5.3 Кно		пка «Предварительный просмотр блоков FDS»	.71
	5.	5.4 Сет		ка и геометрия	.73
	5.	5	Пар	аллельные вычисления	.73
6		При	мер	1. Моделирование распространения ОФП по этажу	.75
	6.	1	Опи	сание примера	.75
	6.	2	Пор	ядок работы	.75
	6.	.3 Загр		узка подложки-рисунка на этаж	.75
	6.	б.4 Соз		дание сетки	.77
	6.	5	Создание топологии		.79
	6.	6	Соз	дание источника пожара	.84
		6.6.1		Реакция	.84

	6.6.2	2	Поверхность	86
	6.6.3	3	Объект	87
	6.7	Соз	дание измерителей-датчиков	89
	6.8	Соз	дание плоскостей для визуализации ОФП	91
	6.9	Задание общих параметров моделирования		93
	6.10	Запу	иск расчета	94
	6.11	Ана.	лиз результатов в PyroSim	95
7	При	мер	2. Моделировании распространения ОФП в двухэтажном здании	97
	7.1	Опи	сание примера	97
	7.2	Пор	ядок работы	97
	7.3	Имп	орт САD-файла	97
	7.4	Соз	дание сетки	102
	7.5	Соз	дание топологии	104
	7.6	Соз	дание источника пожара	110
	7.6.	1	Реакция	110
	7.6.2	2	Поверхность	112
	7.6.3	3	Объект	113
	7.7	Соз	дание вентиляции	114
	7.7.1		Поверхность	114
	7.7.2		Объекты	115
	7.7.3	3	Управление	116
	7.8	Соз	дание измерителей-датчиков	117
	7.9	Соз	аание плоскостей для визуализации ОФП	120
	7.10	Зада	ание общих параметров моделирования	121
	7.11	Запу	иск расчета	122
	7.12	Ана.	лиз результатов в PyroSim	123
8	При	мер	3. Моделирование прогрева и возгорания стен	125
	8.1	Пор	ядок работы	125
	8.2	Соз	дание модели	125
	8.2.	1	Сетка	125
	8.2.2	2	Топология	126
	8.2.	3	Реакция	128
	8.2.4	4	Выходные данные	129
	8.2.	5	Общие параметры моделирования	133
	8.3	Соз	дание стены с теплофизическими свойствами	133
	8.3.	1	Создание материала	133
	8.3.	2	Создание многослойной поверхности	135

	8.3.3 8.3.4		3	Создание источника горения	138
			1	Выполнение расчета и анализ результатов	139
	8.4 Co3		Созд	дание стены, которая воспламеняется под действием источника зажигания	143
	8.4.1			Создание материала	143
		8.4.2	2	Создание многослойной поверхности	144
		8.4.3	3	Создание источника горения	146
		8.4.4	1	Выполнение расчета и анализ результатов	148
	8.5	5	Мод	делирование распространения пламени между стенами	153
9		При	мер	4. Моделирование тушения водой и газом	155
	9.2	1	Опи	сание примера	155
	9.2	2	Пор	ядок работы	155
	9.3	3	Опи	сание модели	156
	9.4	1	Туш	ение водой	156
		9.4.1		Коэффициент затухания	156
		9.4.2		Создание спринклера	157
		9.4.3	3	Выполнение расчета и анализ результатов	160
	9.5	5	Тушение газом		162
		9.5.1		Создание устройств тушения	162
		9.5.2		Выполнение расчета и анализ результатов	165
10	0 Прим		риме	ер 5. Работа с системой HVAC: дымоудаление, безканальный вентилятор	168
	10	.1	Опи	сание примера	168
	10	.2	Пор	ядок работы	168
	10	.3	Созд	дание модели	169
		10.3	.1	Сетка	169
		10.3	.2	Топология	169
		10.3	.3	Источник пожара	172
		10.3	.4	Выходные данные	174
		10.3	.5	Общие параметры моделирования	175
		10.3	.6	Выполнение расчета и анализ результатов	175
	10	.4	Созд	дание системы дымоудаления с использованием HVAC	177
		10.4	.1	Вентиляционные отверстия	177
		10.4	.2	Узлы HVAC	178
		10.4.3		Воздуховоды HVAC	181
		10.4	.4	Выходные данные	183
		10.4	.5	Выполнение расчета и анализ результатов	185
	10	.5	Испо	ользование заслонок в воздуховодах	188
		10.5	.1	Создание заслонок	188

10.5.2		Выполнение расчета и анализ результатов				
10.6	Соз	дание безканального вентилятора	191			
10.7	Обз	ор других компонентов HVAC	196			
10.7	7.1	Вентилятор	197			
10.7	7.2	Теплообменник	198			
10.7	7.3	Фильтр	199			
11 П элементі	риме ы упр	ер 6. Моделирование окружающей среды: открытые границы сетки, логические равления	200			
11.1	, , Опи	сание примера	200			
11.2	Пор	ядок работы	200			
11.3 Co:		дание модели				
11.3	8.1	Сетка	200			
11.3	3.2	Топология	202			
11.3	8.3	Источник пожара	206			
11.3	8.4	Общие параметры моделирования	209			
11.4	Соз	дание датчиков и элементов управления	209			
11.5	Вып	юлнение расчета и анализ результатов	213			
12 0	шибі	ки и решения проблем	217			
12.1	Оши	ибки при запуске расчета	217			
12.2	Оши	ибки в процессе расчета – численная нестабильность	220			

# 2 Введение

# 2.1 Для кого эта книга

Эта книга будет полезна для инженеров, которые только начинают работать с программой PyroSim и хотят разобраться в последовательности действий при построении модели и анализе результатов, а также для уже уверенных пользователей, которые хотят освоить более сложные возможности PyroSim.

Это не руководство пользователя, где описаны все возможные свойства и параметры. Здесь вы найдете в основном примеры работы с программой – и, соответственно, описание только тех параметров, которые требуются в конкретном примере.

Обратите внимание, что книга не касается вопросов собственно пожарной безопасности, здесь описана именно работа с программным обеспечением. Применять программы должны только компетентные специалисты в области пожарной безопасности.

Также при работе с книгой учитывайте, что многие величины, используемые при расчетах (расход дымоудаления, температура воспламенения материала, толщина стен при расчете выгорания и т.д.) выбраны таким образом, чтобы продемонстрировать рассматриваемые эффекты при не слишком больших временных затратах на моделирование.

В книге вы найдете:

- основы работы в Pyrosim описание интерфейса, инструментов управления сценой и рисования.
- основы работы в Smokeview основные меню и действия, которые вам понадобятся для просмотра визуализации.
- примеры построения моделей для решения различных задач и анализ результатов расчетов.
- описание наиболее часто встречающихся ошибок и пути их решения.

#### Все примеры и скриншоты приведены для версии PyroSim 2016.

Мы всегда с радостью ответим на все вопросы и предложения на форуме https://pyrosim.ru/forum/ или по почте mail@pyrosim.ru.

# 2.2 Что такое PyroSim и FDS

PyroSim — это пользовательский интерфейс для программы Fire Dynamics Simulator (FDS). Полевая модель FDS может предсказывать распространение дыма, температуры, угарного газа и других опасных факторов во время пожара. Результаты моделирования используются для обеспечения безопасности зданий при проектировании, определения безопасности существующих зданий, реконструкции пожаров при расследованиях, и помощи в тренировках пожарных.

FDS – мощный инструмент для моделирования пожара, разработанный Национальным институтом стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology – NIST). FDS моделирует сценарии пожара с использованием вычислительной гидродинамики (CFD), оптимизированной для низкоскоростных температурно-зависимых потоков. Такой подход оказывается очень гибким, и может быть применен к различным пожарам, начиная от горения в печах и до пожаров на нефтяных танкерах. Также с помощью FDS может быть выполнено моделирование, не включающее горение, например, работа вентиляции в зданиях. Расчетная модель FDS и программа для визуализации Smokeview встроены в РугоSim.

Интерфейс PyroSim позволяет интерактивно вводить исходные данные и проверять правильность исходного формата файла для FDS. Пользователь может работать в метрической или английской системе единиц, и в любой момент переключаться между ними. Кроме того, PyroSim предоставляет удобные инструменты создания геометрии в 2D и 3D-режимах, например, диагональные стены, подложки для облегчения рисования, группировка объектов, гибкая настройка отображения, а также копирование и модификация объектов. Можно импортировать файлы DXF с 3D-гранями либо с 2D-линиями, из которых можно затем создать трехмерные объекты в PyroSim.

# 3 Основы работы в PyroSim

# 3.1 Интерфейс PyroSim

РугоSim имеет четыре основных режима отображения: дерево объектов, 2D-вид, 3D-вид и текстовый вид. Все режимы представляют текущую модель. Если объект добавлен, удален или выделен в одном режиме, изменения сразу же отражаются в остальных режимах.

• Дерево объектов: все объекты модели отображаются в виде иерархического списка. Здесь можно упорядочить геометрию модели в группы, например, «помещение» или «кресло». В этом режиме можно быстро находить объекты по имени и вносить изменения.



Рисунок 3-1 Работа с деревом объектов

 ЗD-вид: представляет трехмерное изображение модели. Модель можно изучать и изменять с помощью различных инструментов. Также можно управлять отображением модели с помощью таких настроек как мягкие тени, текстуры, контуры объектов.



Рисунок 3-2 3D-вид сцены

 2D-вид: возможности аналогичны 3D-виду, но обеспечивается дополнительная сетка привязки для создания стен и препятствий. Можно выбрать одну из шести плоскостей проекции, и работать со многими полезными геометрическими инструментами.



Рисунок 3-3 2D-вид сцены

 Текстовый вид: этот вид показывает входной файл FDS, который будет создан для моделирования. Вид разделен на две части: Записи модели и Дополнительные записи. Раздел «Записи модели» предназначен только для чтения, позволяет видеть, как будут отображены в FDS данные, заданные в модель. Из-за сложности расчетной модели FDS трудно поддерживать все возможные записи и параметры входного файла, поэтому в разделе «Дополнительные записи» текстового вида можно вставить строки текста прямо в файл FDS.

PyroSim x64 Edition - F:\Pyro_Path\_закон	чен	o\пример 2\ex2\ex2.psm	x
Файл Редактировать Модель Устройства	Вь	ходные данные FDS Вид Справка	
🗎 🗁 🔛 🗠 🗠 🖊 🍁 🛃 💼 🟠	×	📖 🕰 🛤 🛃 🖏 🔩 📷 🚓 🛛 🗙 🕶 🗳	
🖗 = H		A* A <sup>-</sup>	
🖃 📲 Виды		Ваписи модели (только чтение):	
По умолчанию		1 ex2.fds	~
😑 🌐 Сетки (85 788)		2 Generated by PyroSim - Version 2016.1.0419	
- 🞯 MESH (47 940)		3 26.05.2016 21:33:17	=
MESH01 (37 848)		4	
🗄 📶 Зоны		5User Section (not generated by PyroSim)	
Зона 0 (Внешняя зона)		6	
		/ &SPEC ID = 'fuel', MW = 87.06214/	
- 👧 Материалы			
Поверхности		3 aspec ID = WITROEN', LOMPED_COMPONENT_ONLY = . ROE. /	
INERT		10 ASPEC ID = WATER VAPOR , LUMPED COMPONENT ONLY = TRUE /	
Адиабатическая		12 ASPECTO = SOOT, COMPONENT_ONEY = TRUE, 7	
OPEN		13 ASPEC TD-'ATP' BACKGROUND- TRUE	
MIRROR		14 SPEC TO(1)='0XYGEN', VOLUME FRACTION(1)=1.	
HVAC	=	15 SPEC TD(2)='NITROGEN', VOLUME EBACTION(2)=3,7619/	
вытяжка		16	
Мебель: дерево+облицовка		17 ASPEC ID='PRODUCTS',	
PERIODIC		18 SPEC_ID(1)='HYDROGEN CHLORIDE', VOLUME_FRACTION(1)=0.0086,	
Н 44 Усториства		19 SPEC_ID(2)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(2)=3.3272,	
Управление		20 SPEC_ID(3)='CARBON MONOXIDE', VOLUME_FRACTION(3)=0.1141,	
Элемент управления01		<pre>21 SPEC_ID(4)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(4)=3.0683,</pre>	
		<pre>22 SPEC_ID(5)='SOOT', VOLUME_FRACTION(5)=0.0701,</pre>	
123 Статистика		23 SPEC_ID(6)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(6)=13.19185/	-
П. Плоскости			
- R HVAC			
- А Модель		guionni connecta inva:	_
🖲 📥 1 этаж dwg		COLC 10- FRODUCIS ;	^
- An 2 atax dwg		COPETIC2)-(IN TRANSLET CHEVALUE, VOLUME, NACIONE, 190,0000, COPETIC2)-(INTED VARDE) VOLUME FRACTION(2)-3 3773	
Препятствие		SPEC TD(3)='CARBON NONOXIDE', VOLUME ERACTION(3)=0.1141.	
Препятствие		SPEC ID(4)='CARBON DIOXIDE', VOLUME FRACTION(4)=3.0683.	
Препятствие		SPEC ID(5)='SOOT', VOLUME FRACTION(5)=0.0701,	
Препятствие		SPEC_ID(6)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(6)=13.19185/	Ξ
Препятствие			
Препятствие		&REAC FUEL='fuel', HEAT_OF_COMBUSTION=14400, SPEC_ID_NU='fuel','AIR','PRODUCTS',	-
Препятствие	Ŧ	111 A 3 FOCT ALL DELC HIEC FOOD ADDOL	
< F		30 вид 20 вид Текстовый вид	

Рисунок 3-4 Текстовый вид модели

## 3.2 Некоторые настройки интерфейса

Прежде всего, можно настроить цвет рабочего поля — кому-то удобно работать на светлом фоне, кому-то на темном. Изменить цвет рабочего поля можно в меню «Вид»:

Вид	Справка			
۲	Показать 3D-вид			
	Показать 2D-вид			
	Показать текстовый вид			
	Создать вид	Ctrl+Shift+V		
	Добавить границу видимости	Ctrl+Shift+S		
	Установить границы видимости	Ctrl+Shift+R		
	Сохранить точку обзора	Ctrl+Shift+P		
	Установить на точку обзора	Ctrl+Shift+I		
$\checkmark$	Включить границы видимости	Ctrl+Shift+E		
✓	Показать границы видимости	Ctrl+Shift+D		
	Использовать управление, схожее со Smokeview			
✓	Вырезать отверстие из препятствий			
$\checkmark$	Показывать подсказки у курсора			
✓	Показывать системную мышь			
	Цветовая схема	1	•	Белый фон
	Единицы	1		Индивидуальный 🕏
	Скрыть объект(ы)	Alt+Shift+H		Обычный
	Показать объект(ы)	Alt+Shift+S		По умолчанию
	Отфильтровать объект(ы)	Alt+Shift+F		Черный фон
	Показать все объекты	Alt+Shift+A		
+\$++	Показать все объекты	Ctrl+R		
-0-	Показать выделенные объекты	Ctrl+E		
R	Заполнить вид	Ctrl+F		

Рисунок 3-5 Настройка цвета фона

В меню «Файл» – «Настройки» можно задать некоторые параметры: количество знаков после запятой в файле FDS, время автосохранения, размер шрифта в текстовом виде и другое:

Настройки	3
РугоSim Текстовый вид FDS SMV Отображение	_
Формат FDS файла	
👽 Формат FDS файла для удобного чтения	
Максимальная точность: 6	
Настройки —	
✓ Автосохранение: 600,0 s	
🕼 Создать резервную копию при открытии	
Просмотр записей FDS	
📝 Показывать заставку при запуске программы	
ОК Отмена	

Рисунок 3-6 Настройки PyroSim

Настройки	X
РугоSim Текстовый вид FDS SMV Отображение	
Размер шрифта: 12.0 👻	
😨 Включить подсветку синтаксиса	
	ОК Отмена

Рисунок 3-7 Настройки текстового вида

## 3.3 Структура дерева объектов

В дереве объектов объекты группируются в несколько разделов по типам:



Рисунок 3-8 Структура дерева объектов

#### 3.3.1 Виды

PyroSim дает возможность сохранять и затем воспроизводить фиксированные виды в 3D и 2Dрежимах с помощью объекта «Вид». Также в виде можно задать область для обрезки отображения модели в 3D и 2D-режимах. В модели может быть несколько видов, но в каждый конкретный момент активен только один из них. В новой модели всегда существует один вид по умолчанию, для которого не задано никакого состояния вида.



Рисунок 3-9 Примеры видов

Каждый вид имеет одну точку обзора. Точка обзора включает в себя положение камеры в 2D или 3D-режиме, ориентацию камеры, масштаб и тип камеры (2D или 3D). При сохранении точки обзора также сохраняется текущий инструмент управления (Орбита, Панорама и т.д.). Точка обзора появляется в дереве объектов как дочерний объект вида.

В вид можно добавить границы видимости. Границы видимости определяют прямоугольную область, предназначенную для ограничения видимой геометрии. Вся геометрия вне заданной области обрезается.



Рисунок 3-10 Отображение границ видимости

Smokeview поддерживает концепцию точек обзора, аналогичных видам PyroSim. Точки в Smokeview задают положение камеры, ориентацию, инструмент управления и шесть плоскостей, параллельных осям, обрезающим геометрию. Точки обзора сохраняются в файле INI.

# 3.3.2 Сетки

Все расчеты FDS выполняются внутри расчетных сеток. Каждый объект в модели (препятствия, вентиляционные отверстия и т.д.) должен соответствовать сетке. Если положение объекта не точно соответствует сетке, объект автоматически смещается во время моделирования. Любой объект, выходящий за границу расчетного домена (совокупности сеток), обрезается по границе. Нет запрета на задание объектов вне домена, но такие объекты не участвуют в расчете и не отображаются в Smokeview.

Для достижения оптимальной точности моделирования желательно использовать ячейки сетки примерно одного размера по всем трем направлениям.

FDS использует решатель Пуассона, основанный на быстром преобразовании Фурье. Побочный эффект этого состоит в том, что оптимальное количество ячеек сетки в каждом направлении должно иметь вид  $2^u 3^v 5^w$ , где u, v, w – целые числа. Например, 64 =  $2^6$ , 72 =  $2^3 * 3^2$  и 108 =  $2^2 * 3^3$  – «хорошее» деление на ячейки, а 37, 99 и 109 – нет. РугоSim предупреждает, когда количество ячеек секи не оптимально.

Создать сетку можно несколькими способами:

- нарисовав сетку на сцене с помощью инструмента «Нарисовать сетку» 🅮
- выбрав в меню «Модель» «Редактировать сетки»
- дважды кликнув по разделу «Сетки» в дереве объектов

У Редактировать сети	си 🔀
Сетка01	Описание: Порядок / Приоритет: 1 Эадать цвет: Синхронизация сеток - медленнее, но меньше предрасположенность к численной нестабильности. Проверка выравнивания сеток: Пройдена Граница сетои (m):
	Мининтум X:         0,0         Мининтум Y:         0,0         Мининтум Y:         0,0           Максимум X:         5,0         Максимум Y:         1,0         Максимум Z:         1,0           Метод разделения:         Равномерный         •         •         •         •
	Ячейки X: 50 Соотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки Y: 10 Соотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки Z: 10 Соотношение размеров ячеек: 1,00 Размер ячейки (m): 0,1 x 0,1 x 0,1 Количество ячеек в сетке: 5000
Создать Переименовать Удалить	8MESH ID='Ceтка01', IJK=50, 10, 10, XB=0.0, 5.0, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0/

Рисунок 3-11 Окно редактирования сеток



Рисунок 3-12 Пример множественных сеток

В модели может быть несколько сеток. Обычно сетки соединены между собой, хотя это не обязательно. В каждой сетке основные уравнения решаются с шагом по времени, основанном на скорости потоков в конкретной сетке. Вот несколько причин для использования множественных сеток:

- Множественные сетки позволяют запускать параллельный расчет FDS с использованием MPI.
- Часто использование нескольких сеток позволяет существенно уменьшить количество ячеек в модели и, соответственно, время расчета.

Например, размещение сеток на рисунке (а) «экономичнее», чем на рисунке (б):



Рисунок 3-13 Создание домена с помощью (а) двух сеток (б) одной сетки

 Поскольку каждая сетка имеет свой шаг по времени, то можно сократить время работы процессора, используя относительно грубые сетки, которые обновляются только когда необходимо. Грубые сетки хорошо использовать в областях, где временные и пространственные градиенты ключевых величин невелики или неважны.

Сетки могут примыкать друг к другу или не соприкасаться. В последнем случае получается два отдельных расчета без какой-либо связи между собой. Препятствия и вентиляционные отверстия задаются в общей системе координат, и не привязываются к какой-то отдельной сетке. Каждая сетка проверяет координаты всех геометрических объектов, и решает, относятся они к ней или нет. Как описано в руководстве пользователя FDS, при многосеточном расчете необходимо выполнять следующие правила:

• Выравнивание сеток. Самое важное правило – примыкающие ячейки сеток должны иметь одинаковую площадь сечения или целое отношение:

		Идеальное примыкание сеток.
		Допустимо, если одной грубой ячейке соответствует целое число точных ячеек.
		Допустимо, но вызывает сомнения. PyroSim предупредит, что сетки перекрываются.
		Недопустимо начиная с версии FDS 5.1. PyroSim

не выровнены.

Рисунок 3-14 Выравнивание сеток

- Приоритет сеток. Сетки должны задаваться от самой точной к самой грубой. FDS • подразумевает, что сетка с более высоким приоритетом подавляет сетку с меньшим приоритетом, если они перекрываются.
- Границы сетки. Старайтесь не размещать границы сеток там, где ожидаются важные процессы, особенно горение. Иногда не удается избежать распространения огня от сетки к сетке, но старайтесь насколько возможно держать границы сетки подальше от сложных

процессов, поскольку обмен информации между сетками не настолько точен, как между ячейками внутри сетки.

- Обмен данными. Информация от других сеток поступает в сетку только через ее внешнюю границу. Это означает, что сетка, полностью находящаяся внутри другой сетки, получает информацию через свои границы, но внешняя сетка не получает информации от внутренней. По сути, большая, обычно более грубая сетка просто выполняет собственный расчет, без влияния от меньшей, обычно более точной сетки. Информация от точной сетки, например, развитие пламени, не попадает в более грубую сетку. В таких случаях предпочтительно поместить источник пламени внутрь одной сетки, и расположить более грубые сетки вокруг более точной. Тогда сетки будут обмениваться информацией между собой.
- **Граничные препятствия**. Если плоское препятствие находится близко к границе двух сеток, убедитесь, что каждая сетка «видит» препятствие. Если препятствие хотя бы на миллиметр выходит за границы одной из сеток, эта сетка может не распознать его, и в этом случае информация не будет должным образом передаваться между сетками.
- Параллельные расчеты. При параллельных расчетах рекомендуется, чтобы шаг по времени был одинаковым во всех сетках. Это настройка по умолчанию в PyroSim и FDS обеспечивает более тесное соединение между сетками. Эта настройка «Синхронизация сеток» в окне «Редактор сеток».
- Метод проб и ошибок. Экспериментируйте с различными конфигурациями сеток, используя относительно грубые сетки, чтобы убедиться, что информация корректно передается от сетки к сетке. Есть два повода для беспокойства. Первый – возможно, поток плохо взаимодействует с границей сетки? Если так, попробуйте убрать границу сетки подальше от области активности. Второй – не слишком ли большой скачок в размерах ячеек от одной сетки к другой? Если так, подумайте, насколько существенна потеря информации при переходе от более точной сетки к более грубой.

Необходимо помнить следующие свойства сеток:

- наружная граница сетки имеет свойства поверхности, установленные для поверхности по умолчанию. Обычно это твердая поверхность. Это означает, что не нужно дополнительно рисовать стены у границ сетки. Граница сетки сама по себе является стеной.
- при соединении двух сеток между сетками граница отсутствует. Это означает, что не нужно дополнительно создавать никаких отверстий на границах двух сеток для их соединения между собой – соединение возникает автоматически.

Для упрощения работы с множественными сетками PyroSim предусматривает следующие инструменты:

- «Разделить сетку» 🚟 . Разделяет выбранные сетки по одной из осей.
- «Сделать сетку точнее». Делает сетку более точной или более грубой на заданный коэффициент (например, уточнение сетки на коэффициент 4 превратить размер ячейки 1 метр в 0,25 метров).

🗄 💮 💮 Сетки (1)	9 200	)
Сети	<b>.</b>	Создать группу
- 3оны Зоны	2 <mark>3</mark> 2	Добавить этаж для размещения объектов
🖃 🔆 Реакции		Создать фрагмент
🔆 🔆 Pear		
🖃 🔷 Материа	æ	Изменить группу
— 🔷 жел-		Выделить связанные объекты
🖻 🚺 Поверхн		
INER		Активировать "всегда включать в записи FDS"
OPEI		
MIRR	89	Открыть границы сетки
HVA		Разделить сетку
		Следать сетку точнее
PERI		

Рисунок 3-15 Команда "Сделать сетку точнее" в контекстном меню

Сделать сетку точнее	×
Задайте значение от 1 до 4:	
Коэффициент уточнения:	2
💿 Коэффициент огрубления:	1
Всего ячеек	
Выбранные сетки:	153600
Все сетки:	153600
OK	Отмена

Рисунок 3-16 Диалоговое окно для измерения точности сетки

• «Объединить сетки». Объединяет две и более сетки в одну.



Рисунок 3-17 Команда "Объединить сетки" в контекстном меню

Для использования любого из перечисленных действий, выделите одну или несколько сеток, кликните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите действие.

#### 3.3.3 Реакции

Реакция определяет, какие продукты горения и в каком количестве выделяются при пожаре.

Расчетная программа FDS поддерживает два вида реакций в газовой фазе — с простой стехиометрией (топливо может содержать только атомы углерода, водорода, кислорода и азота) и со сложной стехиометрией (топливо может содержать любые атомы).

В текущей версии интерфейс PyroSim поддерживает только реакции с простой стехиометрией. Реакции для веществ, содержащих хлор, задать можно в разделе «Дополнительные записи» текстового вида.

Если в модели рассчитывается горения, то всегда должна быть задана одна активная реакция (активная реакция в дереве выделена жирным шрифтом и в скобках возле ее названия указано «активный»):

E Starter Star	кции Турбинное масло Бензин (активный)
Рисунок 3-18 Обозначение	активной реакции в дереве объектов

Кроме того, реакция может быть задана в текстовом виде – тогда в дереве объектов не должно быть активных реакций.

Чтобы создать простую реакцию, дважды кликните по разделу «Реакции» в дереве объектов.

Пользователь задает химическую формулу топлива, а также доли угарного газа, сажи и водорода, и количество водорода в саже.

🕂 Редактировать реакции						×
Реакция_полиуретан	Описание: SFPE Ha	ndbook, GM27				
	Топливо Подавле	ние горения	Скорость тепловыделения	Побочные продукты	Дополнительно	
	Тип топлива:	Простая хим	ическая модель	▼		
	Топливо должн	о содержать	только С, О, Ни N.			
	Состав					
	Атомы углерод	a: 1,0				
-	Атомы водород	a: 1,7				
	Атомы кислоро	да: 0,3				
создать	Атомы азота:	0,08				
Добавить из библиотеки						
Переименовать						
Удалить						
				Применить	ОК	Отмена
			>	~		

Рисунок 3-19 Окно редактирования реакций

Кроме того, можно добавить реакцию из библиотеки.

#### 3.3.4 Материалы

Для моделирования поверхностей, выполненных из теплопроводящего твердого материала или топлива, необходимо задать материалы, описывающие тепловые свойства и пиролитическое поведение.

Чтобы создать материал, откроем окно «Редактировать материалы» и нажмем кнопку «Создать».

<b>У</b> Редактировать материалы	g - 1, - 8	x
желтая сосна	ID материала: желтая сосна	
	Описание: Quintiere, Fire Behavior - NIST NRC Validation	٦
	Тип материала: Твердый 🔻	
	Тепловые свойства Пиролиз Дополнительно	
	Плотность: 640,0 kg/m³	
	Удельная теплоёмкость Постоянное - 2,85 kJ/(kg·K)	
	Проводимость Постоянное - 0,14 W/(m K)	
	Козффициент излучения: 0,9	
	Коэффициент поглощения: 5,0E4 1/m	
-		
Создать		
Доравить из бирлиотеки	8MATL ID='xentas cocha', FYI='Quintiere, Fire Behavior - NIST NRC Validation', SPECIFIC_HEAT=2.85,	,
Переименовать	CONDUCTIVITE. 17, DENSITE 040.0/	
Удалить		
	Применить ОК Отмен	•

Рисунок 3-20 Окно редактирования материалов

Кроме того, можно добавить материалы из библиотеки.

#### 3.3.5 Поверхности

Поверхности используются для задания свойств твердых объектов и вентиляционных отверстий. Поверхность может использовать ранее заданные материалы в качестве слоев или смесей. По умолчанию все твердые объекты и вентиляционные отверстия инертны, с фиксированной температурой, равной температуре окружающей среды (устанавливается в окне «Параметры моделирования»). Кроме твердых теплопроводных поверхностей, поверхности могут задавать горелку, приток воздуха и т.д.

Редактировать поверхност	и	×
НVAC ^ NERT ////////////////////////////////////	ID поверхности: Поверхность01 Описание: Цвет: Внешний вид: Тип поверхности: Многослойный •	
Поверхность02	Реакция Впрыскивание газа Впрыскивание частиц	Дополнительно
	Слои материала Свойства поверхности Теплов	юй Геометрия
	ПРазделитель слоев: 0,0 Слои натериала	
	Толщина (m) Составнои материал Редактировать	чш вставить строку
	1 0,01m 1,0 CONCRETE Редактировать	🖾 Удалить строку
		🙈 Вверх
		🛛 🛛 Вниз
		🖪 Копировать
		🗎 Вставить
		🐰 Вырезать
Создать		
Добавить из библиотеки		
Переименовать	SURF ID='TOBEDXHOCT601', RGB=146,202,166, BACKING='VOID', MATL_ID(1,1)='CONCRETE', M	IATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.
Удалить		-
	Применить	ОК Отмена

Рисунок 3-21 Окно редактирования поверхностей

В программе есть шесть встроенных или «зарезервированных» типа поверхностей: ADIABATIC (адиабатическая), INERT (инертная), MIRROR (зеркало), OPEN (открытая), HVAC (система вентиляции и кондиционирования) и PERIODIC (периодическая).

- ADIABATIC (адиабатическая). На поверхности отсутствует теплопередача (излучение и конвекция) от газа к твердому телу. FDS рассчитывает температуру поверхности так, чтобы сумма конвективного потока и излучения равнялась нулю.
- INERT (инертная). Поверхность имеет фиксированную температуру, равную температуре окружающей среды. Выполняется теплоперенос от газа к поверхности. Установлена как поверхность по умолчанию в PyroSim.
- MIRROR (зеркало). Эта поверхность может применяться только к вентиляционному отверстию на внешней границе сетки. Зеркало – это поверхность, которая отражает поток. Предполагается применять на границе сетки симметричного домена, чтобы уменьшить размер домена. (В реальных расчетах используется редко, т.к. редко существуют полностью симметричные задачи).
- OPEN (открытая). Эта поверхность может применяться только к вентиляционному отверстию на внешней границе сетки. Представляет собой пассивное отверстие в окружающую среду и часто используется для моделирования открытых дверей и окон.
- PERIODIC (периодическая). Поверхность используется только для вентиляционных отверстий на внешних границах сетки. Периодические поверхности могут использоваться для представления бесконечно большой системы «ячеек» с доменом в качестве такой ячейки.
- НVAC. Поверхность применяется к вентиляционным отверстиям, которые являются частью системы HVAC (отопления, вентиляции и кондиционирования).

# 3.3.6 Устройства

Устройства используются для записи выходных данных в модели или для моделирования датчиков, например, дымовых детекторов, спринклеров и термопар. Вы можете построить графики величин от времени по устройствам, используя данные файла CHID\_devc.csv.

После того, как устройство создано, оно может использоваться для активации объектов. Значение для активации устанавливается в том же окне, что и остальные свойства устройства.

Кроме того, выходные данные устройства могут быть зафиксированы в текущем состоянии с помощью использования элементов управления. Это можно использовать для создания более сложных логических схем, например, можно зафиксировать скорость тепловыделения от пламени в текущем состоянии при активации спринклеров.

Устройства-измерители в газовой фазе используются в качестве расчетных точек для получения данных блокирования при расчете индивидуального пожарного риска. Необходимо измерять температуру, дальность видимости, тепловой поток, а также концентрацию кислорода, углекислого газа, угарного газа и хлороводорода.

# 3.3.7 Управление

Объекты могут появляться или исчезать из модели (включаться/выключаться) при определенных событиях активации. События активации задаются в FDS элементами управления и могут быть установлены для каждого геометрического объекта (т.е. препятствия, отверстия, вентиляционные отверстия) с использованием параметра «Активация» в окне «Свойства». РугоSim поддерживает события активации, основанные на времени или на данных входных устройств. Некоторые часто используемые события активации:

- Удалить препятствие в дверном проеме (т.е. открыть дверь) в определенное время моделирования.
- Удалить препятствие в оконном проеме (т.е. разбить) при срабатывании теплового датчика
- Включить систему вентиляции при срабатывании нескольких дымовых датчиков.

Для открытия она «Элементы управления» в меню «Устройства» выберите «Редактировать элементы управления».

🔀 Создать элемент уп	равления
Элемент управленц 🔺	Тип входных данных Время Детектор Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат) Специальный
	Выполнить действие © Создать/Активировать © Удалить/Отключить © Несколько
< III > Создать	Создать <u>&lt;не задано&gt;</u> при t = <u>100.0 s</u> .
Переименовать Удалить	Применить ОК Отмена

Рисунок 3-22 Окно создания элементов управления

#### 3.3.8 Результаты

#### 3.3.8.1 Статистика

Статистика – это расширения возможностей датчиков. Можно использовать статистику вместо датчиков, и в выходных данных получать минимальное, максимальное и среднее значение величины в одной или нескольких сетках, или в заданном объеме. Эти данные можно просматривать в графиках, создаваемых PyroSim.



Рисунок 3-23 График результатов PyroSim

Выходные данные для статистики находятся в файле CHID\_devc.csv, где CHID – название расчета (файла PyroSim).

**Примечание.** При использовании статистических данных важно понимать нюансы численного решателя FDS. Например, статистика минимальных значений чувствительна к численным ошибкам в решателе и иногда может давать заниженные значения.

Чтобы создать статистику для измерения, дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Статистика» <sup>123</sup> Статистика, нажмем кнопку «Создать», выберем величину для измерения, статистические величины и объем для записи:

Редактировать статис	тику	×
Температура 🔺	Свойства дополнительно	
	Величина: Температура Статистика Минимум Минимум Среднее значение Среднее по объему Среднее по массе Интеграл по времени Записывать в объеме: Минимум X: 0,0 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 0,0 m Минимум Y: 1,0 m Максимум Z: 1,0 m	
-		
Создать Переименовать Удалить	<pre>&amp;DEVC ID="Temneparypa_MAX', QUANTITY="TEMPERATURE', STATISTICS="MAX', XB=0. 0,1.0,0.0,1.0,0.0,1.0/ &amp;DEVC ID="Temneparypa_MEAN', QUANTITY="TEMPERATURE', STATISTICS="MEAN', XB=0. 0,1.0,0.0,1.0,0.0,1.0/</pre>	4 III >
	Применить ОК Отн	ена

Рисунок 3-24 Окно редактирования статистики

#### 3.3.8.2 Плоскости

Плоскости позволяют измерять данные в газовой фазе (например, давление, температуру, скорость) в плоскостях, расположенных вдоль осей координат. В Smokeview полученные данные можно увидеть в анимированном виде.



Рисунок 3-25 Пример отображения плоскости в Smokeview

Чтобы создать плоскость, дважды кликните по разделу «Плоскости» 🕮 Плоскости и в открывшемся окне задайте плоскость, ее положение и измеряемую величину.

Плоскость ХҮΖ	Положение плоскости	Величина газовой фазы	Использовать вектор?	Вставить строк
Y	5,0 m	Температура	Нет	
Y	5,0 m	[Газы: CARBON DIOXIDE] Плотность	Нет	талить строку
				Вниз Копировать

Рисунок 3-26 Окно редактирования плоскостей

Кроме того, плоскость можно создать непосредственно на сцене с помощью инструмента «Нарисовать плоскость» 💭:



Рисунок 3-27 Создание плоскости на сцене

#### 3.3.9 HVAC

В PyroSim система HVAC (вентиляция, отопление и кондиционирование) задается как система воздуховодов, узлов и набора вентиляторов, теплообменников и фильтров.

#### 3.3.9.1 Воздуховод HVAC

Воздуховод необходим в любой системе HVAC. Воздуховод соединяет между собой два узла HVAC.

#### 3.3.9.2 Узел HVAC

Узел HVAC является либо соединением двух или более воздуховодов, либо соединительной точкой между воздуховодом и расчетным доменом PyroSim.

#### 3.3.9.3 Вентилятор HVAC

Вентилятор HVAC используется для создания потока воздуха в сети HVAC. Вентилятор располагается между двумя узлами в воздуховоде, и задается как «устройство потока» в воздуховоде. Обратите внимание, что вентилятор HVAC является классом объектов, то есть один созданный вентилятор может использоваться в любом количестве воздуховодов.

#### 3.3.9.4 Фильтр HVAC

Фильтр HVAC используется для предотвращения распространения газов по системе HVAC. Фильтр может ограничивать поток любого количества газов, заданных в модели. Обратите внимание, что фильтр HVAC является классом объектов и может быть задан в любом количестве узлов.

#### Основы работы в PyroSim

#### 3.3.9.5 Теплообменник HVAC

Теплообменник HVAC используется как нагревательный или охладительный элемент в сети HVAC. Теплообменник располагается между двумя узлами в воздуховоде, и задается как «устройство потока» в воздуховоде. Обратите внимание, что теплообменник HVAC является классом объектов, то есть один созданный теплообменник может использоваться в любом количестве воздуховодов.

#### 3.3.9.6 Вентиляционное отверстие HVAC

Вентиляционное отверстие HVAC используется для соединения сети HVAC с расчетным доменом.

#### 3.3.10 Модель

PyroSim имеет разнообразные инструменты для быстрого создания и организации геометрии в модели.

Геометрия может быть создана либо через диалоговые окна, либо с помощью инструментов рисования в 2D или 3D-режимах. В PyroSim используется три типа геометрических объектов:

- Препятствие твердая преграда для потока
- Отверстие отверстие в препятствии, отсутствие твердого вещества внутри преграды
- Вентиляционное отверстие двухмерная область на границе препятствия, имеющая свойства, отличающиеся от свойств остального препятствия

Пользователь может упорядочить объекты в модели, создавая этажи и группы, а также добавляя подложки для облегчения рисования.

#### 3.3.10.1 Препятствия

Препятствия — это основа всей геометрии в FDS. Препятствия являются прямоугольными, расположенными вдоль осей твердыми объектами, задаваемыми двумя точками. Поверхность присваивается каждой грани препятствия. В PyroSim препятствия могут иметь любую форму и любое количество граней, и иметь разные поверхности для каждой грани. Перед моделированием PyroSim автоматически преобразует препятствия в прямоугольные, расположенные вдоль осей блоки, как того требует FDS.

В FDS предусмотрено два типа препятствий:

- Твердые препятствия препятствия, имеющие хотя бы одну ячейку сетки толщины в каждом направлении. FDS рассчитывает теплопередачу только для таких препятствий, и только к таким могут быть присоединены вентиляционные отверстия.
- Тонкие препятствия препятствия, имеющие нулевую толщину в одном из направлений. Эти препятствия используются только как преграда для потока, теплопередача для них не рассчитывается.

Ниже приведен пример многоугольного перекрытия в PyroSim и его преобразование в блоки для использования в FDS.



Рисунок 3-28 Преобразование препятствия в блоки FDS

Для создания нового препятствия либо используйте инструменты рисования, либо в меню «Модель» выберите «Создать препятствие...» 🕵 или «Создать плиту...» 🧖 .

Описание:		Препятствие			
Группа:	а: 🔒 Модель 🔻				
Активация:		<Всегда включен> 🔻			
📃 Задать цвет					
Начало координ	ат текстур	ы			
Относител	њно объек	ra			
X: 0,0 m	Y:	0,0 m Z: 0,0 m			
Свойства препя	тствия —				
Decumentar	,	🔽 Запись BNDF	Разрешить отверстия	,	
Расширите					
Расширите	Vent	Разрешить удаление	Отображать контура	P1V1	
<ul> <li>Разрешить</li> <li>Насыпная пл</li> </ul>	vent отность:	Разрешить удаление 0,01 kg/m <sup>3</sup>	Отображать контура	пи	
<ul> <li>Расширите</li> <li>Разрешите</li> <li>Насыпная пл</li> <li>Границы</li> </ul>	o Vent отность:	✓ Разрешить удаление 0,01 kg/m <sup>3</sup>	Отображать контура		
<ul> <li>Расширите</li> <li>Разрешите</li> <li>Насыпная пл</li> <li>Границы</li> <li>Минимум Х:</li> </ul>	• Vent отность: 0,0 m	Разрешить удаление           0,01 kg/m³           Минимум Y:         0,0 m	Отображать контура Минимум Z: [	),0 m	

Рисунок 3-29 Окно свойств препятствия

#### 3.3.10.2 Отверстия

Отверстия представляют собой отрицательные области в препятствиях. В FDS отверстия в геометрическом смысле аналогичны препятствиям – прямоугольные, расположенные вдоль осей блоки. В PyroSim отверстия могут иметь любую форму, а при моделировании они будут автоматически преобразованы в блоки.

Отверстия можно создавать, выделять, удалять и выполнять другие операции, как и с препятствиями.

В 3D и 2D-видах отверстия показаны как прозрачные объекты. Кроме того, для большей наглядности PyroSim вырезает отверстия из препятствий. В случае сложных отверстий или препятствий, а также отверстий, пересекающих много препятствий, этот процесс может занять значительное время. В таких случаях можно отключить отображение вырезания в меню «Вид» – «Вырезать отверстия из препятствий».

Хотя PyroSim изображает вырезание отверстий из препятствий, на самом деле такого не происходит. PyroSim превращает препятствия и отверстия в блоки независимо друг от друга. PyroSim не удаляет препятствия, которые перекрываются с отверстиями.

По умолчанию все препятствия позволяют вырезать в себе отверстия. Чтобы в препятствии невозможно было создать отверстие (чтобы препятствие имело приоритет перед отверстием), в свойствах препятствия снимите флаг «Разрешить отверстия».



Рисунок 3-30 Создание отверстия в препятствии

Для создания нового отверстия либо используйте инструменты рисования, либо в меню «Модель» выберите «Создать отверстие...» 🗔 . Откроется диалоговое окно «Свойства отверстия.

Свойства отверстия	1				×
Общие Геометр	ия				
Описание:	Отверсти	ие			
Группа:	🔒 Моде	ель 🔹	•		
Активация:	<Всегда	включен> 💌			
📃 Задать цвет		1			
Границы					
Минимум Х:	0,0 m	Минимум Ү:	0,0 m	Минимум Z:	0,0 m
Максимум Х:	1,0 m	Максимум Ү:	1,0 m	Максимум Z:	1,0 m
				OK	Отмена

Рисунок 3-31 Окно свойств отверстия

Как и препятствия, отверстия могут быть созданы или удалены в процессе расчета с помощью поля «Активация». Также для отверстия может быть задан цвет.

#### 3.3.10.3 Вентиляционные отверстия

Вентиляционные отверстия используются для описания двухмерных прямоугольных областей на поверхности твердых препятствий или границах сетки. Вентиляционное отверстие может иметь поверхность, отличающуюся от поверхности остального объекта.



Рисунок 3-32 Примеры расположения вентиляционных отверстий

Если говорить буквально, вентиляционное отверстие может использоваться для моделирования компонентов вентиляционной системы здания, например, приточки или вытяжки. В таких случаях координаты вентиляционного отверстия создают плоскость на твердой поверхности, ограничивающую воздуховод. Не нужно создавать отверстия в препятствии – предполагается, что воздух проходит через скрытый канал в стене.

Также вентиляционное отверстие может использоваться как граничное условие на твердой поверхности. Источник пожара, например, обычно создается как твердое препятствие, и затем на одной из его граней задается вентиляционное отверстие с поверхностью «горелка».

Есть два типа поверхностей, которые могут применяться только на вентиляционных отверстиях – OPEN и MIRROR.

Для создания нового отверстия либо используйте инструменты рисования, либо в меню «Модель» выберите «Создать вентиляционное отверстие...» 🗔. Откроется диалоговое окно «Свойства вентиляционного отверстия». Как препятствия и отверстия, вентиляционное отверстие может быть создано или удалено в процессе моделирования (если его поверхность не OPEN или MIRROR). Все свойства, кроме «Распространения пламени» аналогичны свойствам препятствия. «Распространения становится активным, если для вентиляционного отверстия задана поверхность типа «горелка». Эта настройка позволяет задать радиальное распространение пламени с заданной скоростью из заданной точки.

Свойства вентиляцис	онного отверстия
Общие Геометрия	a
Описание:	Вентиляционное отверстие01
Группа:	<b>ൿ</b> Модель ▼
Активация:	<Всегда включен> 💌
Поверхность:	INERT -
🔲 Задать цвет	
🔲 Отображать к	онтурами
Начало координа	т текстуры
Относителы	но объекта
X: 0,0 m	Y: 0,0 m Z: 0,0 m
Распространение	пламени
Скорость распр	юстранения: 0,0 m/s
Начало X; О	),5 m Y: 0,5 m Z: 0,0 m
Границы	
Минимум Х:	0,0 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 0,0 m
Максимум Х:	1,0 m Максинун Y: 1,0 m Максинун Z: 0,0 m
	ОК Отмена

Рисунок 3-33 Окно свойств вентиляционного отверстия

#### 3.4 Инструменты управления сценой

Для навигации в трехмерном режиме предусмотрен ряд инструментов. Инструменты в 3D-виде находятся на панели инструментов навигации.



- Инструмент «Выбрать и управлять объектами» <sup>К</sup>. Многоцелевой инструмент позволяет выполнить большинство функций управления объектами.
  - Выделение. Кликните левой кнопкой мыши по объекту, чтобы выделить его. Нажмите левую кнопку мыши и перетащите курсор, чтобы нарисовать рамку выделения и выделить все объекты внутри рамки. Двойной щелчок мыши выделит объект и откроет его окно свойств. Удерживайте ALT при выделении, чтобы выбрать иерархический родительский объект. Правая кнопка мыши открывает контекстное меню для выделенного объекта.
  - Перемещение. Перемещайте зажатую среднюю кнопку мыши для перемещения модели.
  - Вращение. Перемещайте зажатую правую кнопку мыши для вращения модели.
  - Редактирование. Если объект выделен, на нем могут появиться манипуляторы для редактирования (синие точки или грани). Один щелчок левой кнопкой начнет редактирование, или можно перетащить зажатую левую кнопку мыши для редактирования одним движением. Более подробная информация – в разделе «Редактирование объектов».
- Инструмент «Навигация Smokeview» 🗇. Еще один многоцелевой инструмент, но более ограниченный, чем предыдущий.

- Выделение. Действует аналогично инструменту выделения, кроме рисования рамки выделения.
- Вращение. Перемещайте левую нажатую кнопку мыши для вращения.
- о **Перемещение**. Удерживайте SHIFT при перемещении любой кнопки мыши.
- о **Масштаб**. Удерживайте ALT при перемещении любой кнопки мыши.
- Редактирование. Этот инструмент не позволяет выполнять редактирование.
- Инструмент «Панорама» Ж. Этот инструмент позволяет камере двигаться внутри модели, а не только снаружи. Инструмент требует некоторого времени на освоение, но позволяет получить уникальные виды модели.
  - о Выделение. Так же как «Навигация Smokeview».
  - Рассмотрение. Перемещайте любую нажатую кнопку мыши, чтобы оглядеться по сторонам. Камера будет поворачиваться вокруг своего положения, как в видеоиграх от первого лица.
  - Перемещение. Удерживайте ALT при перемещении мыши, чтобы перемещать камеру вверх и вниз вдоль оси Z. Удерживайте CTRL, чтобы перемещать камеру вперед-назад и из стороны в сторону в плоскости XY.
- Инструменты «Перемещение» 👎, «Масштаб» 🦠, «Масштабная рамка» 🛸. Инструменты имеют ограниченную функциональность по сравнению с описанными выше. Для выполнения нужного действия перемещайте мышь с любой нажатой кнопкой.



Рисунок 3-35 Вид снаружи модели



Рисунок 3-36 Вид изнутри модели

## 3.4.1 Масштаб

Масштаб модели может быть уменьшен или увеличен при работе любого инструмента навигации с помощью вращения колесика мыши. Вращение колесика вверх увеличивает изображение, вращение вниз – уменьшает. При работе любого инструмента кроме «Панорамы» колесико мыши приближает точку возле курсора. При работе инструмента «Панорама» увеличение выполняется для центра вида.

#### 3.4.2 Сброс вида

Сбросить параметры камеры можно с помощью сочетания клавиш CTRL + R или инструмента «Показать все видимые объекты» <sup>+</sup>. При этом в поле зрения появится вся модель. Кроме того, можно сбросить камеру на текущее выделение сочетанием клавиш Ctrl + E «Показать все видимые, выделенные объекты» <sup>-</sup>. Это установит масштаб по выбранным объектам. Сброс вида также влияет на изменение центра орбиты.

# 3.4.3 Орбита

Вращение по орбите заставляет камеру поворачиваться вокруг фокальной точки — центра модели или центра выделения, в зависимости от того, какое последнее действие сброса было выполнено. По умолчанию орбита представляет собой невидимую сферу вокруг модели, которую можно захватывать мышью и поворачивать. Другой вариант работы — как в Smokeview — устанавливается в меню «Вид» командой «Использовать управление, схожее со Smokeview». В этом режиме при движении мыши с нажатой правой клавишей камера поворачивает вокруг оси Z влево и вправо, и вокруг локальной оси X при движении вверх и вниз.

#### 3.4.4 Фильтрация

Есть несколько способов отфильтровать объекты, показываемые в 3D-виде. Фильтрация выполняется с помощью плоскостей обрезки, соответствующих этажам, или с помощью кнопок фильтрации, которые могут быстро показать или скрыть целую категорию объектов.

Для использования обрезки пользователь сначала должен задать этажи в модели. После того как этажи заданы, этаж можно выбрать, используя раскрывающийся список этажей вверху 2D и 3Dвида.



Рисунок 3-37 Выбор этажа

После того как этаж выбран, плоскости обрезки применяются ко всей модели, показывая объекты только в выбранной области.

Кроме того, фильтрация может выполняться с помощью панели инструментов фильтрации. Включение/отключение этих кнопок быстро показывает/скрывает все объекты определенного типа – препятствия, отверстия, и т.д.



Рисунок 3-38 Панель отображения объектов

Фильтрация также применяется к сеткам, но слегка иным способом. Вместо того, чтобы включать/отключать отображение сетки, пользователь может показывать/скрывать три разных компонента сетки, используя панель инструментов. Эта панель позволяет видеть линии сетки, границы сетки или контуры сетки. Ниже показаны различные элементы сетки. На рисунке (а) показаны линии сетки, на (б) – границы, на (в) – контуры.



Рисунок 3-39 Панель отображения сеток



Рисунок 3-40 Внешний вид сеток (а) отображение линий сетки (б) отображение границ сетки (в) отображение контуров сетки

Подложку на этаже можно показать/скрыть кнопкой «Показать подложку» 🖹 возле раскрывающегося списка этажей.

## 3.5 Инструменты рисования

PyroSim имеет целый набор инструментов для рисования и редактирования. Эти инструменты расположены на панели инструментов с левой стороны в 2D и 3D.



Рисунок 3-41 Панель инструментов рисования

Некоторые инструменты позволяют пользователю создавать и редактировать объекты, например, стены и перекрытия, которые не соответствуют сетке FDS. В таких случаях PyroSim автоматически преобразует сложные формы в блоки по сетке при создании входного файла FDS. Эти блоки можно предварительно посмотреть в интерфейсе, нажав кнопку «Предварительный просмотр блоков FDS»

Дополнительная информация о преобразовании в блоки приведена в разделе «Угловая геометрия».

#### 3.5.1 Выбор инструмента

Чтобы начать рисовать или редактировать объект с помощью инструмента, нужно кликнуть по иконке инструмента на панели. При одинарном нажатии инструмент будет активирован для однократного рисования/редактирования, после завершения действия он отключится и будет активирован последний использованный инструмент навигации.

Чтобы создать несколько объектов одного типа подряд, инструмент можно «пришпилить», кликнув по иконке дважды. На иконке появится зеленая точка.



Рисунок 3-42 Выбор инструмента для (а) однократного создания объекта (б) многократного создания объекта

При каждом нажатии на инструмент его состояние переключается, так что, если еще раз нажать на «пришпиленный» инструмент, он перейдет в обычное состояние.

Если нужно отменить текущий инструмент, нажмите ESC на клавиатуре. При этом также отменяется пришпиливание и активируется последний навигационный инструмент.

#### 3.5.1.1 Режимы инструментов

Большинство инструментов, например, рисование стены, требуют задания как минимум двух точек для выполнения действия. Такие инструменты могут работать в двух режимах:

- Режим «Многократные нажатия». Такой режим позволяет пользователю задавать каждую нужную точку одним нажатием левой кнопки мыши. Также этот режим поддерживает точный ввод значений с клавиатуры.
- Режим «Нажать и тащить». Такой режим позволяет пользователю задать две точки. Как только пользователь нажимает левую кнопку мыши, создается первая точка. Затем пользователь перетаскивает курсор мыши на новое место (удерживая при этом левую клавишу мыши). Как только левая клавиша будет отпущена, создастся вторая точка (и весь объект или действие).

#### 3.5.1.2 Свойства инструментов

Каждый инструмент имеет набор свойств, который может быть изменен нажатием кнопки «Свойства инструмента» <sup>П</sup>. Кнопка расположена внизу панели инструментов и становится активной при выборе инструмента (для каждого инструмента свои свойства). В свойствах можно задать уровень, высоту, поверхность и цвет, а также некоторые другие настройки.

#### 3.5.1.3 Быстрые действия

Кроме свойств инструмента, каждый инструмент имеет дополнительные быстрые действия. Чтобы увидеть эти действия, выберите инструмент и нажмите правую кнопку мыши в 2D или 3D-виде. Откроется контекстное меню со списком быстрых действий. Ниже показан пример меню быстрых действий для инструмента стены.



Рисунок 3-43 Контекстное меню с быстрыми действими для инструмента создания стены

В этом меню пользователь может выполнить некоторые действия для инструмента — замкнуть полигон, выбрать поверхность, установить выравнивание и т.д.

#### 3.5.1.4 Привязка

Привязка — единственный способ точно рисовать и редактировать объекты. Это процесс нахождения некоторых элементов сцены, например, вершин или граней вблизи курсора, и привязки курсора к ним, как магнитом.

В PyroSim привязка может выполняться к расчетной сетке, объектам модели и ортографическим линиям. В 2D-режиме дополнительно возможна привязка к эскизной сетке и полярным (угловым) линиям. Если точка привязки найдена, на конце курсора появляется точка индикатора.

# 5 6

По умолчанию привязка включена. Ее можно отключить при нажатии ALT на клавиатуре при использовании инструмента рисования/редактирования.

#### Привязка к расчетной сетке

Если в модели созданы расчетные сетки, PyroSim может привязываться к ним при рисовании и редактировании. Для каждой видимой сетке PyroSim может привязываться к краям сетки, граням сетки, линиям сетки и пересечениям линий, в зависимости от того, какие настройки отображения сетки активны.

#### Привязка к эскизной сетке (только 2D)

PyroSim также дает возможность привязки к эскизной сетке, видимой в 2D-виде.



Рисунок 3-44 Эскизная сетка

При создании новой модели эскизная сетка видна и может использоваться. Расстояние между линиями по умолчанию 1 метр, но его можно изменить в меню «Вид», команда «Установить шаг эскизной сетки...».

Когда пользователь создает расчетную сетку, PyroSim автоматически переключается на привязку к ней, и скрывает эскизную сетку. В 2D-виде PyroSim может привязываться только к эскизной сетке или к видимым расчетным сеткам. Для переключения режимов привязки в меню «Вид» измените «Привязку к эскизной сетке» на «Привязку к сетке модели». Чтобы отключить привязку к сеткам, выберите «Отключить привязку к сетке».

**Примечание:** в FDS имеет значение расчетная сетка, а не эскизная. Использование расчетной сетки гарантирует, что модель будет соответствовать FDS. Некоторые пользователи создают все объекты модели строго согласно ячейкам сетки. Хотя внешний вид при этом состоит из блоков, он является истинным видом геометрии и гарантирует, что в модели не окажется никаких неожиданных щелей.

#### Привязка к объектам

При рисовании/редактировании может выполняться привязка во всем видимым объектам. Есть три категории типов геометрии, к которым можно привязываться: грани, края и вершины. Объекты могут иметь любую комбинацию этих типов. Если вблизи курсора есть несколько типов, PyroSim предпочтет вершины краям и края граням.

#### Линии привязки

Линии привязки – это динамические линии, видимые только когда курсор находится вблизи них. Они представляют собой бесконечные пунктирные линии. PyroSim поддерживает два типа линий:

• Ортографические. Позволяют пользователю привязываться к линиям, параллельным осям X, Y, Z от последней точки. Например, при рисовании многоугольной плиты, после каждой заданной точки появятся три ортографические линии от последней созданной точки для помощи в создании новой. • Полярные (только 2D). Похожи на ортографические, но показываются 15-градусные приращения от текущего локального положения оси Х.



Рисунок 3-45 Работа с линиями привязки

#### Закрепление линий привязки

При использовании линий привязки их можно закрепить, удерживая SHIFT на клавиатуре. При этом появится вторая пунктирная линия от курсора к закрепленной линии (первая пунктирная лини). Это полезно при создании протяженных объектов вдоль линий с другими объектами.

Например, в модели уже создан прямоугольник. Вторая плита должна быть нарисована так, чтобы третья точка плиты оказалась на одной линии с правой стороной первого прямоугольника. Это делается следующим образом:

- После того как указана вторая точка плиты, курсор двигается пока линия привязки вдоль оси X не становится видимой.
- 2. Удерживается SHIFT для закрепления линии привязки.
- 3. Курсор двигается к точке на правой стороне прямоугольника, SHIFT все еще удерживается.

**Примечание**: Расстояние, показанное на рисунке – это расстояние от второй до третьей точки на закрепленной линии, а не от второй точки до положения курсора.


Рисунок 3-46 Закрепление линий привязки

#### 3.5.1.5 Точный ввод значений с клавиатуры

При использовании инструментов рисования/редактирования возле курсора может появиться всплывающее окно. Это окно показывает значение, используемое для определения следующей точки или текущего инструмента. На рисунке показано значение «Расстояние» от предыдущей точки вдоль вектора от предыдущей точки к текущему положению курсора. Для других инструментов это может быть угол, или относительное смещение, или еще что-то.

Значение можно редактировать, если об этом сообщается в строке состояния внизу. Например, на рисунке в строке состояния написано «Введите расстояние или нажмите ТАВ для других вариантов». Если пользователь начинает печатать, всплывающее окно будет заменено окном редактирования. Если пользователь нажимает ENTER, значение применяется. Если нажать ESC, ввод с клавиатуры будет отменен.

Нажатие ТАВ переключает возможные альтернативы ввода по замкнутому циклу. Например, нажатие ТАВ для инструмента стены позволит пользователю ввести относительное смещение от последней точки вместо расстояния. Нажатие ТАВ второй раз позволит ввести абсолютную позицию следующей точки. Третье нажатие снова вернется к расстоянию.



Рисунок 3-47 Ввод расстояния с клавиатуры

Ввод с клавиатуры может быть удобнее для некоторых пользователей при использовании режима «Многократные нажатия» вместо «Нажать и тащить». Использование многократных нажатий позволяет работать двумя руками при печати, тогда как при «нажать и тащить» одна рука остается занятой мышью.

#### 3.5.2 Инструменты рисования препятствий

Для рисования препятствий предусмотрено четыре инструмента:

- Нарисовать плиту 🥏 . Используется для рисования плит перекрытий.
- Нарисовать стену 🔎. Используется для рисования стен.
- Нарисовать блок 톋. Используется для заполнения ячейки сетки препятствием.
- Нарисовать помещение 🥙. Используется для рисования прямоугольного помещения.

Для всех инструментов рисования препятствий окно инструмента свойств отличается для этих инструментов – геометрия, например, положение Z и толщина. Все остальные свойства, включая название, поверхность, цвет и флаги свойств одинаковы для всех. Эти параметры управляют свойствами, которые будут применены для следующих нарисованных объектов.

Свойства инструментов	X
Название:	Препятствие
Положение Z:	0,0 m
Высота:	2,75 m
Толщина стены:	0,2 m
Поверхность:	INERT V
Цвет:	Из поверхности 💌
Расширить	
📝 Разрешить отверстия	
	ОК Отмена

Рисунок 3-48 Свойства инструмента создания стены

Поверхности и цвета следующих препятствий также могут быть настроены через контекстное меню инструмента.

#### 3.5.2.1 Инструмент создания плиты

Плита является расширенным многоугольником, так что может использоваться для создания перекрытий этажей в здании.



Рисунок 3-49 Создание плиты

Инструмент плиты 🥏 добавляет два дополнительных свойства к окну инструментов для препятствий:

- Положение [X, Y, Z]: задает плоскость рисования плиты. При изменении активного этажа устанавливается на значение «Уровень» минус «Толщина перекрытия».
- Толщина: толщина плиты. При изменении активного этажа устанавливается на значение толщины перекрытия этажа. Если значение положительное, плита расширяется в направлении камеры. Если отрицательное от камеры. Направление расширения можно изменить, нажав CTRL на клавиатуре или через контекстное меню инструмента.

Чтобы задать вершины многоугольной плиты, необходимо:

- 1. Выбрать инструмент «Нарисовать плиту» на панели инструментов.
- 2. Задать углы плиты, используя один из двух режимов инструмента:
- «Нажать и тащить», чтобы нарисовать ориентированный по осям многоугольник по двум точкам.
- «Многократные нажатия», чтобы задать вершины многоугольной плиты. Плита автоматически замкнется, если второй раз кликнуть по исходной точке, или если в контекстном меню выбрать «Закрыть».

#### 3.5.2.2 Инструмент создания стены

Инструмент создания стены 🏴 можно использовать для рисования много-сегментной стены. На рисунке изображена всего одна стена. Пользователь задает путь по этажу, от которого стена расширяется вверх. Стена может выравниваться слева, справа или по центру пути рисования.



Рисунок 3-50 Создание стены

Инструмент стены добавляет три дополнительных свойства к окну инструментов для препятствий:

- **Положение Z**: задает плоскость рисования низа стены. При изменении активного этажа устанавливается на значение «Уровень».
- **Высота**: высота стены. Должна быть положительной. При изменении активного этажа устанавливается на значение «Высота стены».
- Толщина стены: толщина стены.

Выравниванием стены можно управлять через контекстное меню или переключать по кругу нажатием CTRL на клавиатуре. Различные выравнивания показаны ниже.



Рисунок 3-51 Выравнивание слева



Рисунок 3-52 Выравнивание справа



Рисунок 3-53 Выравнивание по центру

Чтобы задать стену, необходимо:

- 1. Выбрать инструмент «Нарисовать стену» на панели инструментов.
- 2. Задать углы стены, используя один из двух режимов инструмента:
- «Нажать-и-тащить», чтобы нарисовать один сегмент стены.
- «Многократные нажатия», чтобы задать несколько точек, между которыми будет нарисован сегмент стены. Если кликнуть повторно на первой точке после того как было нарисовано как минимум два отрезка стены или выбрать «Закрыть» в контекстном меню, инструмент соединит последнюю точку с первой и завершит рисование. Либо можно завершить рисование стены в любой точке, выбрав «Завершить» в контекстном меню.

## 3.5.2.3 Инструмент создания блоков

Инструмент создания блоков 🔎 может использоваться для быстрого заполнения ячеек сетки препятствиями или для размещения одного блока одним кликом.



Рисунок 3-54 Создание блоков

Инструмент добавляет следующие дополнительные свойства к окну инструментов для препятствий:

- Положение [X, Y, Z]: задает плоскость рисования. При изменении активного этажа устанавливается на значение «Уровень».
- **Высота**: расстояние, на которое блок расширяется к камере или от камеры. При изменении активного этажа устанавливается на значение «Высота стен».
- Размер: размер блоков, когда нет сетки для привязки.

Кроме того, направление расширения может быть изменено нажатием CTRL на клавиатуре или в контекстном меню инструмента.

Чтобы задать блоки с помощью этого инструмента, необходимо:

- 1. Выбрать инструмент «Нарисовать блок» на панели инструментов.
- Если видна расчетная или эскизная сетка, либо кликнуть один раз по ячейке, чтобы заполнить ее, или нажать и тащить курсор, чтобы «рисовать» блоками. Глубина ячеек не обязательно должна быть глубиной ячеек в заполняемой сетке. Глубина задается инструментом «Высота» инструмента.

#### 3.5.2.4 Инструмент создания помещения

Инструмент создания помещения 🌌 используется для рисования прямоугольного помещения с замкнутыми стенами.



Рисунок 3-55 Создание помещения

Инструмент создания помещений имеет те же свойства, что и инструмент создания стен.

Чтобы нарисовать помещение:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать помещение» 🏉 на панели инструментов.
- 2. Двумя кликами или в режиме «нажать-и-тащить» нарисуйте две точки, задающие внешние границы помещения.

### 3.5.3 Инструменты создания отверстий

Есть три инструмента для создания отверстий:

- Отверстие в плите 🥏 для рисования отверстия в плите перекрытия.
- Отверстие в стене 🔎 для рисования отверстий в стенах, например, окна или двери.
- Отверстие в блоке 🔲 для заполнения ячейки сетки отверстием.

Все эти инструменты работают так же, как их собратья-препятствия, но у них нет свойств, характерных для препятствий, например, поверхностей.

### 3.5.4 Инструмент создания вентиляционного отверстия

Единственный инструмент для рисования вентиляционных отверстий 🗐. PyroSim позволяет создавать вентиляционные отверстия только в плоскостях X, Y, Z. Их нельзя нарисовать вне осей, как стены.

Кроме того, вентиляционные отверстия должны находиться на твердой поверхности (как минимум в одну ячейку сетки толщиной) или на границе сетки. Удобно рисовать вентиляционные отверстия в 3D-виде.

Чтобы нарисовать вентиляционное отверстие:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» 🖻 на панели инструментов.
- 2. Используйте режим «Нажать-и-тащить» или режим «Многократные нажатия», чтобы задать две точки, определяющие внешние границы вентиляционного отверстия.
- Если действие выполняется в 2D, вентиляционное отверстие будет задано в плоскости, установленной в свойствах инструмента и зависящей от выбранного вида (в виде сверху рисование происходит в плоскости XY, в виде спереди – в плоскости XZ и т.д.)
- При рисовании в 3D-виде вентиляционное отверстие будет нарисовано в плоскости, содержащей две заданные точки. Если две точки не лежат в плоскости, ориентированной по осям, то будет выбрана плоскость по оси, содержащая первую точку и с максимальной площадью вентиляционного отверстия.

#### 3.5.5 Инструмент создания сетки

Расчетная сетка также может быть нарисована на сцене инструментом «Нарисовать сетку» 🥮.



Рисунок 3-56 Создание сетки

Инструмент имеет следующие свойства:

- Положение [X, Y или Z]. Плоскость рисования, содержащая нижний край сетки. При изменении активного этажа устанавливается на «Уровень» этажа минус «Толщина перекрытия».
- Высота. Глубина сетки в текущем виде. При изменении активного этажа устанавливается равной «Высота стены» плюс «Толщина перекрытия».
- **Ячейки**. Задает, как будет сетка разбита на ячейки. Возможно два варианта фиксированный размер или фиксированное количество:
- Фиксированный размер. Каждая ячейка имеет фиксированный размер. При рисовании сетки граница будет привязываться к целому числу ячеек сетки заданного размера. На рисунке А показано рисование сетки с фиксированной ячейкой 0,25х0,25х0,25 метров. Как видно, сетка привязывается не к точке курсора, а к ближайшему кратному 0,25 м.
- Фиксированное количество. Для каждого направления задано количество ячеек сетки. На рисунке Б показана сетка, нарисованная с фиксированным количеством 10x10x10. Видно, что размеры ячеек отличаются по разным направлениям сетки.



Рисунок 3-57 Создание сетки (а) с фиксированным размером ячейки (б) с фиксированным количеством ячеек

#### Чтобы нарисовать сетку:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать сетку» 🤎
- 2. Задайте два противоположных угла сетки.

#### 3.5.6 Инструмент разделения сеток

Вычислительные сетки можно разделить на две или более сетки, используя инструмент «Разделить

сетки» 💳. Чтобы разделить одну или несколько сеток:

- 1. Выберите нужные сетки в дереве объектов, или удерживайте «g» на клавиатуре при выделении сеток.
- 2. Выберите инструмент «Разделить сетки».
- 3. Перемещайте курсор по одной из сеток. Будет отображаться предварительный разрез, по которому сетки будут разделены. По умолчанию инструмент выбирает ось для разделения по ближайшей грани выбранной сетки. Ось разделения можно установить в контекстном меню инструмента, в окне свойств инструмента, или удержанием CTRL на клавиатуре.
- 4. Когда положение разделения будет установлено, кликните левой кнопкой мыши для установления места.
- 5. Повторите шаги 3 и 4 для дальнейших разделений. Сетки можно разделять вдоль любого количества осей за раз.
- 6. Чтобы выполнить разделение, в контекстном меню выберите «Завершить».
- 7. Для каждой сетки будет создана новая группа и получившиеся сетки будут помещены в соответствующую группу.



Рисунок 3-58 Использование инструмента "Разделить сетки"

#### 3.5.7 Инструмент создания устройств

PyroSim позволяет создавать точечные устройства с помощью инструмента «Нарисовать устройство» 🐝

Инструмент создания устройства имеет следующие свойства:

- Положение [X, Y или Z]. Плоскость рисования, на которой будет помещено устройство. При изменении активного этажа устанавливается на уровень этажа плюс половина высоты стены.
- **Тип устройства**. Задает тип точечного устройства. Это может быть спринклер, дымовой детектор, измеритель в газовой или твердой фазе и т.д. Изменение типа устройства изменяет также другие редактируемые свойства в окне свойств.

Чтобы нарисовать устройство, выполните следующие действия:

1. Выберите инструмент создания устройства 👫

#### 2. Кликните в выбранной точке.

**Примечание**: при создании устройства в 3D-виде, положение устройства будет привязываться поразному в зависимости от того, является ли устройство измерителем в твердой фазе или в газовой фазе. Для измерителей в твердой фазе устройство привязывается непосредственно к точке под курсором. Это упрощает задачу размещения устройства на препятствии. Для устройств в газовой фазе положение устройства проектируется на плоскость, установленную в свойствах инструмента. Это упрощает задачу рисования устройства на заданной высоте над полом. Поведение привязки можно изменить в контекстном меню, выбрав «Установить Z по плоскости рисования» или «Установить Z по месту привязки». Первое – автоматическое поведение для датчика в газовой фазе, второе – для датчика в твердой фазе.



Рисунок 3-59 Создание устройства на сцене

#### 3.5.8 Инструмент измерительной плоскости

Измерительные плоскости, которые обсуждаются в разделе «Плоскости», могут быть нарисованы инструментом «Нарисовать плоскость» 💴. Для этого:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать плоскость» 💴.
- 2. В свойствах инструмента выберите величину для записи на плоскости, положение, где будет рисоваться плоскость, и должны ли записываться вектора.
- Переместите курсор в желаемое положение. Предварительное отображение будет показано. Плоскость можно изменить в контекстном меню, кликнув и перетащив левую кнопку мыши, или нажав CTRL на клавиатуре.
- 4. Нажатие левой кнопки мыши создаст плоскость.



Рисунок 3-60 Создание плоскости на сцене

#### 3.5.9 Инструмент создания узла HVAC

Узел НVAC можно нарисовать инструментом «Нарисовать узел HVAC» <sup>№</sup>. Для этого:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать узел HVAC» Ņ
- 2. В свойствах инструмента выберите желаемую высоту узла.
- 3. Переместите курсор на желаемую плоскость.
- 4. Клик левой кнопкой мыши создаст узел.



Рисунок 3-61 Создание узла HVAC

#### 3.5.10 Инструмент создания воздуховода HVAC

Воздуховод НVAC можно нарисовать инструментом «Нарисовать воздуховод HVAC» 📮. Для этого:

- 1. Выберите инструмент «Нарисовать воздуховод HVAC» Ц
- 2. Кликните по первому узлу HVAC. Лучше выделять узлы в порядке, в котором движется воздух в воздуховоде.
- 3. После выделения первого уза появится зеленая линия от узла до курсора, показывая воздуховод. Завершите его, указав второй узел.



Рисунок 3-62 Создание воздуховода HVAC

# 3.5.11 Другие инструменты рисования

PyroSim также позволяет использовать инструменты рисования «Область начальных значений» 🔟 , «Облако частиц» 🥸 , «Зона» 🖽 . Эти инструменты создают выравненные по осям прямоугольники и ведут себя сходным образом. Они имеют следующие свойства:

- Положение [X, Y или Z]. Плоскость рисования инструмента. При изменении активного этажа устанавливается равной уровню этажа.
- Высота. Глубина нарисованной области в текущем виде. При изменении активного этажа устанавливается равной высоте стены.

Чтобы нарисовать один из объектов:

- 1. Выберите соответствующий инструмент.
- 2. Укажите две точки, определяющие внешние границы прямоугольной области.

# 3.5.12 Редактирование объектов

Почти все геометрические объекты можно редактировать графически в 2D или в 3D-виде с помощью инструмента «Выбрать и управлять объектами» **k**.

Редактирование выполняется с помощью манипуляторов объекта. Манипуляторы выглядят либо как синие точки, либо как грань другого цвета. Синие точки обозначают вершины, которые можно перемещать в двух или трех направлениях. Грани обозначают грани, которые можно перемещать или расширять вдоль линии.



Рисунок 3-63 Манипуляторы объекта – точки

Для графического редактирования объекта:

- 1. Выделите инструмент «Выбрать и управлять объектами» <sup>к</sup> на панели инструментов управления.
- 2. Выберите один объект для редактирования. Если объект можно редактировать графически, появятся синие манипуляторы.
- 3. Наведите курсор на нужный манипулятор. Если манипулятор является точкой, он станет желтым. Если манипулятор грань, то вся грань станет желтой.
- 4. Передвиньте манипулятор, используя режим «Нажать-и-тянуть» или режим «Многократные нажатия», чтобы задать две точки вектора.



Рисунок 3-64 Манипуляторы объекта – грань

# 3.5.13 Преобразование объектов

PyroSim предоставляет различные инструменты для трансформации объектов. Пользователь может перемещать, поворачивать и отражать объекты с помощью инструментов. Режим копирования

Каждый инструмент имеет альтернативный режим для копирования объекта при трансформации. Чтобы включить/отключить режим копирования, нажмите CTRL на клавиатуре, либо выберите режим в контекстном меню инструмента. При использовании режима копирования выделенные объекты будут скопированы, а копии трансформированы. Инструмент перемещения

Инструмент позволяет пользователю переместить объекты на новое место. Для использования инструмента:

- 1. Выберите нужные объекты.
- 2. Включите инструмент перемещения 🌄 на панели инструментов рисования.



3. Кликните два раза на сцене, задавая вектор перемещения.

Рисунок 3-65 Перемещение объекта

#### 3.5.13.1 Инструмент вращения

Инструмент позволяет пользователю поворачивать выбранные объекты. Для использования инструмента:

- 1. Выберите необходимые объекты.
- 2. Включите инструмент вращения 🛡 на панели инструментов.
- 3. Одним кликом укажите центр вращения.
- 4. Одним кликом укажите точку, задающую базовый вектор, от первой точки ко второй. От этого вектора будет отсчитываться угол поворота.
- 5. Одним кликом укажите третью точку, чтобы задать вектор поворота от первой точки к третьей. Объект будет повернут на угол между базовым и поворотным векторами.

Далее заданы оси, вокруг которых объект вращается в каждом виде:

- 3D-вид: ось Z
- Вид сверху: ось Z

- Вид спереди: ось Ү
- Вид сбоку: ось –Х



Рисунок 3-66 Вращение объекта: (а) задание центра вращения (б) задание базового вектора (в) задание угла поворота

#### 3.5.13.2 Инструмент отражения

Инструмент отражения позволяет отразить объект в плоскости. Для использования инструмента:

- 1. Выделите объекты.
- 2. Включите инструмент отражения 🔱 .
- 3. Задайте две точки, создающие плоскость, в которой будет отражен объект.



Рисунок 3-67 Отражение объекта: (а) исходное положение (б) плоскость отражения и конечное положение объекта

#### 3.5.14 Инструменты анализа

Графики результатов могут быть построены для тепловых детекторов, термопар и других измерителей, и статистики. После запуска моделирования вы можете посмотреть графики, нажав кнопку Га на панели инструментов. Будут показаны данные для тепловых результатов. Чтобы посмотреть данные устройств и элементов управления, нажмите стрелку вниз возле графика и выберите нужный тип. Кроме того, можно выбрать «График зависимости величин от времени» в меню «FDS». График теплового датчика приведен на рисунке. Пользователь может экспортировать изображение в файл.



Рисунок 3-68 График зависимости величин от времени

# 4 Основы работы в Smokeview

Запустить Smokeview можно следующими способами:

- нажать кнопку на верхней панели инструментов «Просмотр результатов в Smokeview» 🕌
- выбрать пункт «Запустить Smokeview» в меню «FDS»
- в окне моделирования нажать кнопку «Запустить Smokeview»
- открыть папку с сохраненным расчетом и запустить файл с расширением «smv».

Обратите внимание, что открыть Smokeview из интерфейса PyroSim возможно только в том случае, если в названии расчета отсутствуют русские символы! Если файл расчета назван по-русски, запустить Smokeview можно только последним способом.

🔍 ex	
Smokeview 6.1.5 - Nov 22 2013	
	mesh: 1

Рисунок 4-1 Окно программы Smokeview

Управление сценой в SmokeView выполняется следующим образом:

- Поворот модели левой клавишей мыши
- Перемещение вверх-вниз при удержании клавиши ALT
- Приближение-отдаление модели при удерживании клавиши CTRL
- При клике правой кнопкой мыши открывается меню, где можно выполнить настройки отображения и загрузить результаты



После загрузки результатов на сцене справа появится цветовая шкала, снизу – бегунок времени:

Рисунок 4-2 Окно с загруженными результатами

К сожалению, меню в программе не русифицируется, поэтому придется работать с английскими названиями.

Полностью описывать все возможные настройки и параметры мы не будем (все это можно посмотреть в руководстве пользователя), пройдемся по основным моментам.

### 4.1 Меню Load/Unload (загрузка/выгрузка результатов)

В этом меню выполняется загрузка/выгрузка результатов расчета.

Load/Unload	. ►	3D smoke	
Show/Hide	• 5	Multi-Slices	- +
Options	•	Slice file	_ <b>→</b>
Dialogs	•	Isosurface file	→
Help	•	Boundary file	_ <b>→</b>
Quit		Particle file	- +
		Plot3d file	- +
		-	
		Configuration files	→
		Scripts	- <b>-</b> +
		Compression	- +
		Show file names	
		Redirect messages to 1_(2).smvlog	
		Reload	- +
		Unload all	

Рисунок 4-3 Меню Load/Unload

При наведении курсора на пункт меню появляется вложенное меню с подпунктами.

Данные для визуализации рассортированы по типам (плоскости, граничные величины и т.п.). Отображаются только те типы, которые есть в модели (если в PyroSim вы не задавали граничные величины, то пункт Boundary file будет отсутствовать).

Одновременно можно загрузить несколько разных величин для отображения.

	Load/Unload	•	3D smoke	•	SOOT MASS FRACTION - All meshes
	Show/Hide	•	Multi-Slices	•	HRRPUV - All meshes
	Options		Slice file		-
	Dialogs		Isosurface file	•	SOOT MASS FRACTION - single mesh
	Help		Boundary file	•	HRRPUV - single mesh
	Quit		Particle file	- ▶	
_		_	Plot3d file	•	
			-		
			Configuration files	•	
			Scripts	•	
			Compression	•	
			Show file names		
			Redirect messages to 1_(2).smvlog		
			Reload	•	
			Unload all		

# 4.1.1 3D smoke (визуализация дыма и пламени)

Рисунок 4-4 Меню 3D smoke

# Визуализация дыма (SOOT MASS FRACTION)



Рисунок 4-5 Распространение дыма

Визуализация пламени (HRRPUV)



Рисунок 4-6 Распространение пламени

Load/Unload	•	3D smoke	- + ]		
Show/Hide	•	Multi-Slices	•	SOOT VISIBILITY	
Options	•	Slice file	•	TEMPERATURE	
Dialogs	•	Isosurface file	•	-	13
Help	•	Boundary file	•	*defer slice coloring	L
Quit		Particle file	•	Unload	
		Plot3d file	_ + ]		
		-			
		Configuration files			
		Scripts	- <b></b>		
		Compression	→		
		Show file names			
		Redirect messages to 1_(2).smvlog			
		Reload	F		
		Unload all			

#### 4.1.2 Multi-Slices (множественные плоскости)

Рисунок 4-7 Меню Multi-Slices

Плоскости для отображения величин. Необходимо выбрать величину, которую вы хотите загрузить (например, SOOT VISIBILITY – дальность видимости, TEMPERATURE – температура), и далее выбрать расположение плоскости.

Будут загружены данные для всей выбранной плоскости, во всех сетках, которые она пересекает.



Рисунок 4-8 Вертикальная плоскость

#### 4.1.3 Multi-Vector Slices (множественные векторные плоскости)

Load/Unload	•	3D smoke	•	1	
Show/Hide	•	Multi-Slices	•		
Options		Multi-Vector Slices	•	VELOCITY	•
Dialogs		Slice file	►	-	L
Help		Vector slices	•	Show all vector slice menu entries	
Quit		Particle file	•	Unload	
		-			
		Configuration files	►		
		Scripts	•		
		Compression	•		
		Show file names			
		Redirect messages to ex2.smvlog			
		Reload	•		
		Unload all			

Рисунок 4-9 Меню Multi-Vector Slices

Векторные плоскости – отображается поле векторов в заданной плоскости. Чтобы получить векторные результаты, при задании плоскостей в PyroSim необходимо для нужной плоскости в столбце «Использовать вектор?» выбрать «Да». Обычно векторные плоскости используются для отображения скоростей.



Рисунок 4-10 Векторная плоскость

# 4.1.4 Slice file (плоскости)

То же, что и Multi-Slices, но можно выбрать отдельные сетки, в которых будут отображаться плоскости.

Load/Unload	•	3D smoke	►			
Show/Hide	×.	Multi-Slices	•			
Options	•	Multi-Vector Slices	•			
Dialogs	+	Slice file	•	CARBON DIOXIDE DENSITY		
Help	+	Vector slices	×.	CARBON MONOXIDE DENSITY	- +	
Quit		Particle file	•	HYDROGEN CHLORIDE DENSITY	- +	
		-		OXYGEN DENSITY	→	
		Configuration files	•	SOOT VISIBILITY	•	Y=17.25, MESH
		Scripts	•	TEMPERATURE	•	Y=17.25, MESH01
		Compression	•	VELOCITY	•	Z=1.75, MESH
		Show file names		U-VELOCITY	•	Z=6.0, MESH01
		Redirect messages to ex2.smvlog		V-VELOCITY	•	-
		Reload	•	W-VELOCITY	•	Load All y
		Unload all		-		Load All z
				Unload		Load All

Рисунок 4-11 Меню Slice file



Рисунок 4-12 Плоскость только в одной сетке

В данном примере мы выбрали отображать данные только в сетке второго этажа (сравните с примером в **Multi-Slices)**.

# 4.1.5 Vector Slices (векторные плоскости)

То же, что и **Multi-Vector Slices**, но можно выбрать отдельные сетки, в которых будут отображаться плоскости.

Load/Unload	•	3D smoke	•			
Show/Hide	•	Multi-Slices	•			
Options	+	Multi-Vector Slices	•			
Dialogs	•	Slice file	•			
Help		Vector slices	+	VELOCITY	•	Y=13.75, MESH
Quit		Particle file	•	-		Y=13.75, MESH01
		-		Show all vector slice menu entries		-
		Configuration files	+	Unload		Load All y
		Scripts	• ]			Load All
		Compression	•			
		Show file names				
		Redirect messages to ex2.smvlog				
	- I	Reload	•			
		Unload all				
			_	1		

Рисунок 4-13 Меню Vector Slices



Рисунок 4-14 Векторная плоскость только в одной сетке

В данном примере мы выбрали отображать данные только в сетке второго этажа (сравните с примером в **Multi-Vector Slices)**.

			, ,		1
	Load/Unload	•	3D smoke	•	
	Show/Hide	•	Multi-Slices	•	
	Options	•	Slice file	- ⊁,	
	Dialogs	- • [	Isosurface file	•	SOOT VISIBILITY: 20.0 m - All meshes
	Help	•	Boundary file	•	-
	Quit		Particle file	•	SOOT VISIBILITY: 20.0 m - Single mesh
_			Plot3d file	•	Unload
			-	L	
			Configuration files	•	
			Scripts	•	
			Compression	•	
			Show file names		
			Redirect messages to 1_(2).smvlog		
			Reload	•	
			Unload all		
			Рисунок 4-15 Меню Isc	surfa	ice file

Изоповерхности показывают поверхности равных значений. В данном примере выбрана изоповерхность для дальности видимости со значением 20 метров – то есть будет в динамике отображаться набор точек, где дальность видимости составляет 20 метров.



Рисунок 4-16 Визуализация дыма

15

#### 4.1.7 Boundary file (граничные величины)

Load/Unload	•	3D smoke	•		
Show/Hide	•	Multi-Slices	- <b>F</b>		
Options	•	Slice file	+		
Dialogs	•	Isosurface file	- <b></b> _		
Help	- + [	Boundary file		WALL TEMPERATURE - All meshes	
Quit		Particle file	•	NET HEAT FLUX - All meshes	3
		Plot3d file	•	-	
		-		NET HEAT FLUX - Single mesh	•
		Configuration files	•	WALL TEMPERATURE - Single mesh	•
		Scripts	•	-	
		Compression	•	Update bounds	
		Show file names		Unload	
		Redirect messages to 1_(2).smvlog	1		
		Reload	+		
		Unload all			

Рисунок 4-17 Меню Boundary file

Граничные величины – отображается значение выбранных величин на твердых поверхностях.



Рисунок 4-18 Температура стен

#### 4.1.8 Particle file (отображение частиц)



Рисунок 4-19 Меню Particle file

Отображение частиц — например, при использовании спринклеров, или если в каких-то поверхностях были использованы частицы-трассировщики.



Рисунок 4-20 Отображение частиц

# 4.1.9 Plot3D file (график трехмерных данных)

_					_					
	Load/Unload	·	3D smoke	►						
	Show/Hide	•	Multi-Slices	•	L					
	Options 🕨	•	Slice file	×		temp, U-VEL, V-VEL, W-VEL, hrrpuv				
	Dialogs 🔹	•	Isosurface file	►		10.14 s	•			
	Help		Boundary file	•		20.049999 s	•			
	Quit		Particle file	•		30.02 s	►			
	-		Plot3d file	Þ		40.060001 s	•			
			-			50.029999 s	•			
			Configuration files	•		60.060001 s	•		60.060001 s, MESH	
			Scripts			70.010002 s	Þ		60.060001 s, MESH01	
			Compression			80.010002 s	•		All meshes	
			Show file names			90.010002 s	•	-		2
			Redirect messages to 1 (2) smylog			100.0 s	•			
			Reload			110.0 s	+			
						120.0 s	•			
						130.0 s	•			
						140.020004 s	•			
						150.009995 s	+			
						160.009995 s	+			
						170.009995 s				
						180.009995 s	+			
						Unload				

Рисунок 4-21 Меню Plot3D file

С определенной периодичностью производится «фотография» всего домена — записываются значения выбранных параметров каждой ячейке сетки. Можно выбрать максимум 5 параметров, по умолчанию это: три компоненты скорости, температура и скорость тепловыделения на единицу объема.



Рисунок 4-22 Визуализация данных в трех плоскостях

Плоскости можно перемещать по сетке, чтобы посмотреть значения в выбранном месте модели: стрелками вперед-назад, вверх-вниз, Page Up – Page Down.

Выбрать, какая из 5 величин отображается в модели, можно в настройках:



Рисунок 4-23 Выбор величины для отображения

#### Чтобы переключиться на просмотр векторов вместо цветных контуров:



Выгрузить (убрать со сцены отображение) загруженных данных можно либо в меню каждой конкретной величины:

	Load/Unload	►	3D smoke	۰.			
	Show/Hide	⊁	Slice file	+		CARBON DIOXIDE DENSITY	•
	Options	⊬	Particle file	۰.		CARBON MONOXIDE DENSITY	►
	Dialogs	⊬	-			HYDROGEN CHLORIDE DENSITY	•
	Help	⊬	Configuration files	+		OXYGEN DENSITY	•
	Quit		Scripts	•		SOOT VISIBILITY	•
_		_	Compression	•		TEMPERATURE	•
			Show file names			-	
			Redirect messages to ex1.smvl	log		Unload N	
			Reload		1	.2	
			Unload all				

Рисунок 4-25 Выгрузка отдельных данных

#### Либо можно выгрузить все загруженные данные в общем меню:

Load/Unload	•	3D smoke	►
Show/Hide	•	Slice file	۲
Options	•	Particle file	۲
Dialogs	•	-	
Help	•	Configuration files	►
Quit		Scripts	►
		Compression	►
		Show file names	
		Redirect messages to ex1.smvlog	
		Reload	۲
		Unload all	
		 	_

Рисунок 4-26 Выгрузка всех данных

Если вы просматриваете визуализацию в процессе расчета, и хотите обновить данные, используйте меню Reload:

Load/Unload	•	3D smoke	•	
Show/Hide	•	Slice file	•	
Options	•	Particle file	•	
Dialogs	•	-		
Help	•	Configuration files	•	
Quit		Scripts	•	
		Compression	•	
		Show file names		
		Redirect messages to ex1.smvlog	_	
		Reload	•	Reload Now
		Unload all		Reload every 1 minute
	_			Reload every 5 minutes
				Reload every 10 minutes
				Stop Rendering

Рисунок 4-27 Обновление данных

# 4.2 Меню Show/Hide (показать/скрыть)

В этом меню выполняются различные настройки отображения. Некоторые из них мы опишем, а в основном рекомендуем попробовать и посмотреть, как это выглядит в программе.

4.2.1 (	Color	(настройки	цвета)
		· ·	



Рисунок 4-28 Выбор цветовой шкалы

В этом разделе можно выполнить настройки цвета геометрии и шкалы данных.

Colorbar — цветовые настройки шкалы. По умолчанию шкала от синего до красного цвета. Можно выбрать другие варианты.

Colorbar type — тип шкалы. По умолчанию шкала непрерывная. Можно выбрать ступенчатую или отдельными линиями.

Transparent (data) – по умолчанию данные прозрачные (сквозь них просматривается геометрия). Если снять отметку, они будут непрозрачными.

Black/White (data) – сделать данные черно-белыми

Black/White (geometry) – сделать геометрию черно-белой

Reset – сбросить на значения по умолчанию

#### 4.2.2 Geometry (настройки отображения геометрии)



### 4.2.3 Labels (различные подписи на сцене)

Здесь можно включить и отключить отображение шкалы времени, шкалы данных, а также различные надписи и подписи. В целом, вся необходимая информация на сцене присутствует по умолчанию.

Хочется обратить внимание на один пункт, User settable ticks (на рисунке ниже):



Рисунок 4-30 Подписи на сцене

Он позволяет включить отметки расстояний на осях координат – это может быть полезно:



Рисунок 4-31 Расстояния на осях координат

Display	-		-		
⊑ Gene	ral			+ þ	
Color				<u>+</u> Þ	
		⊑ <u>Fonts</u> +			
User ticks					
	Display —				
	🔽 Show user	ticks sub-interva	als 5 🚊	1	
	I∕ Auto pla	ce (2D) 🛛 🕅 X 🗍	vy wz		
Parameters —					
	×	У	Tea	Z	
origin U.U	<del>1</del>	-3.5	3		3
Min [0.0	±	-3.5	1	0.0	
Max 42.0	<b>±</b>	3.0	1	3.5	3
Step 2.0	÷	2.0	Ĵ	1.0	1
Lab	els + Ticks			+ <u></u> Þ	
	Save s	ettings C	lose		

Настройки этих отметок выполняются в меню Dialogs -> Display:

Рисунок 4-32 Настройки отображения координат

Для каждой оси (x, y, z) можно указать начало координат, минимальное и максимальное значение, и шаг. Если стоит галочка Autoplace (2D), то при повороте модели программа сама выбирает, какие две оси показывать в данный момент. Если снять галочку, можно задать, какие оси будут отображаться независимо от положения модели.

# 4.3 Меню Option (настройки)

В этом меню задаются различные настройки. Отметим некоторые интересные.

В меню Display units можно выбрать единицы измерения некоторых величин (по умолчанию задана система СИ, другой вариант — английская система единиц). Кроме того, можно задать формат отображения времени на оси: в секундах (по умолчанию) или в формате часы:минуты:секунды (на картинке ниже).

Load/Unload	+				
Show/Hide	• • <u> </u>				
Options	•	Display Units	•	Temperature	•
Dialogs	•	Rotation type	•	Velocity	•
Help	•	Max frame rate	•	Distance	•
Quit		Render	- • [	time (h:m:s)	
	-	Tours	•	Reset	3
		Font	_ • ]		

Рисунок 4-33 Единицы измерения

В меню Max frame rate можно установить максимальное количество кадров в секунду при просмотре визуализации. По умолчанию выбрано значение Unlimited (неограниченно) – то есть визуализация будет происходить настолько быстро, насколько способен ваш компьютер. Можно выбрать Real time (в реальном времени), а также в 2 или 4 раза быстрее реального времени.



Рисунок 4-34 Максимальная частота кадров

Smokeview позволяет выполнить сохранение кадров в меню Render. В подпунктах меню можно выбрать разрешение (Resolution), тип файла (PNG или JPEG), суффикс файла (File suffics – будут ли файлы называться по номеру кадра (frame number) или по моменту времени (time)). Последний пункт – частота сохранения кадров. Можно выбрать One frame (один кадр) – тогда будет сохранен кадр со сцены, а также все кадры или каждый 2й, 3й, 4й... кадры.



# 4.4 Меню Dialogs (диалоговые окна)



Рисунок 4-36 Меню Dialogs

# 4.4.1 Clip scene (обрезать модель)

Часто случается так, что стены и другие препятствия закрывают часть данных, мешая просмотру:



Рисунок 4-37 Стены загораживают данные плоскости

В данном окне можно задать для каждой оси максимальные и минимальные координаты, по которым будет выполнена обрезка сцены:

Clipping	
Clip Lower	Clip upper
X -0.03 🚆 🗖	X 30.03 📑 🗖
Y 6.0 🔮 🗹	Y 12.012 📑 🗖
Z -0.003 📑 🗖	Z 3.003
<ul> <li>Clipping disabled</li> <li>Clip blockages and data</li> </ul>	- Hide blockages +
<ul> <li>Clip blockages</li> <li>Clip data</li> </ul>	Save settings Close

Рисунок 4-38 Настройка обрезки сцены

В данном случае задано, что будут скрыты стены в области, где значения по оси Ү меньше 6:



Рисунок 4-39 Вид сцены после обрезки - стены не загораживают плоскость

Теперь данные видны.

Можно обрезать сцену как по одной оси, так и по нескольким сразу. Также можно выбрать в селекторе внизу, обрезать только геометрию, только данные или и то и другое.

После задания параметров нужно нажать кнопку Save settings, чтобы применить изменения.

#### 4.4.2 Data bounds (настройки данных)

Files/Bounds	
Files	
Auto load +	
⊆ Show/Hide + P	
⊑ Compress + ₽	
⊆ <u>Scripts</u> + Þ	
⊆ <u>Config +</u> P	
Bounds	
Data —	
⊑ <u>3Dsmoke</u> +	ľ
⊑_Particle + ₽	
⊆ <u>Slice +</u> Þ	
Time +	
Save settings	
Close	

Рисунок 4-40 Настройки данных

Здесь можно выполнить настройки отображаемых данных. Самая важная возможность — изменение границ шкалы измерения.

Files/Bounds					
	Files Auto load + Show/Hide + Compress + Scripts + Config +				
Bounds	h				
- OD SINOKE	E Particla + b				
Slice					
C temp					
♥ VIS_C0.9H0.1 ♥ rho_CO2 ♥ rho_CO ♥ rho_O2 ♥ rho_HCI	0.0 m C percentile min c set min C global min 30  m C percentile max c set max C global max				
	Update				
	Truncate data +				
	Average data +				
	⊑ <u>Vector +</u> ₽				
Line Contours +					
	Transparent level 0.8				
	Research display mode     Output data to file				
	⊑ <u>Time +</u> p				
	Save settings Close				

В разделе Bounds (границы) развернем раздел Slice (плоскости).

Рисунок 4-41 Настройка минимального и максимального значения для плоскости дальности видимости

В разделе Bound data (границы данных) можно выбрать параметры Set min и Set max (установить минимум и максимум) и ввести значение границ данных. На примере выше для видимости установлены границы от 0 до 30 метров.

Такие настройки необходимы, когда по умолчанию границы данных настроены неудобно для нас – например, максимальное значение температуры газа задано 300 градусов, а при расчете риска нам важно видеть, где температура превышает 70 градусов. Если установить границу на 70, визуализация станет гораздо нагляднее.

После задания границ нужно нажать кнопку Update (обновить).

Раздел Bound data есть для каждого типа данных в модели.

# 4.4.3 Display (отображение)

В этом окне выполняются настройки текста на сцене, цвета и типа шкалы данных, шрифта и меток на осях (дублируется в меню Show/Hide).

Display	
	[General ]—
	Average       Mesh         Axis       Text labels         Colorbar       Ticks (FDS)         Frame label       Ticks (User)         Frame rate       Time label         Grid location       Time bar         HRR       Title         HRRPUV cutoff       Toggle dialogs         Memory load       Version info
	✓ Flip background       □ Fast blockage drawing         □ hms time       □ Sort transparent faces         blockage line width       2.0         grid line width       2.0         ±       ±         tick line width       2.0
9	Color +
	⊑ <u>Fonts</u>
User tick	(s +)
	Labels + Ticks + P
	Save settings Close

Рисунок 4-42 Настройки отображения

# 4.4.4 Data (данные)

#### Здесь нужно обратить внимание на один пункт:



Рисунок 4-43 Меню настройки датчиков

Device/Objects
Objects Scale 1.0 ♀ □ Outline □ Orientation Orientation scale 1.0 ♀
Flow vectors Show type iine arrow object profile Unit Values Values Values Values Values Values Type Unit Color min 0.0
Save settings Close

Рисунок 4-44 Окно настройки размеров датчиков

Иногда датчики в модели почти не заметны, и трудно увидеть их расположение. Чтобы увеличить их размер, используем свойство Scale (масштаб). Тут нельзя заранее сказать, какое значение установить, чтобы датчики были видны (в некоторых случаях они видны и при настройках по умолчанию). В каждой модели вам придется подобрать нужное значение.

На этом мы заканчиваем с описанием некоторых возможностей Smokeview. Подробнее обо всех возможностях и параметрах можно прочитать в руководстве пользователя.

# 5 Некоторые советы по работе с PyroSim

# 5.1 От простого к сложному

Самый первый и главный совет – не старайтесь построить всю модель полностью с первого раза. Нет ничего обиднее, чем потратить несколько суток на выполнение расчета, и потом обнаружить, что программа не видит какое-то важное препятствие, или датчик не измеряет требуемые результаты.

Сложные процессы лучше проверять на небольших моделях. Например, если у вас задана сложная структура элементов управления — запустите небольшой расчет и убедитесь, что они срабатывают правильно. Если вы используете спринклеры — проверьте, что они активируются.

Если вы построили сложную геометрию, то, чтобы убедиться, что между стенами нет непредусмотренных щелей, можно запустить расчет с заведомо мощным источником пожара. Тогда модель быстро задымится, и будет видно, если дым распространяется куда не надо – или наоборот, не распространяется куда следует.

Перед тем, как запустить расчет, используйте команду «Предварительный просмотр модели в Smokeview»:

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования
	Среда OpenMP
0	Запустить FDS
	Возобновить моделирование
0	Запустить параллельный расчет FDS
	Возобновить параллельное моделирование
\$ <mark>0</mark> 9	Запустить многопроцессорный расчет FDS
	Возобновить многопроцессорное моделирование
	Предварительный просмотр модели в SmokeView
۵	Запустить SmokeView
₽	График зависимости величин от времени
	Архивировать результаты FDS
	Распаковать результаты FDS

Рисунок 5-1 Пункт меню "Предварительный просмотр блоков в Smokeview"

Если какие-то объекты в Smokeview не отображаются, значит, FDS их тоже не видит, и в расчете они участвовать не будут.

# 5.2 Координаты

Несмотря на то, что в PyroSim имеет довольно продвинутый пользовательский интерфейс и разнообразные инструменты рисования, в итоге для FDS все преобразуется в координаты. И в PyroSim тоже иногда необходимо отслеживать координаты.

Например, нарисовали сетку по подложке. Получили вот такие координаты и разбиение на ячейки:

войства д	(ополн	ительно				
Границы се	тки:					
Миниму	4 X:	4,20686 m	Минимум Ү:	8,29567 m	Минимум Z:	0,0 m
Максим	/м Х:	6,20686 m	Максимум Ү:	14,0457 m	Максимум Z:	2,75 m
Ячейки Х:	8		🕑 Соотношение р	азмеров ячеек: 1	.,00	
Ячейки Ү:	23		Соотношение р	азмеров ячеек: 1	.00	
Ячейки Z:	11		🖉 Соотношение р	азмеров ячеек: 1	,00	
Размер яче	йки (m	): 0,25 x 0,2	5 x 0,25			

Рисунок 5-2 "Некрасивые" координаты

С такими координатами потом работать будет сложно. Когда вы добавите вторую сетку, то выровнять их между собой будет почти невозможно. Задать вентиляционное отверстие на границе сетки – тяжело. Можно, конечно, оставить и так, но зачем усложнять себе жизнь? Немного редактируем координаты, и все становится гораздо красивее:

Свойства Дополнительно										
Границы сетки:										
Минимум X: 4,25		4,25 m	Минимум Ү:	8,25 m	Минимум Z:	0,0 m				
Максимум Х: 6,25 m		6,25 m	Максимум Ү:	14,0 m	Максимум Z:	2,75 m				
Метод разделения: Равномерное 🔻										
Ячейки Х:	8		🔮 Соотношение размеров ячеек: 1,00							
Ячейки Ү:	23		Соотношение размеров ячеек: 1,00							
Ячейки Z:	11		Соотношение размеров ячеек: 1,00							
Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25										
Количество ячеек в сетке: 2 024										

Рисунок 5-3 Исправленные координаты

Видно, что мы задали координаты границ сетки кратными размеру ячейки сетки. Это облегчает дальнейшую работу.

## 5.3 Кнопка «Предварительный просмотр блоков FDS»

Очень рекомендуем вам подружиться с кнопкой 🦨 «Предварительный просмотр блоков FDS», расположенной на верхней панели инструментов.

Дело в том, что при запуске расчета вся красота, нарисованная вами в интерфейсе PyroSima, будет преобразована в соответствии с прямоугольной сеткой FDS: все препятствия будут расширены до размера ячейки или сплюснуты к одной из граней ячейки, все вентиляционные отверстия и устройства смещены к одной из граней/узлу. В результате красиво нарисованные объекты:



Рисунок 5-4 Созданная в PyroSim ферма

превращаются вот в такое безобразие:



Рисунок 5-5 Ферма, преобразованная в блоки FDS

При этом могут «съехать» расположенные на поверхности препятствий вентиляционные отверстия или датчики, что приведет к ошибке при запуске расчета. Могут возникнуть разрывы в, казалось бы, сплошной стене. И проверить все это можно, включив отображение блоков. Поэтому при построении модели используйте эту кнопку для проверки, и заранее принимайте меры – изменяйте размеры объектов или точность сетки.

Если вы хотите, чтобы препятствия всегда оказывались не меньше ячейки сетки (т.е. чтобы не было «тонких» препятствий), можно указать это в настройках – в меню «FDS» выберите «Параметры моделирования»:

FDS Вид Справка								
Параметры моделя	ирования							
Среда OpenMP	Параметры моделирс							

Рисунок 5-6 Пункт меню "Параметры моделирования"

И на вкладке «Наклонная геометрия» выберите в разделе «Толщина» пункт «Все препятствия должны иметь толщину»:

Параметры моделирования									
Название расчета:									
Время	Выходные данные		Окружающая ср	Окружающая среда					
Частицы	Модель	Излучение	Наклонная геометрия	Разное					
Фильтр преобра Растриров Растриров	Фильтр преобразований —								
Группировка	-	_							
Группиров	ать блоки в сост	авные объекты.							
🔘 Создать о	🔘 Создать объект для каждого блока и добавить в группу.								
Размер блока —									
Позволить результирующим блокам состоять из нескольких ячеек сетки.									
🔘 Блоки толь	🔘 Блоки толщиной не более одной ячейки.								
Толщина									
<ul> <li>Разрешить тонкие препятствия.</li> </ul>									
Все препятствия должны иметь толщину.									
Объединить об Опция принуждает все получившиеся блоки быть не меньше одной ячейки сетки.									
Разделить непересекающихся объекты.									
🕅 Игнорировать названия при объединении.									

Рисунок 5-7 Вкладка "Наклонная геометрия"
Кроме того, полезно использовать функцию «Предварительный просмотр модели в Smokeview»:

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования
	Среда OpenMP
0	Запустить FDS
	Возобновить моделирование
<b>Q</b>	Запустить параллельный расчет FDS
	Возобновить параллельное моделирование
₽ <b>0</b>	Запустить многопроцессорный расчет FDS
	Возобновить многопроцессорное моделирование
	Предварительный просмотр модели в SmokeView
6	Запустить SmokeView
	График зависимости величин от времени
	Архивировать результаты FDS
	Распаковать результаты FDS

Рисунок 5-8 Пункт меню «Предварительный просмотр модели в Smokeview»

Если какие-то объекты в Smokeview не отображаются, значит, FDS их тоже не видит, и в расчете они участвовать не будут.

#### 5.4 Сетка и геометрия

В продолжение предыдущего пункта: всегда необходимо держать в голове соотношение размеров ячеек сетки и точность геометрии. Поскольку геометрия в любом случае будет преобразована по сетке, при крупной сетке нет смысла вырисовывать мелкие детали. Делать слишком мелкую сетку, чтобы сохранить архитектурные нюансы, тоже чревато – слишком долгим расчетом. Поэтому при построении геометрии всегда нужно учитывать предполагаемое разрешение сетки и анализировать, насколько важно сохранить ту или иную деталь, насколько она окажет влияние на расчет.

Например, стены всегда оказывают значительное влияние на распространение опасных факторов пожара, их задавать необходимо. А вот колонны обычно не оказывают особого влияния, и их часто можно не рисовать совсем.

#### 5.5 Параллельные вычисления

Параллельные вычисления могут ускорять моделирование. В основном наш опыт говорит, что запуск расчета на нескольких ядрах одного компьютера дает наиболее существенное ускорение. Использование нескольких компьютеров в кластере делает возможным моделировать объемные задачи, но задержка обмена данными между компьютерами может свести на нет преимущество параллельных вычислений.

Для запуска параллельного расчета в меню «FDS» выберите «Запустить параллельный расчет FDS» или нажмите стрелочку возле кнопки «Запустить FDS» (

Перед запуском параллельного расчета учтите некоторые рекомендации:

- Используйте как минимум столько же сеток, сколько доступных процессоров или ядер. Если в наличии 4 процессора, а сеток только 2, то два процессора будут простаивать.
- Не создавайте перекрывающиеся сетки. Поскольку сетки обмениваются информацией на своих границах, лучше всего задать сетки так, чтобы они соприкасались, но не пересекались. Не рекомендуется накладывать точную сетку на грубую с целью повысить разрешение. Поскольку информацией обмениваются на границах, грубая сетка не получит данных от внутренней точной сетки.
- Не размещайте источники горения или устройства дымоудаления на границах сеток. Когда объект пересекает границы сетки, невозможно поддерживать тот же уровень точности, что и внутри сетки.

# 6 Пример 1. Моделирование распространения ОФП по этажу

# 6.1 Описание примера

Выполним моделирование распространения ОФП по одному этажу здания при расчете риска.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как использовать подложку-рисунок
- как создать простую топологию
- как задать реакцию с простой стехиометрией (горение нагрузки, не содержащей хлора)
- как задать простой источник пожара

# 6.2 Порядок работы

Построение модели в PyroSim и моделирование распространения ОФП выполняется следующими этапами:

- 1. Загрузка подложки
- 2. Создание сетки
- 3. Построение топологии
- 4. Создание источника пожара
- 5. Задание выходных данных
- 6. Выполнение расчета
- 7. Просмотр и анализ результатов

### 6.3 Загрузка подложки-рисунка на этаж

Подложка в виде рисунка загружается на каждый этаж отдельно.

Для загрузки подложки сначала определим этажи. Нажмем кнопку «Определить положение этажей»:

Все этажи	
	5
	Определить положение этажей

Рисунок 6-1 Задание положения этажей

Откроется окно «Управление этажами», где можно задать положение этажей:

火	У	правление з	тажами						×	
		Лобавить этаж								
	i	Hannak	Veeee		Purcers crown	Upor of postar	Descention			
		Пазвание	уровень	о 25 то	2 75 m	цвет оорезки	Подложка	(Vaparer)	🕾 Удалить строку	
	*	по умолча	0,0 m	0,25 m	2,75 m				🖪 Копировать	
									📋 Вставить	
									Ж. Вырезать	
								l	ОК Отмена	





Рисунок 6-3 Окно настройки подложки

На сцене в качестве опорной точки укажем нижний левый угол модели:



Рисунок 6-4 Задание опорной точки

Обратите внимание, опорная точка не обязана быть началом координат – вы можете задать ей любые координаты.

После задания опорной точки автоматически активируется задание масштаба. Нужно последовательно указать на сцене точку А и точку В, а затем — расстояние между ними. Указать можно любые точки, между которыми известно расстояние — оси на чертеже, габариты здания, какой-то известный размер внутри здания.

В данном примере нам известны габариты этажа: 30 метров, так что в качестве точки А указывает левый нижний угол, а в качестве точки В — правый нижний угол, и задаем расстояние 30 метров.



Рисунок 6-5 Задание масштаба

#### Нажимаем ОК для завершения настройки подложки

Теперь, если на сцене в селекторе этажей выбрать «1 этаж»:

Все этажи 🚽	🛾 🚰 🖪 😰
Все этажи	+ + + +
1этаж (0 m)	
+ + + + +	2

Рисунок 6-6 Выбор этажа

то будет видна подложка:



Рисунок 6-7 Отображение этажа на сцене

#### 6.4 Создание сетки

С помощью инструмента «Нарисовать сетку» 🥮 нарисуем сетку по габаритам этажа:



Рисунок 6-8 Создание сетки

Дважды кликнем в дереве объектов по названию сетки: откроется окно параметров сетки:

Редактировать сетки	and the second se	
ИЕЗН	Описание: Порядок / Приоритет: 1 Задать цвет: Проверка выравнивания сеток: Пройдена Свойства Дополнительно Границы сетки: Мининун X: -1,77636E-15 m Мининун Y: 0,0 m Мининун Z: -0,25 m Максинун X: -1,77636E-15 m Мининун Y: 12,0 m Мининун Z: -0,25 m Максинун X: 30,0 m Максинун Y: 12,0 m Максинун Z: -0,25 m Максинун X: 30,0 m Максинун Y: 12,0 m Максинун Z: -0,25 m Максинун X: 30,0 m Максинун Y: 12,0 m Максинун Z: -0,25 m Максинун X: 30,0 m Максинун Y: 12,0 m Максинун Z: -0,25 m Максинун X: 120	
<ul> <li>Создать</li> <li>Переименовать</li> <li>Удалить</li> </ul>	8MESH ID='MESH', IJK=120,48,13, XB=-1.77636E-15,30.0,0.0,12.0,-0.25,3.0/	мена

Рисунок 6-9 Редактирование параметров сетки

Старайтесь избегать значений, как записано в поле «Минимум Х». Если сетка одна, такие значения не создадут проблем, но если сеток несколько, то выровнять их с такими параметрами будет трудно.

Так что исправляем:

Границы сет	тки:								
Минимум	1 X:	0,0 m	Минимум Ү:	0,0 m	Минимум Z:	0,0 m			
Максиму	м Х:	30,0 m	Максимум Ү:	12,0 m	Максимум Z:	3,0 m			
Метод разд	Метод разделения: Равномерное 🔻								
Ячейки Х:	120	•	Соотношение р	азмеров ячеек: 1,0	D				
Ячейки Ү:	: 48 🛛 Соотношение размеров ячеек: 1,00								
Ячейки Z:	12	0	Соотношение р	азмеров ячеек: 1,0	D				
Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25									
Количество	Количество ячеек в сетке: 69 120								
	Рu	сунок 6-10	Исправлен	ные парам	етры сеп	пки			

Также устанавливаем минимальное значение Z равным 0, чтобы низ сетки совпадал с отметкой пола. Соответственно, меняем количество ячеек по оси Z.

# 6.5 Создание топологии

Выберем инструмент «Нарисовать стену» 🔎, затем откроем окно «Свойства инструментов» 🖺 и зададим свойства создаваемых стен: высота 3 метра, толщина 0,25 метров, цвет синий.

<u>~</u>	Свойства инструментов	<b>—</b>
	Название:	стена
0	Положение Z:	0,0 m
	Высота:	3
🗐 🏉	Толщина стены:	0,25 m
ТО	Поверхность:	
* 🔆	Цвет:	Вадать
	Сглаживание	
ŅD	Расширить	
r 🔊	📝 Разрешить создание отверстий	
	-	ОК Отмена

Рисунок 6-11 Свойства стены

Нарисуем стену на сцене:



Рисунок 6-12 Вид стены в 2D



Рисунок 6-13 Вид стены в 3D

Чтобы нарисовать несколько стен, не включая инструмент для каждой стены, дважды кликнем по инструменту (он примет такой вид: 💷). Нарисуем все необходимые стены.

Вид нарисованных стен в 2D-виде:



Рисунок 6-14 Вид стен в 2D

Вид нарисованных стен в 3D-виде:



Рисунок 6-15 Вид стен в 3D

Для создания отверстий в стенах (дверей), выберем инструмент «Нарисовать отверстие в стене» . В свойствах инструмента зададим параметры: высота 2 метра, толщина 0,75 метров (толщина отверстия должна превышать толщину стены, в которой отверстие создается – т.е. отверстие должно быть сквозное).



Рисунок 6-16 Свойства отверстия в стене

Обратите внимание: чтобы программа понимала, что отверстие сквозное, оно должно выступать по обе стороны препятствия, в котором создано. Не обязательно на целую ячейку сетки, как в примере, достаточно нескольких миллиметров, чтобы дать программе понять, что отверстие прорезает препятствие насквозь.

#### Создание отверстия в 2D-виде:



Теперь скопируем нарисованную дверь. Для этого нажмем инструмент «Переместить объекты»

••••, в контекстном меню выберем режим «Копировать» – будет создана копия объекта, которую можно переместить в нужное место.



Рисунок 6-18 Копирование отверстия – выбор исходной точки



Рисунок 6-19 Копирование отверстия - задание конечного положения

Вид дверей в стенах в 2D-виде:



Рисунок 6-20 Вид модели в 2D

#### Вид дверей в стенах в 3D-виде:



Рисунок 6-21 Вид модели в 3D

Теперь необходимо создать в торцах коридора двери, ведущие из модели в окружающую среду. Предположим, что они полностью открыты — таким образом, мы обеспечим связь модели с атмосферой.

Используем инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» [] (с помощью этого инструмента можно создавать не только окна и двери на границах сетки, но и вентиляцию и поверхности горения).



Рисунок 6-22 Свойства вентиляционного отверстия



Поверхность «OPEN» означает, что вентиляционное отверстие ведет наружу, в атмосферу.

Дважды кликнем по созданному отверстию и откроем окно свойств объекта. На вкладке «Геометрия» необходимо установить границы по оси Z

ойства вентиляцио Общие Геометрия	нного отвер	стия	ности Лопо	пнительно			
Геометрия вентиля	ационного оте	верстия свойств					
Направление но	рмали: Авт	оматически (рек	омендуется)	•			
Плоскость Ү		m					
Границы							
Минимум Х:	6,0 m	Минимум Ү:	0,0 m	Минимум Z:	0,0 m		
Максимум Х: 7,0 m		Максимум Ү:	1,0 m	Максимум Z:	2,0 m		
Центральная то	чка: Авт	• •					
X: 6,5 m Y: 12,0 m Z: 1,0 m							
Круглое вентиляционное отверстие							
Радиус:	0,01	m					

Рисунок 6-24 Свойства вентиляционного отверстия



Рисунок 6-25 Вид модели в 3D

Следующим действием создадим препятствия (схематично нарисованные столы, диваны). Такие препятствия задавать при расчете ОФП не обязательно, здесь они задаются просто для примера. Используем инструмент «Нарисовать плиту» 🥟. В свойствах инструмента зададим положение по

оси Z – 0, высоту 1 метр, желтого цвета.



Рисунок 6-26 Свойства инструмента создания препятствия

Вид объектов в 2D-виде:



Рисунок 6-27 Вид модели в 2D

#### Вид объектов в 3D-виде:



Рисунок 6-28 Вид модели в 3D

### 6.6 Создание источника пожара

Источник пожара создается в три этапа:

- Создать реакцию
- Создать поверхность
- Создать объект и присвоить ему созданную поверхность

#### 6.6.1 Реакция

В этом примере мы рассмотрим использование простой реакции (с использованием топлива, состоящего только из атомов С, H, O, N).

Используем реакцию из библиотеки FireCat (загрузить библиотеку можно с сайта <u>http://www.pyrosim.ru/download/Firecat FDS fireload lib.rar</u>). Для этого в меню «Модель» выберем «Редактировать реакции», нажмем кнопку «Добавить из библиотеки».

Откроется окно «Библиотеки PyroSim». Нажмем «Загрузить библиотеку» и найдем файл «библиотека FireCat». Выберем реакцию «Адм.помещение» и стрелочкой переместим ее в текущую модель.

Теперь реакцию можно использовать в расчете.

<mark>火</mark> Редактировать реак	Библиотеки PyroSim	×	8
PROPYLENE Админ.помещение; мебе	Категория: Реакции в газовой фазе	•	е пособие.
	Текущая модель	Библиотека:библиотека FireCat.fds	ительно
	РКОРУLЕNE Админ.помещение; мебель +бумага	Админ.помещение; мебель +бумага Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги журналы Верхняя одежда; ворс.ткани (шерсть Вешала текстильных изделий Гардеробы Дизельное топливо; соляр Занавес зрительного зала Здание 1 ст.огнест.; мебель +ткани Здание 3 ст.огнест.; мебель +ткани Издательства, типографии	
< III Создать Добавить из библиоте Переименовать Удалить	< III > Удалить выбранные объекты	Создать новую библиотеку Загрузить библиотеку Сохранить текущую библиотеку Удалить выбранные объекты	факторов пожара в 0.0, CO_YIELD=0.043,
P		Закрыть	ОК Отмена

Рисунок 6-29 Загрузка реакции из библиотеки

Вкратце перечислим задаваемые параметры (если вы загрузили реакцию, они уже заданы, если нет – можете задать их самостоятельно).

На вкладке «Топливо» задается химическая реакция, на вкладке «Побочные продукты» – выделение сажи и угарного газа.

Админ.помещение; мебель+б 🔺	Описание: Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факторов пожара в помещен					
Зеакция_полиуретан	Топливо Подавление горения Побочные продукты Дополнительно					
	Тип топлива: Простая химическая модель 🔻					
	Топливо должно содержать только С, О, Н и N.					
	Состав					
	Атомы углерода: 3,0					
	Атомы водорода: 6,6					
	Атомы кислорода: 2,8					
< •	Атомы азота: 0,0					
Создать						
Добавить из библиотеки						
Переименовать	Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие.',					
Удалить	043, SOOT_YIELD=0.006/					

Рисунок 6-30 Свойства реакции – вкладка «Топливо»

<b>У</b> Редактировать реакции		×			
Админ.помещение; мебель+б	Описание: Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факто	ров пожара в помещени			
rearding_rearryperarr	Топливо Подавление горения Побочные продукты Доп	юлнительно			
	Выделение энергии:				
	Выделение энергии на единицу массы кислорода:	1,31E4 kJ/kg			
	🔘 Теплота сгорания:	0,0 kJ/kg			
	🔲 Доля излучения:	0,35			
	📄 Энергия для идеальной реакции (без учета вырабо	отки СО, Н <sub>2</sub> или сажи)			
-	Выделение CO (Y <sub>co</sub> ): 0,043				
۰ III ا	Выделение сажи (Y <sub>s</sub> ): 0,006				
Создать	Доля водорода: 0,0				
Добавить из библиотеки	SPEAC ID-'A much non-memory webent threads' EVI-'Kouwar				
Переименовать	аксас цо = адинил понещение; месель чоуна а, - ГТ = кошпаров ко. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие.', FUEL = REAC FUEL', C=3.0, H = 6.6, O = 2.8, SOOT H FRACTION = 0.0, CO YIELD = 0.				
Удалить	043, SOOT_YIELD=0.006/	·			
	Применить	ОК Отмена			

Рисунок 6-31 Свойства реакции - вкладка "Побочные продукты"

#### 6.6.2 Поверхность

В данном случае будем использовать поверхность типа «горелка». Эта поверхность используется для моделирования простых источников горения, с заранее заданной скоростью тепловыделения или выгорания.

Добавим в модель поверхность «Административные помещения» из библиотеки FireCat: нажмем кнопку «Добавить из библиотеки», выберем файл, в списке найдем нужную поверхность и стрелочкой добавим ее в текущую модель.

Редактировать поверхности					[	83
ADIABATIC A	ID поверхности:	Административные помещен	ния, учебные	еклассы, кабинеты поликлиник		
INERT MIRROR	Опис Библиотеки	PyroSim		×		
ОРЕМ Административные помещен	Цвет Категория:	Поверхности	•			
	Текущая Теп АДІАВАТ	модель		Библиотека:библиотека FireCat.fds		_
<	Те Админис	тративные помещения, уч	<>	Адиабатическая Адиин. понещение; мебель +бунага Адиин. понещение; мебель +бунага Адиинистративные понещения, учебя Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги, журналы Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсте Вешала текстильных изделий Выст. зал, мастерская; дерево +ткани Гардеробы Дерево +лак.покрытие Создать новую библиотеку Сохранить текущую библиотеку		
Создать						
Добавить из библиотеки	SURF			Закрыть	риказа №382', COLOR='RED',	
Переименовать	IRRPU <del>A=192.0/</del>					
Удалить				Приме	нить ОК Отмена	3

Рисунок 6-32 Добавление поверхности из библиотеки

Параметры поверхности – постоянное удельное тепловыделение 192 кВт/м<sup>2</sup>.

ID поверхности:	Административные помещения, учебные классы, кабинеты поликлиник							
Описание:	Пособие к методике приказа №382							
Цвет:	Внешний вид:							
Тип поверхности:	Горелка 👻							
Тепловыделение	еление Термические свойства Геометрия Впрыскивание частиц Дополнительно							
Тепловыделение								
<ul><li>Удельное</li></ul>	тепловыделение (HRRPUA): 192,0 kW/m²							
◎ Скорость потери массы: 0,0 kg/(m <sup>2</sup> ·s)								
Функция от в	ремени: По умолчанию 🗸 1,0 s							
Коэффициент	затухания: 0,0 m²·s/kg							

Рисунок 6-33 Задание удельного тепловыделения для горелки

# 6.6.3 Объект

В качестве объекта для моделирования источника пожара используем вентиляционное отверстие, расположенное поверх одного из препятствий. Пусть горение начинается из центра вентиляционного отверстия и распространяется радиально.

Создадим вентиляционное отверстие в нужном месте:



Рисунок 6-34 Создание вентиляционного отверстия

#### На вкладке «Общие» зададим его поверхность:

	ия Своиства распространения пламени   дополнительно	
D:	fre	
Описание:		
pynna:	В Модель ▼	
Активация:	<Всегда включен> 💌	
Товерхность:	Административные помещения, учебные классы, кабинеты поликлиник 🔻	
📃 Задать цвет		
Отображать	контурами	
	аттекстуры	
пачало координ		
Относител	ьно объекта	
<ul> <li>Относител</li> <li>X: 0,0 m</li> </ul>	ъно объекта Y: 0,0 m Z: 0,0 m	
Относител     Х: 0,0 m	ъно объекта Y: 0,0 m Z: 0,0 m	
Относител     Оло т     Оло т     Оло т     Оло т	тыно объекта Y: 0,0 m Z: 0,0 m 29,0 m Минимум Y: 1,25 m Минимум Z: 1,0 m	
Относите:     Х: 0,0 m     Траницы     Минимум X:     Максимум X:	анно объекта Y: 0,0 m Z: 0,0 m 29,0 m Ииниинум Y: 1,25 m Миниинум Z: 1,0 m 30,0 m Максимум Y: 3,75 m Максимум Z: 1,0 m	

Рисунок 6-35 Свойства вентиляционного отверстия - задание поверхности

На вкладке «Геометрия» укажем точку, откуда начнется распространения пламени. Автоматически устанавливается геометрический центр вентиляционного отверстия.

Сво	йства вентиляцио	нного отверс	тия	-	-	
(	Общие Геометрия	Свойства ра	спространения г	ламени	Дополнительно	
	Геометрия вентиля	яционного отв	ерстия свойств			
	Направление но	рмали: Авто	матически (реко	омендуето	я) 🔻	
	Плоскость Z					
	Границы					
	Минимум Х:	29,0 m	Минимум Ү:	1,25 m	Минимум Z:	0,0 m
	Максимум Х:	30,0 m	Максимум Ү:	3,75 m	Максимум Z:	1,0 m
	Центральная то	чка: Авто	•			
	X: 29,5 m	Y: 2,5	im Z:	1,0 m		
	📃 Круглое вент	гиляционное о	тверстие			
	Радиус:	0,0 m	١			

Рисунок 6-36 Свойства вентиляционного отверстия - центральная точка

Вентиляционное отверстие всегда задается прямоугольником. PyroSim позволяет задать круглое или полукруглое вентиляционное отверстие, используя свойство «Круглое вентиляционное отверстие». В этом случае указанную поверхность будут иметь те точки вентиляционного отверстия, которые попадают и внутри заданного круга, и внутрь заданного прямоугольника:



Рисунок 6-37 Форма поверхности при заданном радиусе

На вкладке «Свойства распространения пламени» установим галочку «Задать скорость пламени» и укажем ее:

Св	ойства вентиляционного отверстия
	Общие Геометрия Свойства распространения пламени Дополнительно
	Задать скорость пламени
	Пламя распространяется из центральной точки, заданной на вкладке "Геометрия".
	Скорость распространения: 0,0045 m/s

Таким образом, мы создали источник пожара:

- задали реакцию;
- задали поверхность «горелка», для которой указали скорость тепловыделения;
- задали вентиляционное отверстие, присвоили ему поверхность и указали начало распространения пламени и скорость распространения пламени.

### 6.7 Создание измерителей-датчиков

Для измерения опасных факторов пожара в отдельных точках можно использовать измерители в

газовой фазе. Их можно создать либо с помощью инструмента «Нарисовать устройство» 迷 , либо через меню «Устройства» – «Создать измеритель в газовой фазе».

Устр	ойства Выходные данные FDS Вид Справка
⊅	Редактировать элементы управления
	Создать устройство управления расчетом
	Создать устройство измерения времени
	Создать отборник проб для аспиратора
	Создать аспиратор
	Создать измеритель в газовой фазе
	Создать измеритель в твердой фазе 😡

Рисунок 6-39 Создание устройства через главное меню

Создадим измеритель температуры с названием «1-Т», на высоте 1,75 метров над уровнем пола. (Изменение ОФП выполняется на высоте рабочей зоны – 1,7 метра над уровнем пола, но поскольку созданная нами сетка кратна 0,25 метрам, то датчики при расчете будут сдвинуты к ближайшей границе ячейки сетки. Чтобы удобнее было контролировать расположение датчиков, имеет смысл сразу выравнивать их по сетке).

		1-1	1				
Фиксация зна	чений	і: Никогда	•				
Величина:	Гемпер	ратура			•		
🔲 Задать зн	ачени	ie: 0,0 °C					
🗸 Перек	лючит	гь один раз					
Изнача	ально	активирован					
Положение	X:	27,0 m	Y:	4,5 m	Z:	1,75 m	
Ориентация	X:	0,0	Y:	0,0	Z:	-1,0	
Вращение:		0,0 °	]				
			1 IDE'	XY7=27.0.4.5.	1.75/		
DEVC ID='1-T'							

Рисунок 6-40 Свойства измерителя в газовой фазе

Скопируем измеритель в дереве объектов нужное количество раз и зададим им измерение величин:

- температура,
- видимость,
- поток излучения от газа,
- плотность угарного газа (CARBON MONOXIDE),
- плотность углекислого газа (CARBON DIOXIDE),
- плотность кислорода (OXYGEN),
- плотность хлористого водорода (HYDROGEN CHLORIDE).

Для измерения плотности газовых величин необходимо выбрать пункт «Виды газов Величина»:

	· · · ·	· ·	
Измеритель в	газовой фазе		×
Название: 1-	-104		
Количество:	Температура	•	
	[Виды газов Величина]	*	<u> </u>
📃 Задать зна	[Частица Величина]		
√ Перекл	Fractional Irritant Concentration (FIC) H	=	
Изнача	U-скорость		
	V-скорость		
Положение	W-скорость		1,75 m
000000000000	Активированные спринклеры		-1.0
ориентация	Видимость		-1,0
Вращение:	Время выполнения процесса		
	Время процессора	*	
		ОК	Отмена

Рисунок 6-41 Выбор газовой величины для измерителя

И затем в открывшемся окне указать измеряемый газ и величину «плотность».

Величина: [Газь	: CARBON DIC	DXIDE] Плотность 👻	
🔲 Задать значе	Выберите ве	личину	
🗸 Переключ	Величина:	Плотность	
Изначаль	Газы:	CARBON DIOXIDE	
Положение X:			75 m
Ориентация Х:		ОК Отмена 1,	,0
Вращение:	0,0 °		

Рисунок 6-42 Выбор газа и величины для измерения

Теперь в одной геометрической точке находится 7 устройств.



Рисунок 6-43 Устройства в дереве объектов

Избегайте использовать в названии русские буквы, так как PyroSim не всегда корректно обрабатывает кириллицу. К ошибке это не приведет, но найти в результатах нужный объект может быть проблематично.

Теперь нужно создать измерители во всех нужных местах.

Скопируем всю группу измерителей разом. Для этого выдели их в дереве объектов, нажмем кнопку «Переместить объекты» • , в контекстном меню выберем «режим копирования»:



Рисунок 6-44 Режим работы инструмента "Переместить объекты"

и затем укажем начальное и конечное положение для копирования.

После этого нужно переименовать точки для удобства работы.

Расположение точек в 2D-виде:



Рисунок 6-45 Расположение точек в модели

Мы расположили измерители в помещении пожара перед дверью и перед обоими выходами. Это минимально необходимый набор измерителей, при желании или необходимости можно увеличить количество точек измерения.

### 6.8 Создание плоскостей для визуализации ОФП

Для визуализации полученных данных в PyroSym существует несколько различных типов данных:

Вых	одные данные) FDS Вид Справка
	Редактировать измерения в твердой фазе
	Плоскости
	Граничные величины
1	Изоповерхности
	График трехмерных данных
	Статистика

Рисунок 6-46 Типы выходных данных

Особенно удобно для визуализации распространения ОФП использовать «плоскости» — сечение расчетного домена, в котором отображаются выбранные величины.

Для создания плоскости необходимо задать, перпендикулярно к какой оси она проходит, в какой точке пересекает ось, какую величину измеряет, и показывать ли в данной плоскости только скалярные величины или и векторные тоже.

Чтобы в FireRisk можно было построить поля вероятности эвакуации и индивидуального пожарного риска, необходимо создать шесть плоскостей на высоте рабочей зоны: температура, видимость, плотность угарного газа (CARBON MONOXIDE), плотность углекислого газа (CARBON DIOXIDE),

плотность кислорода (OXYGEN), плотность хлористого водорода (HYDROGEN CHLORIDE). Обратите внимание, что для теплового потока плоскости в PyroSim нет, поэтому по этому параметру проверки при построении плоскостей вероятности эвакуации не выполняется.

Пример задания плоскостей:



Рисунок 6-47 Создание плоскостей

Расположение плоскостей в модели:



Рисунок 6-48 Расположение плоскостей в модели

При визуализации в SmokeView плоскости выглядят так:



# 6.9 Задание общих параметров моделирования

Перед запуском расчета необходимо задать некоторые общие параметры для моделирования в меню «FDS» – «Параметры моделирования».

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования

Рисунок 6-50 Пункт меню "Параметры моделирования"

Отметим только те параметры, которые задать обязательно. Об остальных параметрах можно прочитать в руководствах пользователя FDS и PyroSim.

На вкладке «Время» необходимо задать конечное время моделирования (т.е. сколько времени в модели будет длиться расчет).

Частицы	Модель	Излучение		Наклонная	геометрия	Разное		
Время	Выходные данные				Окружающая сре	да		
Время начала:					0,0 s	]		
Конечное время	:		300,0 s	]				
🔲 Начальный ц	аг времени:			]				
📃 Начальный ц	заг времени реша	теля HVAC:				]		
🔲 Не допускат	П Не допускать изменения временного шага							
📝 Не допускат	ь превышения вр	еменным шагом первон	началы	ного значения				
Шаг обновления					2	кадра		
		Рисунок 6-51 В	кладк	а "Время"				

На вкладке «Выходные данные»:

Частицы	Модель	Излучение	l d	аклонная геометрия	Разное
Время	Выхо	одные данные		Окружающая	среда
🗸 Активироват	ъ 3D-визуализаци	юдыма			
Величина ды	ма:	Mac	овая доля (	сажи (По умолчанию)	•
📃 Отключить в	ывод диагностик	и			
<b>V</b> Ограничить в	зыходной текст д	о 255 колонок			
📃 Количество к	кадров с выходны	ми данными: 1000	)		
📃 Записать фай	йл массы газов				
Задать пе	ериод записи:				
Периоды записи	выходных данны	іх в файл			
📃 Граничны	е данные:			]	
Устройсти	во:			]	
Скорость	тепловыделения	:		]	
Изоповер	хность:				
🔲 Частицы:					
Профиль:					
🔽 Перезапу	ск:	300,	0 s		
Плоскости	ь:				

Рисунок 6-52 Вкладка "Выходные данные"

Если в модели много датчиков (больше 255), то необходимо снять галочку «Ограничить выходной текст до 255 колонок». Если этого не сделать, то выходные данные по датчикам будут разбиты на насколько файлов, что усложняет обработку результатов в сторонних программах.

В разделе «Периоды записи выходных данных в файл» можно указать периодичность записи, например, 1 секунду. Если не указывать, программа будет использовать значение по умолчанию.

Отдельно отметим параметр «Перезапуск». Этот параметры отвечает за то, с какой периодичностью сохраняются данные для возможного возобновления моделирования. Если расчет прервался по какой-то причине (перезагрузился компьютер и т.д.), то расчет можно продолжить с последнего файла перезапуска. Поэтому не стоит пренебрегать созданием таких файлов. С другой стороны – слишком маленький период записи приведет к более медленному расчету, так как на создание резервных файлов требуется время.

# 6.10 Запуск расчета

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:

0	- II_b - 🍏
	Запустить FDS
04 %	Запустить парадледьный расчет FDS Запустить FDS Запустить многопроцессорный расчет FDS

Рисунок 6-53 Запуск расчета

Перед запуском моделирования программа проверит геометрию и может задать вопрос:

Расшир	ить границы отверстий?
?	Обнаружено отверстие на границе сетки. Такое отверстие при расчете может оказаться не сквозным. Расширить подобные отверстия? Yes No

Рисунок 6-54 Предупреждение перед запуском расчета

Нажимаем «Да».

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Pacчer FDS - ex_fds
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds6.exe
Fire Dynamics Simulator
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:25:19
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534
Job IIILE : Job ID string : ex_
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s
Прогресс: 0.68s / 300.0s
Истекшее время: 0:00:05
Оставшееся время: 2:09:09
Запустить smokeview по завершении операции
Прервать Остановить Запустить SmokeView Сохранить лог

Рисунок 6-55 Окно расчета

Внизу окна указывается прошедшее время моделирования в модели, прошедшее реальное время и приблизительное оставшееся время.

Кнопка «Прервать» означает быстрое завершение расчета, без сохранения результатов для продолжения моделирования.

Кнопка «Остановить» означает корректное завершение расчета, с возможностью возобновить расчет с того же места (чтобы возобновить расчет, в меню «FDS» выберите «Возобновить расчет»).

Кнопка «Запустить SmokeView» позволяет запустить программу для визуализации результатов. Обратите внимание, если название расчета содержит русские буквы, то с помощью этой кнопки запустить SmokeView не удастся (и по окончанию расчета программа также не запустится). Для запуска SmokeView откройте папку с сохраненным расчетом и запустите файл с расширением «smv».

# 6.11 Анализ результатов в PyroSim

Посмотреть визуализацию результатов (как горит огонь, распространяется по модели дым и другие вещества, как поднимается температура и т.д.) можно в программе визуализации Smokeview. Подробнее работа с этой программой описана в соответствующем разделе.



Рисунок 6-56 Визуализация распространения ОФП в Smokeview

В самой программе PyroSim есть встроенный построитель графиков из результатов расчета. График скорости тепловыделения и других тепловых величин:



Рисунок 6-57 Загрузка данных о скорости тепловыделения



Рисунок 6-58 График скорости тепловыделения

В колонке слева можно выбрать величину, которая будет отображаться на графике. HRR — это скорость тепловыделения (мощность пожара, кВт).

Графики развития ОФП в точках измерения:



Рисунок 6-60 Данные датчиков

# 7 Пример 2. Моделировании распространения ОФП в двухэтажном здании

# 7.1 Описание примера

Выполним моделирование распространения ОФП по двухэтажному зданию при расчете риска.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как использовать САО-файл для создания модели
- как создать простую топологию
- как задать реакцию со сложной стехиометрией (горение нагрузки, содержащей хлор)
- как задать простой источник пожара
- как задать простую модель дымоудаления.

# 7.2 Порядок работы

Построение модели в PyroSim и моделирование распространения ОФП выполняется следующими этапами:

- 1. Импорт САД-файла
- 2. Создание сетки
- 3. Построение топологии
- 4. Создание источника пожара
- 5. Создание вентиляции
- 6. Задание выходных данных
- 7. Выполнение расчета
- 8. Просмотр и анализ результатов

# 7.3 Импорт САД-файла

В качестве подложки для создания модели можно использовать как рисунки, так и CAD-файлы. Преимущества использования CAD-файлов следующие:

- линии интерпретируются программой как объекты, соответственно, можно рисовать более точно, с привязкой к линиям (что невозможно при использовании рисунков)
- если САD-файл содержит 3D-геометрию, то можно импортировать модель целиком (но придется очень много редактировать)
- линии можно преобразовывать в стены с помощью команды «Преобразовать линии САD в стены» (выбрать необходимые линии и выбрать команду в контекстном меню):



Рисунок 7-1 Команда контекстного меню «Преобразовать линии CAD в стены»

Использование рисунков в качестве подложки обсуждалось в примере 1, теперь поработаем с чертежами CAD. Импортируем геометрию в модель с помощью команды меню или кнопки «Импорт файла FDS/CAD» . Выберем файл для импорта (1 этаж.dwg).

В первом окне нужно задать единицы измерения в файле. Программа обычно сама определяет их на основании анализа файла (обычно все строительные чертежи имеют единицу измерения миллиметры). Если единицы не определены, их нужно выбрать из списка и нажать кнопку Next:

Импорт 1 этаж Единицы изм	<b>к.dwg</b> ерения	
Какие единицы и mm [Предпросмотр гј Ширина моде Глубина моде Высота модел	измерения в файле? раниц модели] ли: 43,9903 m гли: 24,3354 m ли: 3,45 m	
	< Back Next >	Finish Cancel

Рисунок 7-2 Импорт - единицы измерения

Во втором окне все можно оставить по умолчанию:

Импорт 1 этаж.dwg Настройки импорта	
Качество кривой ———	
Допуск нормали:	15,0 °
Линии сетки NURBS:	5
Lighting	
🔽 Авто-правка пере	евернутых многоугольников
Материалы	
📃 Объединить один	наковые материалы

Рисунок 7-3 Импорт - настройки импорта

Затем будет выполнен анализ файла, в третьем окне будет предложено выбрать объекты для импорта и настройки импорта. В данном примере нас интересует САD-файл как подложка, поэтому тип объектов мы выбираем «линии» (если бы мы импортировали трехмерную геометрию, нужно было бы также выбрать грани). Установим галочку «переместить геометрию на Z=» и укажем высоту 0 – так все линии окажутся на уровне пола первого этажа.

Импорт	×
Импорт 1 этаж.dwg Параметры импорта	
Найденные типы геометрии: Типы объектов для импорта: Линии (найдено 1563) Грани (найдено 514)	3D модель
Переместить геометрию на Z= Поместить все объекты в од	
П Добавить пустой прямоугол Цвет:	ьник, чтобы закрыть нижние этажи
< Back Ne	ext > Finish Cancel

Рисунок 7-4 Импорт - параметры импорта

#### И геометрия импортируется на сцену:



Рисунок 7-5 Импортированный чертеж

В модели импортированная геометрия появляется по тем координатам, которые использовались в CAD-файле. Если модель оказалась далеко от начала координат, то работать будет не удобно. Поэтому перенесем всю модель так, чтобы выбранная нами точка (например, пересечение осей) оказалась в начале координат.

Для этого выделим всю модель в дереве объектов, выберем инструмент «Переместить объекты»



и переместим ее:



Рисунок 7-6 Перемещение чертежа в начало координат

Так мы импортировали геометрию для первого этажа.

Теперь импортируем геометрию для второго этажа. Не обязательно импортировать все этажи сразу — можно сначала построить всю топологию для одного этажа, затем загрузить второй.

Последовательность действий описана выше: выбрать команду «Импортировать», выбрать нужный файл, пройти шаги импорта (в последнем окне указать «переместить геометрию на Z=4,25» — чтобы импортированная геометрия сразу оказалась на нужном уровне).

Очень важно — переместим геометрию в начало координат точно так же, как делали с первым этажом. Обязательно проверим, что они действительно правильно расположены один над другим (по осям, лестницам, габаритам здания и т.п.).



Рисунок 7-7 Импорт второго этажа

Для удобства работы зададим этажи. Этаж в PyroSim — это виртуальное понятие, оно не влияет на расположение объектов, и только используется для удобства отображения объектов.

Для отображения этажа на сцене используется селектор на верхней панели:

Показать:	Все этажи 🗸 🔁 🖴 阁 🖉 🥙 🖉 🖉
<ul> <li>1</li> </ul>	Определить положения этажей
	Рисинах 7-8 Задание подожения этажей

Рисунок 7-8 Задание положения этажей

Кнопка рядом с селектором позволяет установить положение этажей:

١	/правление	этажами				2
	Добавить эт	гаж				
	Название	Уровень	Толщина перекрытия	Высота стены	Подложка	🛛 🖾 Удалить строку
1	1 этаж	0,0 m	0,25 m	3,75 m	(Удалить	]
۴.					()(Удалить	🖪 Копировать
						📋 Вставить
		Соз	дать этаж		<b>—</b>	M D more
				2		<i>и</i> вырезать
		na.	звание:	2 этаж		
		To	пщина перекрытия (А):	0,5 m	_	
		Ур	овень (В):	4,25 m	¢	
		Вы	сота стены (С):	3,0 m		
_						
						ОК Отмена
					ОК Отмена	

Рисунок 7-9 Окно редактирования этажей

Теперь в селекторе можно выбрать, какой этаж отображать на сцене:



Рисунок 7-10 Выбор этажа

# 7.4 Создание сетки

С помощью инструмента «Нарисовать сетку» 🥮 нарисуем сетку на первом этаже (размер сетки выбираем так, чтобы открытая лестница попадала в нее тоже):



Рисунок 7-11 Рисование сетки на 1 этаже

Откроем окно редактора сеток и поправим параметры сетки:

Исходные параметры (как нарисовали на глаз)

Минимум	4 X:	15,3 m	Минимум Ү:	2,98513 m	Минимум Z:	0,0 m
Максиму	м Х:	26,8 m	Максимум Ү:	17,9851 m	Максимум Z:	4,25 m
метод разд	елени	Pabhome	ерное			
метод разд	елени	Pabhome	ерное			
ячейки X:	46	Равноме	Соотношение ра	азмеров ячеек:	1,00	
чейки X: Ячейки Y:	елени: 46 60		<ul> <li>Соотношение ра</li> <li>Соотношение ра</li> </ul>	азмеров ячеек:	1,00	
четод разд Ячейки X: Ячейки Y: Ячейки Z:	46 60 17		<ul> <li>Соотношение ра</li> <li>Соотношение ра</li> <li>Соотношение ра</li> <li>Соотношение ра</li> </ul>	азмеров ячеек: азмеров ячеек: азмеров ячеек:	1,00 1,00 1,00	

# Конечные параметры (как должно быть)

Миниму	м Х:	15,25 m	Минимум Ү:	3,0 m	Минимум Z:	0,0 m
Максиму	ум Х:	26,75 m	Максимум Ү:	18,0 m	Максимум Z:	4,25 m
Метод разд	целени	я: Равном	ерное 🔻			
Метод разд Ячейки X:	целени 46	я: Равном	ерное 🔻	азмеров ячеек:	1,00	
Метод разд Ячейки X: Ячейки Y:	елени 46 60	я: Равном	ерное • Соотношение ра Соотношение ра	азмеров ячеек: азмеров ячеек:	1,00	

Рисунок 7-13 Исправленные параметры сетки

Если оставить первый вариант (со значениями типа 2,98513), то получим много проблем при попытке выровнять сетки.



Перейдем на второй этаж и нарисуем сетку там:

Исходные параметры:

Троверка выравнивания сеток: Не пройдена: Не выровнена с MESH
Свойства Дополнительно
Границы сетки:
Минимум X: 0,0485526 m Минимум Y: 3,14187 m Минимум Z: 4,25 m
Максимум X: 20,7986 m Максимум Y: 17,8919 m Максимум Z: 8,25 m
Метод разделения: Равномерное 🔻
Ячейки Х: 83 📀 Соотношение размеров ячеек: 1,00
Ячейки Y: 59 🛛 Соотношение размеров ячеек: 1,00
Ячейки Z: 16 🛛 Соотношение размеров ячеек: 1,00
Размер ячейки (m): 0,2500 x 0,2500 x 0,2500
Количество ячеек в сетке: 78 352
Полное количество ячеек в модели: 125 272

Рисунок 7-15 Исходные параметры сетки

#### Нужные параметры:

Проверка выр Свойства	авнива (ополн	ания сеток: иительно	Пройдена			
Границы се	тки:					
Миниму	1 X:	0,0 m	Минимум Ү:	3,0 m	Минимум Z:	4,25 m
Максим	/м Х:	20,75 m	Максимум Ү:	18,0 m	Максимум Z:	7,25 m
метод разд Ячейки X:	елени 83	я: Равном	ерное • • Соотношение ра	азмеров ячеек:	1,00	
Ячейки Ү:	60		🔮 Соотношение ра	азмеров ячеек:	1,00	
Ячейки Z:	12		🥝 Соотношение ра	азмеров ячеек:	1,00	
Размер яче	йки <b>(</b> m)	): 0,25 x 0,2	5 x 0,25			
Количество	ячеек	к в сетке: 59	760			
iter in the second						

Рисунок 7-16 Исправленные параметры сетки

Обратите внимание на пункт «Проверка выравнивания сеток». Он обязательно должен быть зеленым с надписью: «Пройдена». С оранжевой надписью расчет не запустится.

Что такое выравнивание сеток? Это соединение сеток так, чтобы узлы ячеек совпадали.

Необходимо помнить следующие свойства сеток:

- наружная граница сетки имеет свойства поверхности, установленные для поверхности по умолчанию. Обычно это твердая поверхность. Это означает, что не нужно дополнительно рисовать стены у границ сетки. Граница сетки сама по себе является стеной.
- при соединении двух сеток между сетками граница отсутствует. Это означает, что не нужно дополнительно создавать никаких отверстий на границах двух сеток для их соединения между собой – соединение возникает автоматически.

## 7.5 Создание топологии

Выберем инструмент «Нарисовать стену» 🔎, затем откроем окно «Свойства инструментов» 👫 и зададим свойства создаваемых стен: высота 3,75 метра, толщина 0,25 метров, цвет синий.

Нарисуем стены 鷆 высотой 3,75 метра, толщиной 0,25 метров

	0	Свойства инструментов	×
	ø	Название:	Препятствие
Ø	8	Положение Z:	0,0 m
E	то	Высота:	3,75 m
000	۰	Толщина стены:	0,25 m
	*	Поверхность:	
Ņ	D	Цвет:	Вадать 🔻
1	×	Расширить	
חחנים		👽 Разрешить отверстия	
<b>X</b> -			ОК Отмена

Рисунок 7-17 Свойства стены

#### На первом этаже



Рисунок 7-19 Стены на 2 этаже

Видно, что стен необходимо создать минимальное количество — в основном роль стен выполняют границы сетки.

Дверей в стенах и вовсе потребуется одна – на первом этаже перед лестницей. Выберем инструмент «Создать дверь в стене» 🝺 и нарисуем дверь так, чтобы по толщине она немного выходила за

границы стены (чтобы программа понимала, что отверстие сквозное):



При двойном клике по объекту (в данном случае, отверстию) открывается окно свойств, где можно изменить необходимые свойства:

Свойства отверсти	я	-	1.00		X			
Общие Геометрия Дополнительно								
Стена свойств								
Толщина:		0,75 m						
Высота:		2,0 m						
Выравнивание: Лево 🔻								
Базовая линия								
Точки:		х	Y	Z	Н Вставить строку			
	1	20,75 m	12,5 m	0,0 m	🖾 Удалить строку			
	2	20,75 m	10,5 m	0,0 m				
					🔿 Вверх			
					🛛 🛛 Вниз			
					🖪 Копировать			
					🗎 Вставить			
					🞇 Вырезать			
					ОК Отмена			

Рисунок 7-21 Свойства отверстия

Создадим перекрытие между этажами. Поскольку нижняя сетка имеет высоту от пола своего этажа до пола верхнего этажа, то перекрытие нужно задать над ней (а под верхней сеткой, соответственно, не нужно – низ верхней сетки располагается на уровне пола второго этажа).

Выберем инструмент «Нарисовать плиту» 🦳 и нарисуем перекрытие поверх всей нижней сетки:



Теперь создадим проем между этажами в открытой лестнице. Используем инструмент «Нарисовать отверстие в плите» 

отверстие в плите»

Отверстие может быть только прямоугольной формы, нам потребуется два отверстия:



Толщину отверстия задаем чуть больше толщины перекрытия, в котором оно создано.



3Д вид модели (скроем CAD-линии для наглядности)

Рисунок 7-24 Вид модели

Теперь необходимо создать ведущие наружу двери (расположенные на границе сетки) с помощью

инструмента «Нарисовать вентиляционное отверстие» 💷. С помощью этого инструмента можно создавать окна, вентиляцию и поверхности горения.

Создадим двери на границах сетки – такие двери должны иметь поверхность «OPEN».



Рисунок 7-25 Свойства вентиляционного отверстия

По двойному щелчку по созданному объекту открываются свойства объекта. Откроем свойства и установим границы по оси Z.
йства вентиляцио	нного отвер	стия			
бщие Геонетрия	Свойства от	крытой поверх	ности		
Геонетрия вентил	яционного отв	ерстия свойств			
Направление но	рнали: Авто	матически (рек	юнендуется) 🤜	•	
Плоскость Ү		n			
Границы					
Минимум Х:	23,0 m	Минимун Ү:	0,0 m	Мининун Z:	0,0 m
Максинии Х:	24.5 m	Maxcenver Y:	1.0 m	Максинии Z:	2

Рисунок 7-26 Геометрические свойства вентиляционного отверстия



Аналогично создадим второй выход с первого этажа и выход на лестницу на 2 этаже.

Основная топология создана. В следующих разделах будет описано, как создать источник возгорания и вентиляцию.



Вид модели в 3D-виде:

#### 7.6 Создание источника пожара

Источник пожара создается в три этапа:

- Создать реакцию
- Создать поверхность
- Создать объект и присвоить ему созданную поверхность

#### 7.6.1 Реакция

В этом примере мы рассмотрим использование сложной реакции (с использованием топлива, содержащего атомы хлора).

Используем реакцию «Мебель: дерево+облицовка». В этой реакции содержится хлор, поэтому задать с помощью простой стехиометрии ее не получится.

В текущей версии интерфейс PyroSim не поддерживает задание реакций со сложной стехиометрией, но тем не менее их задание возможно с помощью раздела «дополнительные записи» в текстовом виде.

Файлы с данными для реакций можно скачать по ссылке: http://www.pyrosim.ru/download/Firecat FDS fireload lib.rar

Откроем файл «реакции с хлором.txt». Найдем в нем нужную реакцию и скопируем:



Рисунок 7-29 Текстовый файл "реакции с хлором"

Теперь в окне PyroSim перейдем на вкладку «Текстовый вид» и вставим скопированные записи в раздел «Дополнительные записи»:



Рисунок 7-30 Работа с разделом "Дополнительные записи" в текстовом виде

Теперь убедимся, что в разделе «Реакции» нет активных реакций. Если реакции есть, удалим их или сделаем неактивными. Помните, что в PyroSim должна быть только одна активная реакция, либо реакция, заданная в текстовом виде.

Кроме того, при использовании сложной реакции необходимо выполнить следующее: в меню «Модель» выбрать «Редактировать газы»:



Рисунок 7-31 Меню "Редактировать газы"

В открывшемся окне для каждого из газов CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>), CARBON MONOXIDE (CO), OXYGEN (O<sub>2</sub>) и HYDROGEN CHLORIDE (HCI) на вкладке «Дополнительно» нужно в столбце «название» написать LUMPED\_COMPONENT\_ONLY, а в столбце «значение» .TRUE.

Будьте внимательны, написать нужно строго так, как указано.

😕 Редактировать газы			×
AIR CARBON DIOXIDE CARBON MONOXIDE HYDROGEN CHLORIDE NITROGEN OXYGEN PRODUCTS REAC_FUEL SOOT WATER VAPOR	*	ID газа: HYDROGEN CHLORIDE Описание: Начальная массовая доля: 0,0 Простые Дополнительно Дополнительные поля (SPEC) Название Значение 1 LUMPED_COMPONENT_ONLY TRUE *	<ul> <li>ЖШ Вставить строку</li> <li>Вставить строку</li> <li>Копировать</li> <li>Вставить</li> <li>Вставить</li> <li>Вставить</li> </ul>
Создать			
Добавить из библиотеки Переименовать Удалить		8SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=, TRUE	1
P		Применить	ОК Отмена

Рисунок 7-32 Свойства газов

Теперь реакция задана.

#### 7.6.2 Поверхность

Создадим поверхность типа «горелка»:

Создать	Создать поверхность	×	
Добавить из библиотеки	Название поверхности:	Поверхность01	
Переименовать	Тип поверхности:	Основной	
VDADIATE		Основной	
Удалить		Горелка	
		Общая поверхность	
		Нагреватель/Охладитель	

Рисунок 7-33 Выбор типа поверхности

Зададим величину удельного тепловыделения 194 кВт/м2 (в соответствии с нагрузкой «мебель: дерево+облицовка» (можно загрузить данную нагрузку из библиотеки, как обсуждалось в примере 1).

Редактировать поверхно	a Annana anna 19 An Ionan	
ADIABATIC HVAC INERT MIRROR OPEN PERIODIC TOBEPXHOCME01	ID поверхности: Поверхность01 Описание: Цвет: Внешний вид: О Тип поверхности: Горелка • Тепловыделение Тернические свойства Геометрия Впрыскивани Тепловыделение	е частиц   Дополнительно
	<ul></ul>	/m²  2·s) kg

Рисунок 7-34 Свойства поверхности типа "горелка"

Создадим вентиляционное отверстие в нужном месте:

### 7.6.3 Объект

В качестве объекта для моделирования источника пожара используем вентиляционное отверстие на полу первого этажа. Пусть горение начинается из центра вентиляционного отверстия и распространяется радиально.



Рисунок 7-35 Расположение вентиляционного отверстия для моделирования горелки

Дважды кликнем на созданное вентиляционное отверстие и откроем окно свойств. На вкладке «Общие» нужно задать поверхность горения:

T concip	ия Свойства	а распространени	ия пламени 🗍	ополнительно	
ID:	fire				
Описание:					
Группа:	🦀 Модель		•		
Активация:	<Всегда вк	лючен> 🔻			
Поверхность:	Мебель	; дерево+облица	овка 🔻		
📃 Задать цвет					
🔲 Отображать	контурами				
Начало координ	нат текстуры				
Относите	пьно объекта				
X: 0,0 m	Y: 0,	.0 m Z:	0,0 m		
Границы					
Минимум Х:	21,5 m	Минимум Ү:	15,75 m	Минимум Z:	0,0 m
Marcana Vi	26,5 m	Максимум Ү:	17,75 m	Максимум Z:	0,0 m

Рисунок 7-36 Задание поверхности горения для вентиляционного отверстия

На вкладке «Геометрия» укажем точку, откуда начнется распространения пламени. Автоматически устанавливается геометрический центр вентиляционного отверстия.

Свойства вентиляционного отверстия	×					
Общие Геометрия Свойства распространения пламени Дополнительно						
Геометрия вентиляционного отверстия свойств						
Направление нормали: Автоматически (рекомендуется) 🔻						
Плоскость Z 🔻 = 0,0 m	Плоскость Z - = 0,0 m					
Границы						
Минимум X: 21,5 m Минимум Y: 15,75 m Минимум Z:	0,0 m					
Максимум X: 26,5 m Максимум Y: 17,75 m Максимум Z:	1,0 m					
Центральная точка: Авто 🔻						
X: 24,0 m Y: 16,75 m Z: 0,0 m						
Круглое вентиляционное отверстие						
Радиус: 0,0 m						

Рисунок 7-37 Задание центральной точки

На вкладке «Свойства распространения пламени» установим галочку «Задать скорость пламени» и укажем скорость распространения.

c	войства вентиляционного отверстия
	Общие Геометрия Свойства распространения пламени Дополнительно
	Задать скорость пламени
	Пламя распространяется из центральной точки, заданной на вкладке "Геометрия".
	Скорость распространения: 0,015 m/s
	Рисунок 7-38 задание скорости распространения пламени

Таким образом, мы создали источник пожара:

- задали реакцию
- задали поверхность «горелка», для которой указали скорость тепловыделения
- задали вентиляционное отверстие, присвоили ему поверхность и указали начало распространения пламени и скорость распространения пламени.

### 7.7 Создание вентиляции

Простейшая вентиляция дымоудаления создается в три этапа:

- Создать поверхность
- Создать объект и присвоить ему созданную поверхность
- Создать устройство управления для включения объектов

#### 7.7.1 Поверхность

Создадим поверхность типа «вытяжка» для создания вытяжной вентиляции (для создания приточной нужно, соответственно, использовать тип «приток»)



Рисунок 7-39 Выбор типа поверхности

Зададим постоянный объемный поток (обратите внимание, что расход задается в м3/с, а не в м3/час, как принято в технической документации!):

Тип поверхности: Выт:	яжка 💌		
Поток воздуха Термич	неские свойства Дополнительно		
Нормальная скорость	потока		
💿 Задать скорость:		0,0 m/s	
Эадать объемный поток:		3,0 m³/s	
🔘 Задать полный массовый поток:		0,0 kg/(m²·s)	
Тангенциальная скорость:		0,0 m/s	0,0 m/s
Функция от времени: По умолчанию 🗸		1,0 s	
Ветровой профиль:	Цилиндрический (по умолчанию) 🔻		

Рисунок 7-40 Задание свойств поверхности типа "вытяжка"

Теперь любой объект, к которому будет применена эта поверхность, будет иметь объемный поток 3 м3/с.

### 7.7.2 Объекты

Выберем инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» и нарисуем два отверстия на потолке второго этажа:



Рисунок 7-41 Свойства вентиляционного отверстия



Рисунок 7-42 расположение вентиляционных отверстий

Вид модели в ЗД:



Рисунок 7-43 Вид модели

## 7.7.3 Управление

Если не задавать никаких устройств управления, то вентиляция начнет работать сразу при начале моделирования. Чтобы изменить время начала работы, используем устройство управления.

Откроем свойства вентиляционного отверстия для одного из дымоприемных устройств. В строке «Активация» выберем пункт «Создать».

Свойства вентиляционного отверстия				
Общие Геонетри	я			
Описание:	вытяжка			
l'pynna:	📣 Модель 👻			
Активация:	<Всегда включен> 👻			
Поверхность:	«Создать…» «Всегда включен»			
📃 Задать цвет				
📃 Отображать к	онтурами			

Рисунок 7-44 Параметры активации

Откроется окно создания устройства управления. Выберем тип входных данных «время», выполняемое действие – «создать/активировать». Внизу укажем время 120 секунд.

🔀 Создать элемент управления 💽
Тип входных данных
Вреня
🔿 Детектор
💮 Эленент управления с зоной нечувствительности (например, терностат)
🕐 Индивидуальный
Выполнить действие
Оздать/Активировать
💮 Удалить/Отключить
🕐 Несколько
Создать <u>≪вытяжка&gt;</u> при t = <u>120.0 s</u> .
CK Cancel

Рисунок 7-45 Свойства элемента управления

Таким образом, вытяжка включится через 2 минуты после начала моделирования.

Для второго вентиляционного отверстия не нужно создавать дополнительный элемент управления, ему можно просто присвоить только что созданный:

Свойства вентиляционного отверстия			
Общие Геометри	8		
Описание:	вытяжка01		
Epynna:	📣 Модель 👻		
Активация:	<Всегда включен> 🗢		
Depenyments	<Создать>		
hobepanocio.	<Всегда включен>		
📃 Задать цвет	Вленент управления01		
📃 Отображать к	онтурами		

Рисунок 7-46 Параметры активации для второго вентиляционного отверстия

### 7.8 Создание измерителей-датчиков

Для измерения опасных факторов пожара в отдельных точках можно использовать измерители в

газовой фазе. Их можно создать либо с помощью инструмента «Нарисовать устройство» 迷 , либо через меню «Устройства» – «Создать измеритель в газовой фазе».

Устр	ойства Выходные данные FDS Вид Справка
Ð	Редактировать элементы управления
	Создать устройство управления расчетом
	Создать устройство измерения времени
	Создать отборник проб для аспиратора
	Создать аспиратор
	Создать измеритель в газовой фазе
	Создать измеритель в твердой фазе 😡

Рисунок 7-47 Создание измерителя в газовой фазе

Создадим измеритель температуры с названием «1-1-Т», на высоте 1,75 метров над уровнем пола. (Изменение ОФП выполняется на высоте рабочей зоны — 1,7 метра над уровнем пола, но поскольку созданная нами сетка кратна 0,25 метрам, то датчики при расчете будут сдвинуты к ближайшей границе ячейки сетки. Чтобы удобнее было контролировать расположение датчиков, имеет смысл сразу выравнивать их по сетке).

Величина: Температура	Фиксация значен	ий: Никогда		•		
Задать значение:       0,0 °С         ✓ Переключить один раз       Изначально активирован         Положение       X:       23,75 m       Y:       17,75 m       Z:       1,75 m         Ориентация       X:       0,0       Y:       0,0       Z:       -1,0         Вращение:       0,0 °	Величина: Тем	пература			•	
Вращение: 0,0 °	Переключ Изначалы Положение X:	ить один раз но активирован 23,75 m	Y: 1	7,75 m	Z:	1,75 m
	вращение:	0,0 °		,0	2.	1,0

Рисунок 7-48 Свойства измерителя

Скопируем измеритель в дереве объектов нужное количество раз и зададим им измерение величин:

- температура,
- видимость,
- поток излучения от газа,
- плотность угарного газа (CARBON MONOXIDE),
- плотность углекислого газа (CARBON DIOXIDE),
- плотность кислорода (OXYGEN),
- плотность хлористого водорода (HYDROGEN CHLORIDE).

Для измерения плотности газовых величин необходимо выбрать пункт «Виды газов Величина»:

Измеритель в	газовой фазе		<b>—</b> ×-
Название: 1	-T04		
Количество:	Температура	-	
🔲 Задать зн	[Виды газов Величина] [Частица Величина]	▲ 	
🗸 Перекл	Fractional Irritant Concentration (FIC) H	=	
Изнача	U-скорость		
	V-скорость		
Положение	W-скорость		1,75 m
Ориентация	Активированные спринклеры Видимость		-1,0
Вращение:	Время выполнения процесса		
	время процессора	*	
		OK	Отмена

Рисунок 7-49 Выбор величины измерения для газов

И затем в открывшемся окне указать измеряемый газ и величину «плотность».



Рисунок 7-50 Задание газа и измеряемой величины

Теперь в одной геометрической точке находится 7 устройств.

🖹 💥 Устройства	
1-hcl	
1-co	
102	

Рисунок 7-51 Устройтсва в дереве объектов

Избегайте использовать в названии русские буквы, так как PyroSim не всегда корректно обрабатывает кириллицу. К ошибке это не приведет, но найти в результатах нужный объект может быть проблематично.

Теперь нужно создать измерители во всех нужных местах.

Скопируем всю группу измерителей разом. Для этого выдели их в дереве объектов, нажмем кнопку «Переместить объекты» , в контекстном меню выберем «режим копирования»:



Рисунок 7-52 Выбор режима работы инструмента перемещения

и затем укажем начальное и конечное положение для копирования. После этого нужно переименовать точки для удобства работы.

Расположение точек в модели:

1 этаж



Рисунок 7-53 Расположение измерительных точек на 1 этаже

### 2 этаж

(при копировании на 2 этаж нужно изменять координату Z – высота пола второго этажа 4,25 плюс высота рабочей зоны 1,75 = 6)



Рисунок 7-54 Расположение измерительных точек на 2 этаже

### 7.9 Создание плоскостей для визуализации ОФП

Для визуализации полученных данных в PyroSym существует несколько различных типов данных:

ные FDS Вид Справка
овать измерения в твердой фазе
ти
ые величины
рхности
рехмерных данных
ка

Рисунок 7-55 Задание выходных данных

Особенно удобно для визуализации распространения ОФП использовать «плоскости» — сечение расчетного домена, в котором отображаются выбранные величины.

Для создания плоскости необходимо задать, перпендикулярно к какой оси она проходит, в какой точке пересекает ось, какую величину измеряет, и показывать ли в данной плоскости только скалярные величины или и векторные тоже.

Чтобы в FireRisk можно было построить поля вероятности эвакуации и индивидуального пожарного риска, необходимо создать шесть плоскостей на высоте рабочей зоны каждого этажа: температура, видимость, плотность yraphoro raза (CARBON MONOXIDE), плотность yrлекислого raза (CARBON DIOXIDE), плотность кислорода (OXYGEN), плотность хлористого водорода (HYDROGEN CHLORIDE). Обратите внимание, что для теплового потока плоскости в PyroSim нет, поэтому по этому параметру проверки при построении плоскостей вероятности эвакуации не выполняется.

Пример задания плоскостей:

	Плоскость ХҮΖ	Положени	ие плоскости (m)	Величина газовой фазы	Использовать вектор?
мерхности	1 Z		1,75	Видиность	🗸 Нет
Алиабатическая	2 Z		1,75	Температура	Нет
OPEN	3 Z		1,75	[Газы: CARBON DIOXIDE] Плотность	Нет
MIRROR	4 Z		1,75	[Газы: CARBON MONOXIDE] Плотность	Нет
HVAC	5 Z		1,75	[Газы: HYDROGEN CHLORIDE] Плотность	Нет
вытяжка	5 Z		1,75	[Газы: OXYGEN] Плотность	Нет
Мебель; дерево	7 Z		6,0	Видиность	Нет
PERIODIC	3 Z		6,0	Температура	Нет
тройства	9 Z		6,0	[Газы: CARBON DIOXIDE] Плотность	Нет
равление	10 Z		6,0	[Газы: CARBON MONOXIDE] Плотность	Нет
емент управлени	11 Z		6,0	[Газы: HYDROGEN CHLORIDE] Плотность	Нет
ультаты	12 Z		6,0	[Газы: OXYGEN] Плотность	Нет
Плоскости					
Z = 1,75 m: Видим Z = 1,75 m: Темпе	юсть ратура		N D		
🗇 Z = 1,75 m: [Газы:	CARBON DIOXIDE] Пл	относ	~ *		
	CARBON MONOXIDE	Плотн			
- 🗊 Z = 1,75 m: [Газы:	HYDDOCEN CHLODIE	Е] Пло	11111		
🗊 Z = 1,75 m: [Газы: 🗊 Z = 1,75 m: [Газы:	IN DROGEN CHEORE				
(Д) Z = 1,75 m: [Газы: (Д) Z = 1,75 m: [Газы: (Д) Z = 1,75 m: [Газы: (Д) Z = 1,75 m: [Газы:	OXYGEN] Плотность		101-		
() Z = 1,75 m: [Газы: () Z = 6,0 m: Видимо	OXYGEN] Плотность ость		8-		
Z = 1,75 m: [Газы: Z = 1,75 m: [Газы: Z = 1,75 m: [Газы: Z = 1,75 m: [Газы: Z = 6,0 m: Видимо Z = 6,0 m: Темпер	OXYGEN] Плотность ость атура		8-		

Рисунок 7-56 Задание плоскостей

Расположение плоскостей в модели:



Рисунок 7-57 Расположение плоскостей в модели

### 7.10 Задание общих параметров моделирования

Перед запуском расчета необходимо задать некоторые общие параметры для моделирования в меню «FDS» – «Параметры моделирования».

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования

Рисунок 7-58 Меню "Параметры моделирования"

Отметим только те параметры, которые задать обязательно. Об остальных параметрах можно прочитать в руководствах пользователя FDS и PyroSim.

На вкладке «Время» необходимо задать конечное время моделирования (т.е. сколько времени в модели будет длиться расчет).

Частицы	Модель	Излучение		Наклонная	геометрия	Разное
Время	мя Выходные данные				Окружающая сре	la
Время начала: Конечное время Начальный и Начальный и На допускат	и: иаг времени: иаг времени реша ь изменения врем	теля HVAC: енного шага			0,0 s 300,0 s	
Не допускат	Не допускать превышения временным шагом первоначального значения					
Шаг обновления	a:				2	кадра

Рисунок 7-59 Вкладка "Время"

На вкладке «Выходные данные»:

Частицы	Модель	Излучение		Наклонная геометрия	Разное
Время	Вых	одные данные		Окружающа	я среда
📝 Активироват	гь 3D-визуализаци	ню дыма			
Величина дь	ima:	Ma	ассовая доля	сажи (По умолчанию)	•
🔲 Отключить в	вывод диагностик	си			
📝 Ограничить	выходной текст д	о 255 колонок			
Количество К	кадров с выходнь	ими данными: 10	00		
📃 Записать файл массы газов					
Задать период записи:					
Периоды записи	Периоды записи выходных данных в файл —				
📃 Граничны	📄 Граничные данные:				
📃 Устройст	во:				
Скорость	тепловыделения				
Изоповер	Изоповерхность:				
🔲 Частицы:	:				
Профиль	:				
🔽 Перезапу	/ск:	30	10,0 s		
Плоскост	ъ:				

Рисунок 7-60 Вкладка "Выходные данные"

Если в модели много датчиков (больше 255), то необходимо снять галочку «Ограничить выходной текст до 255 колонок». Если этого не сделать, то выходные данные по датчикам будут разбиты на насколько файлов, что усложняет обработку результатов в сторонних программах.

В разделе «Периоды записи выходных данных в файл» можно указать периодичность записи, например, 1 секунду. Если не указывать, программа будет использовать значение по умолчанию.

Отдельно отметим параметр «Перезапуск». Этот параметры отвечает за то, с какой периодичностью сохраняются данные для возможного возобновления моделирования. Если расчет прервался по какой-то причине (перезагрузился компьютер и т.д.), то расчет можно продолжить с последнего файла перезапуска. Поэтому не стоит пренебрегать созданием таких файлов. С другой стороны – слишком маленький период записи приведет к более медленному расчету, так как на создание резервных файлов требуется время.

# 7.11 Запуск расчета

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 7-61 Запуск расчета

Поскольку в модели использована реакция со сложной стехиометрией в разделе «Дополнительные записи», программа выдаст следующее предупреждение:



Рисунок 7-62 Предупреждение об активной реакции

Нажмем «Пропустить».

Перед запуском моделирования программа проверит геометрию и может задать вопрос:

Расширить	ь границы отверстий?
С? с т Р	Обнаружено отверстие на границе сетки. акое отверстие при расчете может оказаться не сквозным. асширить подобные отверстия? Yes No

Рисунок 7-63 Предупреждение об отверстиях на границах сетки

Нажимаем «Да».

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки.

Pacver FDS - ex_fds	- • •
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)	
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds6.exe	
Fire Dynamics Simulator	
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19	
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534	
Job TITLE : Job ID string : ex_	
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s	
Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s	
Прогресс: 0.68s / 300.0s	
Истекшее время: 0:00:05	
Оставшееся время: 2:09:09	
🔄 Запустить smokeview по завершении операции	
Прервать Остановить Запустить SmokeView	Сохранить лог

Рисунок 7-64 Окно расчета

Внизу окна указывается прошедшее время моделирования в модели, прошедшее реальное время и приблизительное оставшееся время.

Кнопка «Прервать» означает быстрое завершение расчета, без сохранения результатов для продолжения моделирования.

Кнопка «Остановить» означает корректное завершение расчета, с возможностью возобновить расчет с того же места (чтобы возобновить расчет, в меню «FDS» выберите «Возобновить расчет»).

Кнопка «Запустить SmokeView» позволяет запустить программу для визуализации результатов. Обратите внимание, если название расчета содержит русские буквы, то с помощью этой кнопки запустить SmokeView не удастся (и по окончанию расчета программа также не запустится). Для запуска откройте папку с сохраненным расчетом и запустите файл с расширением «smv».

#### 7.12 Анализ результатов в PyroSim

Посмотреть визуализацию результатов (как горит огонь, распространяется по модели дым и другие вещества, как поднимается температура и т.д.) можно в программе визуализации Smokeview. Подробнее работа с этой программой описана в соответствующем разделе.



Рисунок 7-65 Распространение дыма в Smokview

В самой программе PyroSim есть встроенный построитель графиков из результатов расчета.

График скорости тепловыделения и других тепловых величин:



Рисунок 7-66 Загрузка данных о скорости тепловыделения



Рисунок 7-67 График скорости тепловыделения

В колонке слева можно выбрать величину, которая будет отображаться на графике. HRR – это скорость тепловыделения (мощность пожара, кВт).

Графики развития ОФП в точках измерения:





Рисунок 7-68 Загрузка данных о датчиках

Рисунок 7-69 График данных датчиков

# 8 Пример 3. Моделирование прогрева и возгорания стен

В данном примере описана работа с материалами и многослойными поверхностями и их разнообразные применения.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как создать материал
- как создать многослойную поверхность для моделирования стены
- как смоделировать возгорание стены при определенной температуре
- как измерить прогрев стен

### 8.1 Порядок работы

Порядок работы при построении модели следующий:

- 1. Создание сетки
- 2. Построение топологии
- 3. Создание источника пожара
- 4. Создание материала и многослойной поверхности
- 5. Задание выходных данных
- 6. Выполнение расчета
- 7. Просмотр и анализ результатов

Поскольку в данном примере мы сосредоточимся на разборе отдельных функций PyroSim, то структура работы будет слегка изменена, чтобы наглядно выделить новую информацию:

- 1. Создание простейшей модели (сетка, топология, реакция).
- 2. Создание стены с реальными теплофизическими свойствами (материал, многослойная поверхность, выходные данные) и расчет ее прогрева при пожаре.
- 3. Создание стены, которая воспламеняется под действием источника зажигания (материал, многослойная поверхность, источник зажигания, выходные данные) и расчет.
- 4. Моделирование распространения пламени между стенами.

### 8.2 Создание модели

В данном примере модель не будет строиться на основе подложки, как при реальной работе, а будет создана простейшая модель, требуемая для выполнения расчета.

## 8.2.1 Сетка

Создадим сетку. Для этого дважды кликнем по разделу «Сетки» в дереве объектов — Сетки (0) – откроется окно для создания сетки. Нажмем кнопку «Создать», и укажем размеры сетки: 10\*10\*3. Количество ячеек соответственно: 40\*40\*12. Таким образом, размер ячеек составляет 0,25\*0,25\*0,25.

Сетка	^	Описание:
		Порядок / Приоритет: 1
		🕅 Задать цвет:
		Проверка выравнивания сеток: Пройдена
		Свойства Дополнительно
		Границы сетки:
		Миниции У: 0.0 m Миниции У: 0.0 m Миниции 7: 0.0 m
		Маналичи V. 10.0 гг. Маналичи V. 10.0 гг. Маналичи V. 10.0 гг.
		Максимум х: 10,0 m Максимум т: 10,0 m Максимум 2: 3,0 m
		Метод разделения: Равномерное 🔻
		Ячейки Х: 40 🛛 Соотношение размеров ячеек: 1,00
		Ячейки Y: 40 ОСоотношение размеров ячеек: 1,00
		Ячейки Z: 12 🔮 Соотношение размеров ячеек: 1,00
		Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25
		Количество ячеек в сетке: 19 200



Рисунок 8-2 Вид сетки

### 8.2.2 Топология

Границы сетки по умолчанию являются твердыми, поэтому, чтобы обеспечить доступ воздуха в сетку для поддержания горения, создадим на границе сетки вентиляционное отверстие.

Используем инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» 🗐 и создадим отверстие вдоль одной из границ сетки. Дважды кликнем по созданному объекту – откроется окно свойств.

На вкладке «Общее» выберем поверхность OPEN (открытая поверхность для связи с атмосферой):

Свойства вентиляци	онного отверстия	×
Общие Геометри	я Дополнительно Свойства открытой поверхности	
ID:	Вентиляционное отверстие	
Описание:		
Группа:	🝰 Модель 👻	
Активация:	<Всегда включен> 👻	
Поверхность:	OPEN -	5
🔲 Задать цвет		
📃 Отображать к	онтурами	

Рисунок 8-3 Свойства вентиляционного отверстия

На вкладке «Геометрия» укажем высоту вентиляционного отверстия 1,5 метра:

Свойства вентиляционного отверстия					
Общие Геометрия Дополнительно Свойства открытой поверхности					
Геометрия вентиляционного отверстия свойств					
Направление нормали: Автоматически (рекомендуется) 🔻					
Плоскость Х 🔻 = 0,0 м					
Границы					
Минимум X: 0,0 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 0,0 m					
Максимум X: 1,0 m Максимум Y: 10,0 m Максимум Z: 1,5 m					
Центральная точка: Авто 🔻					
X: 0,0 m Y: 5,0 m Z: 0,75 m					
Круглое вентиляционное отверстие					
Радиус: 0,0 m					

Рисунок 8-4 Размеры вентиляционного отверстия



Рисунок 8-5 Расположение вентиляционного отверстия

Теперь создадим стену, для которой в следующих разделах будем создавать материалы и поверхности. Выберем инструмент «Нарисовать стену» 🔎 и нарисуем стену высотой 2 метра и толщиной 0,25 метров:

	Свойства инструментов	x
	Название:	Препятствие
E <b>e</b>	Положение Z:	0,0 m
ТО	Высота:	2,0 m
0 <mark>0</mark> 0 0	Толщина стены:	0,25 m
0 🔅	Поверхность:	
ŅD	Цвет:	Из поверхности 🔻
10 /	🔲 Расширить	
	📝 Разрешить отверстия	
8=		

Рисунок 8-6 Свойства препятствия



Рисунок 8-7 Расположение стены

### 8.2.3 Реакция

Для моделирования горения обязательно должна быть создана реакция. Однако в данном примере нас интересует только тепловое воздействие пожара, а не продукты горения, поэтому в качестве реакции можно использовать любую реакцию.

Дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Реакции» 🧩 Реакции, в открывшемся окне нажмем кнопку «Создать».

На вкладке «Топливо» зададим количество атомов для метана – один атом углерода, четыре водорода:

Редактировать реакции	×
Реакция1	Описание: Топливо Подавление горения Побочные продукты Дополнительно Тип топлива: Простая химическая модель • <i>Топливо должно содержать только С, О, Н и N.</i> Состав Атомы углерода: 1
	Атомы водорода: 4 Атомы кислорода: 0,0 Атомы азота: 0,0
Создать	
Добавить из библиотеки Переименовать	8REAC ID='Peaklung1', FUEL='REAC_FUEL', FORMULA='C1H4'/
Удалить	
	Применить ОК Отмена

Рисунок 8-8 Свойства реакции

Нажмем ОК – реакция создана.

Убедитесь, что в дереве объектов рядом с названием реакции в скобках написано «активный»:



Рисунок 8-9 Активная реакция

Повторимся — в данном примере свойства реакции не играют роли, можно создать любую другую или добавить из библиотеки.

### 8.2.4 Выходные данные

Зададим некоторые выходные данные, которые пригодятся нам в рассматриваемых примерах.

Во-первых, это плоскость для измерения температуры газовой среды. Выберем инструмент «Нарисовать плоскость» 🛍 и кликнем посредине модели:



Рисунок 8-10 Создание плоскости в домене

Если плоскость имеет не ту ориентацию, которую вы хотите, кликните правой кнопкой мыши и выберите нужную:



Рисунок 8-11 Контекстное меню с выбором положения плоскости

Далее необходимо выбрать граничные выходные данные для измерения на поверхности стены. Для этого в меню «Выходные данные» выберите пункт «Граничные величины»:

Выходные данные FDS Вид Справка	
Редактировать измерения в твердой фазе	
Плоскости	
Граничные величины	
Изоповерхности	
3D-график данных	
Статистика	

Рисунок 8-12 Пункт меню «Граничные величины»

		Снять выделен	ие
выходные данные	Величина		
	Конвективный тепловой поток		-
	Коэффициент давления		-
	Коэффициент теплопередачи		-
	Лучистый тепловой поток		-
	Нормализованная скорость тепловыделения		-
	Нормализованный тепловой поток		-
	Нормальная скорость		-
	Падающий тепловой поток		_
	Поверхностная плотность		_
	Радиометр		
	Скорость выгорания		
	Скорость осаждения		
	Скорость трения		
	Температура газа		=
<b>V</b>	Температура задней поверхности стены		-
$\checkmark$	Температура стены		
$\checkmark$	Тепловой поток		Ŧ
		Выбрано 3 вел	ичин

Рисунок 8-13 Выбор граничных величин

Отметим галочками следующие величины: тепловой поток, температура стены, температура задней поверхности стены (что это значит, обсудим позже). Если вас интересуют еще какие-то величины, можно выбрать их тоже.

Теперь установим датчики на поверхности стены для измерения прогрева стены вглубь. Для этого в меню «Устройства» выберем «Создать измеритель в твердой фазе»:

Устр	ойства Выходные данные FDS Вид Справка
⊅	Редактировать элементы управления
	Создать устройство управления расчетом Создать устройство измерения времени
	Создать отборник проб для аспиратора Создать аспиратор
	Создать измеритель в газовой фазе
	Создать измеритель в твердой фазе

Рисунок 8-14 Создание измерителя в твердой фазе

Обратите внимание, что размещать измерители нужно исходя из выбранного сценария расчета, чтобы «проверить» все интересующие места. Для примера мы разместим измерители в трех точках на разной высоте. В каждой точке мы будем измерять температуру стены на поверхности, на глубине 1 мм, 5 мм и 10 мм.

Первый измеритель создадим на поверхности стены:

	ельно					
Название:	SOLID-1-	o				
Фиксация значений	: Никогда		•			
Величина: Темпер	атура стен	ы		•		
🔲 Задать значени	e: 0,0 ℃					
Переключит	ь олин раз					
	o ogani pao					
Изначально	активирова	эн				
Положение	х:	5,0 m	Y:	5,0 m	Z:	0,25 m
Нормаль к твердом	утелу Х:	1,0	Y:	0,0	Z:	0,0
Вращение:		0,0 *				

Рисунок 8-15 Свойства измерителя температуры на поверхности стены

Выберем величину «Температура стены». В разделе «Положение» зададим координаты на поверхности стены. В разделе «Нормаль к твердому телу» необходимо задать направление нормали к стене (направление, перпендикулярное поверхности стены и направленное от нее) – в данном случае, в положительном направлении оси Х.

Теперь создадим датчик в той же точке для измерения температуры внутри стены на глубине 1 мм:

Название:	SOLID-1-	1					
Фиксация значений:	Никогда	•					
Величина: Температ	гура внут	ри стены		-			
Глубина поверхности	: 0,001	m					
🔲 Задать значение:	0,0 °C						
🗸 Переключить (	один раз						
Изначально ак	тивирова	н					
Положение	X:	5,0 m	Y:	5,0 m	Z:	0,25 m	]
Нормаль к твердому т	гелу Х:	1,0	Y:	0,0	Z:	0,0	
Вращение:		0,0 °					
					-		
SDEVCID=SOLID-1-1, [	EPIH=0.	UU1, QUANIIIY='IN	SIDE	WALL TEMPERATUR	Ξ, ΧΥΖ	=5.0,5.0,0.25,	
OR=1/							

Рисунок 8-16 Свойства измерителя температуры на глубине 1 мм

Обратите внимание — выбрана **другая** величина: «Температура внутри стены». Указана глубина, на которой измеряется температура. Положение и нормаль задаются так же.

Теперь можно скопировать последний датчик два раза и поменять глубину измерения на 5 и 10 мм. Получим в одной точке 4 датчика:



Рисунок 8-17 Устройства в дереве объектов

Теперь выделим всю группу датчиков и скопируем ее два раза с изменением положения. Для этого в контекстном меню выберем команду «Копировать/переместить»:

		Копировать/перем	естить
		Отразить	
		Масштабировать	
ė- 🐝	Устройст	Повернуть	
	SOLID-1-C		
	SOLID-1-1 of	Вырезать	
	SOLID-1-5	Копировать	
	30LID-1-1		
Перенос			<b>—</b> X
Tepenoe			
Режим —			
🔘 Переме	стить		
💿 Копира	вать Количест	во копий: 2	
Перенос —			
	X	Y	Z
Смещение:	0,0 m	0,0 m	0,75
Выбранная г	раница		
Минимум:	5,0 m	5.0 m	0.25 m
	-, 5.0 -:	5.0	0.05
Максимум:	5,0 m	5,0 m	0,25 m
	ОК	Этмена Предвар	ительный просмотр

Рисунок 8-18 Копирование датчиков с помощью функции "Копировать/переместить"

Выберем вариант «Копировать» и укажем количество копий 2. В разделе «Смещение» укажем смещение по оси Z= 0,75 м — тогда каждая следующая копия окажется выше другой на 0,75 метров:



Рисунок 8-19 Расположение датчиков на стене

Осталось только переименовать датчики для удобства и наглядности:



Рисунок 8-20 Датчики в дереве объектов

### 8.2.5 Общие параметры моделирования

Зададим параметры в меню «FDS» – «Параметры моделирования».

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования

Рисунок 8-21 Меню "Параметры моделирования"

На вкладке «Время» необходимо задать конечное время моделирования (т.е. сколько времени в модели будет длиться расчет).

Частицы	Модель	Излучение		Наклонная	геометрия	Разное
Время	Вых	одные данные			Окружающая сре,	да
Время начала:			0,0 s			
Конечное время	:		300,0 s			
🔲 Начальный и	иаг времени:					
🔲 Начальный и	иаг времени реша					
📄 Не допускат	ь изменения врем	енного шага				
Не допускать превышения временным шагом первоначального значения						
Шаг обновления	a:				2	кадра

Рисунок 8-22 Вкладка "Время"

Теперь заготовка расчетного файла готова. Дальнейшая работа будет выполняться на основе этого файла.

### 8.3 Создание стены с теплофизическими свойствами

Стена будет представлять собой бетонную стену толщиной 10 см, со слоем штукатурки поверх нее толщиной 0,5 см.

#### 8.3.1 Создание материала

Создадим материал «бетон». Для этого дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Материалы» 🔦 Материалы , в открывшемся окне нажмем кнопку «Создать»:

Редактировать	материалы	2-8-0
бетон	*	ID материала: бетон
		Описание:
		Тип материала: Твердый 🗸
		Тепловые свойства Пиролиз Дополнительно
		Плотность: 2280,0 kg/m <sup>3</sup>
		Удельная теплоёмкость Постоянное 🔻 1,04 kJ/(kg·K)
		Проводимость Постоянное 🕶 1,8 W/(m·K)
		Коэффициент излучения: 0,9
		Коэффициент поглощения: 5,0E4 1/m

Рисунок 8-23 Свойства материала «бетон»

Зададим плотность, удельную теплоемкость и проводимость бетона. Для многих материалов такие параметры легко найти в различных справочниках.

Вкладка «Пиролиз остается незаполненной.

Кроме того, что материал можно создать вручную, его можно добавить из библиотеки. Для этого в окне «Редактировать материалы» нажмем кнопку «Добавить из библиотеки»:

иблиотеки Р	lyroSim			X
Категория:	Материалы		•	
Текущая н бетон пипсовая	иодель	*	· ·>	Библиотека:библиотека FireCat.fds бетон гипс пипсовая штукатурка желтая сосна жидкий этанол керановолокно маринит никель облицовочная плитка огнеупорный кирпич ПВХ поролон Создать новую библиотеку
Удалит	гь выбранные объекты	-		Сохранить текущую библиотеку Удалить выбранные объекты
				Закрыть

Рисунок 8-24 Добавление материала из библиотеки

В окне выберем нужный материал и нажмем стрелочку, чтобы добавить материал в модель.

бетон		ID материала:	гипсовая ц	штукатурка	
гипсовая штукатурка		Описание:	Quintiere, I	Fire Behavior - NIST	NRC Validation
		Тип материала: Тепловые свойс	Твердый ства Пирол	<ul> <li>Дополнитель</li> </ul>	но
		Плотность: Удельная тепл	лоёмкость	Постоянное 🔻	1440,0 kg/m³ 0,84 kJ/(kg·K)
		Проводимость		Постоянное 🔻	0,48 W/(m·K)
		Коэффициент	излучения:		0,9
		Коэффициент	поглощения	a:	5,0E4 1/m

Рисунок 8-25 Свойства материала "штукатурка"

Оба эти материала (бетон и штукатурка) являются негорючими. Для них необходимо указать только тепловые свойства. Свойства пиролиза для них задавать не нужно.

Однако можно также создать материалы, для которых свойства горения определены на вкладке «Пиролиз». Например, для материала «поролон» в базе определены такие свойства:

Редактировать материаль	ы					<u> </u>		
бетон пипсовая штукатурка поролон утеплитель		ID материала: Описание: Тип материала: Тепловые свойс	поролон Validated, re Твердый ства Пироли	emaining data from Jukka Hietaniemi, et a	Редактировать реакци	и пиролиза		
Создать	+	✓ Теплота ст Реакции       Реакции       Реакции       Добавит       Удалит       Редактирог	эрания: [ F 	2,54E4 kJ/kg PeakLuka Интенсивность: $\left(\frac{\rho_{kj}}{\rho_{k0}}\right)^{1.0} A \exp\left(\frac{-E}{RT_{k}}\right)$ Побочные продукты: 1750.0 kJ/kg	( Р s,i	A exp ( - E RT натура: вва: наумальный фектор) наумальный фектор) ой доли (n_2): тура	s         )max [ 0           350,0 °C         5,0 K/min           80,0 °C         1,0E13 1/s           0,0 k3/tmol         1,0           1,0         273,15 °C	, T <sub>s</sub> - T <sub>thr</sub> ] <sup>n</sup>
Добавить из библиотеки Переименовать Удалить		&MATL ID='nopo Hietaniemi, et al. DENSITY=28.0, H REFERENCE_TEM	лон', FYI='Ca , "FDS simulat HEAT_OF_COI IPERATURE=(	aution: Reaction Rate Not Validated, rema tion of fire spread", SPECIFIC_HEAT= 1 MBUSTION=2.54E4, N_REACTIONS=1, H 350.0/				ОК Отмена

Рисунок 8-26 Свойства на вкладке "Пиролиз"

Для такого материала параметры горения определяются величинами, заданными в свойствах пиролиза. Поэтому для таких материалов не нужно задавать в поверхности скорость тепловыделения и температуру воспламенения – она будет определена автоматически из свойств материала.

Однако параметры пиролиза для материала найти очень сложно, мало для каких веществ они известны. Поэтому мы не будем подробно рассматривать использование таким материалов в модели. Горючие свойства мы будем задавать для поверхности вручную.

### 8.3.2 Создание многослойной поверхности

После того как материалы созданы, необходимо создать многослойную поверхность. Создадим поверхность «стена», для которой укажем, что она состоит из слоя бетона и слоя штукатурки.

В дереве объектов дважды кликнем по разделу «Поверхности» 🍱 Поверхности. В открывшемся окне нажмем кнопку «Создать» и для поверхности укажем тип «многослойная»:

Создать поверхность	X
Название поверхности:	стена
Тип поверхности:	Многослойный 👻
	ОК Отмена

Рисунок 8-27 Создание многослойной поверхности

На вкладке «Слои материала» необходимо указать толщину и последовательность слоев, начиная от поверхности в глубину. Для этого в таблице укажем толщину, затем нажмем кнопку «редактировать», выберем материал и укажем массовую долю:

ID поверхности:	стена					
Описание:						
Цвет:	Вне	ешний вид: 🛛 🖉				
Тип поверхности:	Многослойный	•				
Термические с	войства Ге	еометрия Реакция	Впрык	кивание газа	Впрыскивание час	тиц Дополнительно
Разделитель Слои материала	слоев: 0,0				Своиства поверхност	
Толщина	(m)	Составной материал		Редактировать		н Вставить строку
*	0,1 m			Редакт	тировать	🖾 Удалить строку
	Состав					🙈 Вверх
	Macco	вая доля Материал		>⊞ В	ставить строку	🛛 🕸 Вниз
	*	1,0 <mark>бетон</mark>		· 🖶 )	/далить строку	В Копировать
					Ѧ Вверх	Вставить
					🛯 Вниз	🛛 🐰 Вырезать
	_			ū	Копировать	
					Вставить	
&SURF ID='стена',	RGB			3	🖁 Вырезать	
				ОК	Отмена	ОК Отмена

Рисунок 8-28 Задание слоя материала

Таким образом, мы задали слой толщиной 0,1 метра, состоящий полностью из бетона. Слой может состоять из нескольких материалов — например, можно указать содержание воды в материале (тогда нужно добавить строки и указать массовую долю всех материалов слоя).

Аналогично создадим второй слой:

Т	epi	д Дополнительно				
П Сло	Раз	аделитель слоев: 0,0				
		Толщина (m)	Составной материал	Редактировать		Вставить строку
	1	0,005 m	1,0 "гипсовая штукатурк	а" Редактировать		
	2	0,1 m	1,0 бет	рн Редактировать	L	на здалить строку
	*			Редактировать		
						🙈 Вверх
						₩ Вниз

Рисунок 8-29 Толщина слоев материалов

Напомним, что первым должен быть слой, наиболее близкий к поверхности. Чтобы поменять местами слои в случае ошибки, используйте кнопки «Вверх» и «Вниз» справа от таблицы.

(Вспомним, что при выборе выходных данных мы задали величину «Температура задней поверхности стены». Теперь значение этой величины становится понятным — это температура позади всех заданных слоев материала).

Обратите внимание, что толщина материалов, задаваемая в поверхности, не имеет никакого отношения к толщине препятствия, которое мы нарисовали в модели. Это два разных параметра, используемые в разных частях расчета. Геометрическая толщина – размер препятствия, которое мы создаем в модели – влияет на движение газовой среды. Эта толщина должна соответствовать размерам ячеек сетки. Теплотехническая толщина – которую мы задали в свойствах поверхности –

необходима только при расчете теплопередачи в конструкции, для расчета прогрева материала, для учета взаимодействия газа и твердого тела. Эти две толщины могут отличаться – это не ошибка!

Следующая вкладка «Свойства поверхности»:

ID поверхности:	стена			
Описание:				
Цвет:	Внешний в	ид: 🖉		
Тип поверхности:	Многослойный	•		
Термические с	войства Геометри	я Реакция Впрыскиван	ие газа Впрыскивание частиц	Дополнительно
	Слои материала		Свойства поверхности	
🔲 Активировате	ь протечку	▼ <->	<b>~</b>	
Температура —				
Начальная вн	кутренняя температура:	TMPA		
Задняя повер	хность:	Воздушный зазор	Температура щели:	TMPA
Функция темг	пературы:	Воздушный зазор Открытый	1,0 s	
		Изолированный 😡		

Рисунок 8-30 Задание задней поверхности стены

Здесь необходимо задать свойство «Задняя поверхность».

Задняя поверхность — это «виртуальный» слой материала, расположенный ниже всех заданных пользователем. Варианты следующие:

- «Воздушный зазор» с определенной температурой (температура задается в свойстве «Температура щели») — как будто позади стены находится открытое окружающее пространство (например, за пределами здания).
- «Изолированный» как будто за материалом располагается толстый слой изолирующего материала, куда отводится все тепло
- «Открытый» если необходимо моделировать передачу тепла с одной стороны препятствия на другую. В таком случае толщина препятствия не должна превышать одной ячейки сетки.

Мы выберем «Открытый».

Для данной поверхность задание свойств закончено.

Теперь откроем окно свойств стены и зададим поверхность:

energe appendice	вия					
Общие Геометр	оия Поверхности До	полнительно				
Единичный     Стена						
Несколько Лицевая сторона Поверхность						
	Сторона 1	INERT				
	Сторона 2	INERT				
	Торец 1	INERT				
	Торец 2	INERT				
	Низ	INERT				
	Верх	INERT				

Рисунок 8-31 Задание поверхности для препятствия

### 8.3.3 Создание источника горения

Создадим поверхность «Горелка»:

ID поверхности:	fire					
Описание:						
Цвет: Внешний вид: 🖉						
Тип поверхности:	Горелка 🔻					
Тепловыделение	Термические свойства Геометрия	Впрыскивание частиц	Дополнительно			
Тепловыделение	:					
<ul><li>Удельное</li></ul>	е тепловыделение (HRRPUA):	500,0 kW/m²	500,0 kW/m²			
🔘 Скорость	потери массы:	0,0 kg/(m²·s)	0,0 kg/(m²·s)			
Функция от в	ремени: По умолчанию	▼ 1,0 s				
Коэффициент	затухания:	0,0 m²·s/kg	0,0 m²·s/kg			
Функция от в Коэффициент	ремени: По умолчанию	<ul> <li>1,0 s</li> <li>0,0 m<sup>2</sup>·s/kg</li> </ul>				

Рисунок 8-32 Создание поверхности типа "горелка"

С помощью инструмента «Нарисовать вентиляционное отверстие» создадим вентиляционное отверстие на полу помещения и выберем для него поверхность «fire»:

войства в	ойства вентиляционного отверстия						
Общие	Геометрия	а Дополнительно Свойства распространения пламени					
ID:	ID: Вентиляционное отверстие01						
Описан	ие:						
Группа	e 🖌	🛃 Модель	•				
Актива	ация:	<Всегда включен>	•				
Поверх	ность:	fire 🔻					
📃 Зад	ать цвет [						
🔲 Ото	бражать кон	нтурами					
Начало	координат	текстуры					
x:	относительно 0,0 m	о объекта Y: 0,0 m	Z:	0,0 m			
Границ	ы						
Мини	имум Х: 6,	,0 m Мини	имум Ү:	3,25 m	Минимум Z:	0,0 m	
Макс	симум X: 8,	,75 m Мако	имум Ү:	6,75 m	Максимум Z:	0,0 m	
					ОК	Отмена	

Рисунок 8-33 Создание вентиляционного отверстия

На вкладке «Свойства распространения пламени» не будем задавать ничего – таким образом, все вентиляционное отверстие начнет гореть одновременно:

войства в	ентиляцион	ного отвер	стия				
Общие	Геометрия	Дополните	льно Свойс	тва распростр	анения плам	ени	
🔳 Зад	ать скорость	пламени					
План	мя распростр	аняется из ц	ентральной	точки, задані	юй на вклад	ке "Геометрия".	
Скор	ость распро	странения:					

Рисунок 8-34 Скорость распространения пламени



Рисунок 8-35 Расположение вентиляционного отверстия

#### 8.3.4 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 8-36 Запуск расчета

Перед запуском моделирования программа проверит геометрию и может задать вопрос:

Расшир	Расширить границы отверстий?						
2	Обнаружено отверстие на границе сетки. Такое отверстие при расчете может оказаться не сквозным. Расширить подобные отверстия? Yes No						

Рисунок 8-37 Предупреждение об отверстии на границе сетки

Нажимаем «Да».

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Pacчer FDS - ex_fds	- • •					
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)						
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds82\fds6.exe						
Fire Dynamics Simulator						
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19						
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534						
Job TITLE : Job ID string : ex_						
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s						
Прогресс: 0.68s / 300.0s						
Истекшее время: 0:00:05						
Оставшееся время: 2:09:09						
Запустить smokeview по завершении операции						
Прервать Остановить Запустить SmokeView С	Сохранить лог					
Рисунок 8-38 Окно расчета						

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию:



Рисунок 8-39 Окно Smokeview

Load/Unload	•	3D smoke			
Show/Hide	•	Slice file	•	TEMPERATURE	Y=5.0
Options	•	Boundary file	۲.	-	
Dialogs	•	-		Unload	
Help	•	Configuration files	► T		
Quit		Scripts	•		
		Compression	•		
		Show file names			

#### Загрузим плоскость, измеряющую температуру воздуха:

Reload

Unload all

Рисунок 8-40 Загрузка плоскости для измерения температуры

₽

Redirect messages to primer\_3.smvlog



Рисунок 8-41 Плоскость для измерения температуры

Температура газа возле стены составляет примерно от 200 до 500 градусов. Загрузим граничные данные для температуры стены:

	Load/Unload	•	3D smoke	•	
	Show/Hide	•	Slice file		
	Options	•	Boundary file	•	BACK WALL TEMPERATURE
	Dialogs	•	-		NET HEAT FLUX
	Help	•	Configuration files	•	WALL TEMPERATURE
	Quit		Scripts	•	- 63
_			Compression	•	Update bounds
			Show file names		Unload
			Redirect messages to primer_3.smvlog	L	
			Reload	►	
			Unload all		

Рисунок 8-42 Загрузка граничных данных по температуре



Рисунок 8-43 Температура на поверхностях

Температура в центре стены доходит до 300 градусов.

Также посмотрим температуру задней поверхности стены (BACK WALL TEMPERATURE):



Рисунок 8-44 Температура задней поверхности стены

Видно, что задняя поверхность прогревается примерно до 70 градусов (в верхней части).

В окне программы PyroSim можно посмотреть графики величин в датчиках. На панели инструментов выберем «График результатов устройств»:



Рисунок 8-45 Запуск графика тепловых результатов



Откроется окно, где можно выбрать датчик для просмотра графика:

Рисунок 8-46 График датчиков

Все данные датчиков содержатся в файле primer3\_devc.csv. Этот файл можно открыть в Excel или другом редакторе таблиц и построить разнообразные графики для сравнения прогрева на разных высотах и глубинах.

### 8.4 Создание стены, которая воспламеняется под действием источника зажигания

Теперь рассмотрим создание стены из горючего материала, которая начнет гореть под действием источника зажигания, и с течением времени будет выгорать.

Пусть стена выполнена из дерева толщиной 3 мм (значение выбрано, чтобы наглядно продемонстрировать протекающие процессы при не слишком длительном моделировании).

#### 8.4.1 Создание материала

Добавим из библиотеки материал «желтая сосна». Для этого дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Материалы» \* Материалы , в открывшемся окне нажмем кнопку «Добавить из библиотеки»:



Рисунок 8-47 Окно редактирования материалов

В окне выберем нужный материал и нажмем стрелочку, чтобы добавить материал в модель.

ID материала: желтая сосна						
Описание:	Описание: Quintiere, Fire Behavior - NIST NRC Validation					
Тип материала: Твердый 🗸						
Тепловые свойс	тва Пирол	из Дополнительн	ю			
Плотность: 640,0 kg/m³						
Удельная тепл	юёмкость	Постоянное 🔻	2,85 kJ/(kg·K)			
Проводимость		Постоянное 👻	0,14 W/(m·K)			
Коэффициент и	излучения:		0,9			
Коэффициент г	5,0E4 1/m					

Рисунок 8-48 Свойства материала "желтая сосна"

Материал является горючим, однако его свойства пиролиза неизвестны, поэтому вкладка «Пиролиз» остается пустой, а горючие свойства мы зададим в поверхности.

#### 8.4.2 Создание многослойной поверхности

После того как материалы созданы, необходимо создать многослойную поверхность. Создадим поверхность «стена», для которой укажем, что она состоит из слоя дерева.

В дереве объектов дважды кликнем по разделу «Поверхности» 🍱 Поверхности. В открывшемся окне нажмем кнопку «Создать» и для поверхности укажем тип «многослойная»:

Создать поверхность	×
Название поверхности:	стена
Тип поверхности:	Многослойный 🗸
	ОК Отмена

Рисунок 8-49 Создание многослойной поверхности

На вкладке «Слои материала» необходимо указать толщину и последовательность слоев, начиная от поверхности в глубину. Для этого в таблице укажем толщину, затем нажмем кнопку «редактировать», выберем материал и укажем массовую долю:

д поверхности:	стена		
Описание:			
Цвет:	Внешний вид:		
Тип поверхности:	Многослойный 👻		
Термические с	зойства Геометрия Реакция Впрых Слои материала	живание газа Впрыскивание част Свойства поверхности	гиц Дополнительно 1
Разделитель Слои материала	слоев: 0,0		
Толщина	(m) Составной материал	Редактировать	н Вставить строку
1 *	0,003 m 1,0 "желтая сосна"	Редактировать	🖽 Удалить строку
	Массовая доля Материал	н Вставить строку	🔉 Вверх
	1 1,0 желтая сосна *	🖾 Удалить строку	Копировать
		⊗ Вверх	Вставить
		В Копировать	de percente
		Вставить	
&SURF ID='стена' сосна', MATL_MAS		—————————————————————————————————————	., MATL_ID(1,1)='желтая
		ОК Отмена ить	ОК Отмена

Рисунок 8-50 Задание слоя материала
Следующая вкладка «Свойства поверхности»:

ID поверхности:	стена						
Описание:							
Цвет:	Внешний в	ид: 🖉					
Тип поверхности:	Многослойный	•					
Термические о	войства Геометри	1я Реакция Впрыские	ание газа 🛛 🛛 🕅	Впрыскивание частиц	Дополнительно		
	Слои материала Свойства поверхности						
Активироват	ъ протечку	v <->	Ţ				
температура							
Начальная в	нутренняя температура:	TMPA					
Задняя пове	рхность:	Воздушный зазор	<ul> <li>Температура</li> </ul>	щели:	TMPA		
Функция тем	пературы:	Воздушный зазор	1.0 s				
.,		Открытый Изолированный	3				

Рисунок 8-51 Свойства задней поверхности

Выбираем свойство «Открытый» для задней поверхности.

	•				
D поверхности: стена					
Описание:					
цвет:	Внешний вид: 🖉				
Гип поверхности: Многослойны	ый 🔻				
Слои матер	риала		Свойства поверхности		
Термические свойства	Геометрия Реакция	Впрыскивание газа	Впрыскивание частиц	Дополнительно	
Тепловыделение Удельное теплов Скорость потери	зыделение (HRRPUA): массы:	200,0 kW/m² 0,0 kg/(m²·s)			
Функция от времени:	По умолчанию	▼ 1,0 s			
Коэффициент затуха	ния:	0,0 m²·s/kg			
Возгорание					
Моментальное во:	згорание				
Возгорание при:	50,0 °C	]			
🔲 Теплота испарения:	0,0 kJ/kg	]			
Разрешить выгорание преп	іятствия				

Далее вкладка «Реакция» (для негорючей стены мы ее не задавали).

Рисунок 8-52 Задание реакции для многослойного материала

Здесь мы выбираем пункт «Определяется вручную». Если бы в свойствах материала был задан пиролиз, можно было бы оставить вариант «Определяется материалом», и тогда удельное тепловыделение и температура возгорания определялись бы свойствами материала. Но мы все это зададим сами.

Зададим постоянное удельное тепловыделение 200 кВт/м2. В разделе «Возгорание» выберем пункт «Возгорание при» и установим температуру 50 градусов (это не реалистичное значение, мы выбрали его, чтобы возгорание произошло относительно быстро). Далее необходимо установить галочку «Разрешить выгорание препятствия».

Для данной поверхность задание свойств закончено.

Теперь откроем окно свойств стены и зададим поверхность:

йства препятствия		
Общие Геометрия Г	Іоверхности До	полнительно
Единичный     Единичный	тена 🔻	
🔘 Несколько Лиц	евая сторона	Поверхность
Стор	она 1	INERT
Стор	она 2	INERT
Tope	ц1	INERT
Tope	ц 2	INERT
Низ		INERT
Beny		INFRT

Рисунок 8-53 Задание поверхности для препятствия

#### 8.4.3 Создание источника горения

Создадим поверхность «Горелка»:

ID поверхности:	fire
Описание:	
Цвет:	Внешний вид:
Тип поверхности:	Горелка 🗸
Тепловыделение	Термические свойства Геометрия Впрыскивание частиц Дополнительно
Тепловыделение	
<ul><li>Удельное</li></ul>	е тепловыделение (HRRPUA): 500,0 kW/m <sup>2</sup>
Скорость	потери массы: 0,0 kg/(m²·s)
Функция от в	ремени: По умолчанию 🔻 1,0 s
Коэффициент	затухания: 0,0 m²·s/kg

Рисунок 8-54 Задание горелки

С помощью инструмента «Нарисовать плиту» 🥟 создадим небольшое препятствие возле стены. В его свойствах присвоим ему поверхность «fire»:



Рисунок 8-55 Расположение источника горения

Это препятствие играет роль источника зажигания. Его цель – дать достаточно тепла в начале моделирования, чтобы стена начала гореть самостоятельно. Чтобы оно не влияло на скорость тепловыделения в расчете, зададим элемент управления, который удалит его из модели через 20 секунд:

0.	<b>Development</b>
.D:	препятствие
Описание:	
pynna:	🝰 Модель 👻
Активация:	<Всегда включен> 👻
🗖 Задать цвет	<Создать> <Всегда включен>
Начало координат тек	стуры
Относительно об	ъекта
X: 0,0 m	Y: 0,0 m Z: 0,0 m
Свойства препятствия	
📄 Расширить	Запись BNDF Разрешить отверстия
📝 Разрешить Vent	📝 Разрешить удаление 🔲 Отображать контурами
Насыпная плотност	ъ: 0,01 kg/m³
раницы	
Минимум X: 5,0 m	Минимум Y: 1,75 m Минимум Z: 0,0 m
Максимум Х: 6,0 m	Максимум Y: 2,75 m Максимум Z: 0,5 m

Рисунок 8-56 Активация источника горения

#### Откроется окно для создания элемента управления:

Создать элемент упра	вления
Элемент управлени	Тип входных данных Время Детектор Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат) Обычный
	ыполнить деиствие ⊘ Активировать ④ Деактивация ⊘ Несколько
-	Деактивировать <u>⊲Препятствие&gt;</u> при t = <u>5.0 s</u> .
Создать	
Переименовать	
Удалить	
	Применить ОК Отмена

Рисунок 8-57 Деактивация источника горения

Выберем тип входных данных «Время», выполнить действие — «Деактивация», и внизу укажем время 5 секунд. Таким образом, через 5 секунд после начала моделирования препятствие исчезнет и не будет в дальнейшем влиять на расчет.

#### 8.4.4 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 8-58 Запуск расчета

Перед запуском моделирования программа проверит геометрию и может задать вопрос:



Рисунок 8-59 Предупреждение перед началом расчета

Нажимаем «Да».

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Pacчer FDS - exfds
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)
Starting FD3: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds6.exe
Fire Dynamics Simulator
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534
Job TITLE : Job ID string : ex_
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s
Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s
Прогресс: 0.68s / 300.0s
Истекшее время: 0:00:05
Оставшееся время: 2:09:09
Запустить smokeview по завершении операции
Прервать Остановить Запустить SmokeView Сохранить лог

Рисунок 8-60 Окно расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время. Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию.

Load/Unload	•	3D smoke	•	SOOT MASS FRACTION
Show/Hide	•	Slice file	×	HRRPUV
Options	•	Boundary file	. ▶	
Dialogs	•	-		
Help	•	Configuration files	•	
Quit		Scripts	•	
		Compression	•	
		Show file names		
		Redirect messages to primer_3_wood.smvlog		
		Reload	+	
		Unload all		

Сначала посмотрим распространение пламени по поверхности стены:

Рисунок 8-61 Загрузка визуализации распространения пламени

#### Видно, что горение стены продолжается даже после исчезновения источника возгорания:



Рисунок 8-62 Начало распространения пламени по стене

#### Пламя распространяется по стене:



Рисунок 8-63 Распространение пламени по стене

■ primer\_3\_wood

Через некоторое время начинается выгорание препятствия:

Reload

Unload all

Рисунок 8-64 Начало выгорания препятствия

Материал стены начинает гореть при температуре 50 градусов. Посмотрим, как это выглядит на визуализации:

Load/Unload	•	3D smoke	•	
Show/Hide	•	Slice file	• • _	
Options	+	Boundary file	•	BACK WALL TEMPERATURE
Dialogs	+	-		NET HEAT FLUX
Help	+	Configuration files	+ [	*WALL TEMPERATURE
Quit		Scripts	•	- 45
-	_	Compression	•	Update bounds
		Show file names		Unload
		Redirect messages to primer_3_wood.smvlog	T	

Рисунок 8-65 Загрузка данных о температуре стены

Þ



Рисунок 8-66 Температура стены

Видно, что шкала по умолчанию настроена неудачно — максимальная температура слишком высокая, поэтому интересующие нас 50 градусов различить сложно. Настроим шкалу более наглядно:



Рисунок 8-67 Настройка границ данных

3/ 5001103	
	Files
	<u>Auto load</u>
	Show/Hide + P
	Compress +
	⊆ Scripts + Þ
	Config +
Pounde	
n Data	_
	3D smoke +b
E Roundaru	
C back	
⊙ temp	
C net	20.0 °C © percentile min
Cache boundary data	C global min
	, giobai iiii
	°C 🔿 percentile max
Show temp threshold	💿 set max
Show only temp threshold	O global max
Temperature threshold (°C) 400.0	Indate using cached data
	Opticate using Capited data
	Reioau Boundary File(s)
	□ Truncate data + D
	4 <u>Slice +</u> P
	⊑ <u>Time +</u> Þ
	Save settings
	Close

Рисунок 8-68 Задание максимального значения температуры

В разделе Bound data (граничные данные) выберем вариант set max (установить максимальное значение) и зададим 60 градусов. Нажмем кнопку Reload Boundary File(s) для обновления результатов.



Теперь тот же момент времени выглядит следующим образом:

Рисунок 8-69 Температура стены - наглядное отображение температуры возгорания

Теперь наглядно видно, где стена уже нагрета до температуры возгорания, а где еще нет.

В окне программы PyroSim посмотрим график мощности горения. Для этого на панели инструментов выберем:

<b>I</b> 43	≠ 🍎
	График тепловых результатов
L.	График результатов устройств
	График элементов управления
	График зависимости величин от времени

Рисунок 8-70 Загрузка тепловых результатов



Рисунок 8-71 График мощности пожара

На графике показана зависимость скорости тепловыделения (кВт) от времени. Видно, что в начальный момент времени источник возгорания дает короткий мощный выброс тепла, который исчезает через 5 секунд после начала моделирования. Далее примерно до 110 секунд идет увеличение мощности – пламя распространяется по стене, пока вся стена не окажется охваченной пламенем. Затем некоторое время держится максимальная мощность горения, а после этого она начинает снижаться, поскольку нагрузка выгорает. Если бы моделирование длилось несколько дольше, можно было бы наблюдать снижение мощности до нуля, когда вся нагрузка выгорит.

## 8.5 Моделирование распространения пламени между стенами

И последний пример в этом разделе – распространение пламени от одной стены к другой. Здесь не будет использовано ничего нового, чего бы мы уже не рассмотрели в предыдущих вариантах примера.

Используем файл из предыдущего варианта (горение стены) и немного его модифицируем.

Скопируем существующую стену с помощью инструмента «Переместить» 🐏. Для этого выделим стену, активируем инструмент, укажем на сцене исходную точку и точку, в которую нужно переместить стену. Чтобы инструмент работал в режиме копирования, кликнем правой кнопкой мыши и в меню выберем «Режим копирования»:



Рисунок 8-72 Копирование стены



Рисунок 8-73 Вид модели

Теперь при повышении температуры второй стены до заданной температуры возгорания, она начнет гореть.

Запустим расчет 📀.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию.

Load/Unload	•	3D smoke	×	SOOT MASS FRACTION
Show/Hide	•	Slice file	×	HRRPUV
Options	•	Boundary file	• • <sup>1</sup>	
Dialogs	•	-		
Help	•	Configuration files	+	
Quit		Scripts	+	
		Compression	+	
		Show file names		
		Redirect messages to primer_3_wood.smvlog		
		Reload	►	
		Unload all		







Рисунок 8-75 Распространение пламени с одной стены на другую

Видно, как под действием теплового излучения начинает гореть вторая стена, находящаяся на расстоянии от первой.



Рисунок 8-76 Выгорание стен

Через некоторое время обе стены начинают выгорать.

## 9 Пример 4. Моделирование тушения водой и газом

## 9.1 Описание примера

Данный пример продолжает рассмотренные в предыдущем примере вопросы прогрева и возгорания препятствий. Теперь мы будем рассматривать возможности тушения горючей нагрузки с помощью воды или газа.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как создать спринклер для моделирования тушения водой
- как создать устройство для моделирования тушения газом

Обратите внимание, что параметры устройств для тушения не обязательно являются реальными, часто они выбраны так, чтобы за время моделирования наглядно продемонстрировать описываемое явление.

В качестве базовой модели будет использоваться модель с двумя стеллажами из предыдущего примера.

## 9.2 Порядок работы

Порядок работы при построении модели следующий:

- 1. Создание сетки
- 2. Построение топологии
- 3. Создание источника пожара
- 4. Создание материала и многослойной поверхности
- 5. Создание устройства тушения
- 6. Задание выходных данных
- 7. Выполнение расчета
- 8. Просмотр и анализ результатов

Поскольку в данном примере мы сосредоточимся на разборе отдельных функций PyroSim, то структура работы будет слегка изменена, чтобы наглядно выделить новую информацию:

- 1. Краткое описание модели из предыдущего примера.
- 2. Создание спринклеров и задание их свойств, выполнение расчета и анализ результатов
- 3. Создание устройств тушения газом и задание их свойств, выполнение расчета и анализ результатов.

#### 9.3 Описание модели

Созданная в предыдущем примере модель представляет собой условный расчетный объем, в котором находятся две стены, выполненные из горючего материала (дерево толщиной 3 мм):



Рисунок 9-1 Вид модели

Возле одной из стен расположен источник возгорания, который исчезает через 5 секунд после начала моделирования.

#### 9.4 Тушение водой

#### 9.4.1 Коэффициент затухания

Если свойства горения для материала задаются на вкладке «Пиролиз» (то есть параметры горения определяются параметрами материала), то тушение водой моделируется естественным образом, поскольку вода охлаждает поверхность препятствия и изменяет рассчитываемую скорость тепловыделения.

Если же мы задаем скорость тепловыделения в свойствах поверхности (как во всех рассматриваемых примерах), то вне зависимости от воздействия воды скорость тепловыделения остается такой, как задана. Чтобы моделировать тушение водой, в свойствах поверхности на вкладке «Реакция» необходимо задать дополнительный параметр – «Коэффициент затухания»:

ID поверхности:	стена					
Описание:						
Цвет:		Внешний вид:	0			
Тип поверхности:	Многослойны	й	•			
	Слои матер	иала			Свойства поверхности	
Термические с	войства	Геометрия	Реакция	Впрыскивание газа	Впрыскивание частиц	Дополнительно
<ul> <li>Определяется</li> <li>Определяется</li> <li>Тепловыде</li> </ul>	я материалом я вручную еление					
Уде	ельное теплов	ыделение (HRI	RPUA):	200,0 kW/m²		
🔘 Ско	рость потери	массы:		0,0 kg/(m²·s)		
Функци	я от времени:	По умолчани	ø	▼ 1,0 s		
Коэффи	щиент затухан	ния:		4,0 m²·s/kg		
Возгорание	e					
🔘 Мом	ентальное воз	горание				
Возг	орание при:	50	,0 °C			
📃 Теплота	а испарения:	0,0	) kJ/kg	]		
🔽 Разрешить вы	порание препя	ятствия				

Рисунок 9-2 Задание коэффициента затухания для материала стены

Этот параметр должен определяться экспериментально. В данном примере мы используем значение, взятое из руководства пользователя FDS – 4 м2\*с/кг.

## 9.4.2 Создание спринклера

Чтобы создать спринклер, в меню «Устройства» выберем пункт «Создать спринклер»:

Устро	ойства Выходные данные FDS Вид Справка
Ð	Редактировать элементы управления
	Создать устройство управления расчетом
	Создать устройство измерения времени
	Создать отборник проб для аспиратора
	Создать аспиратор
	Создать измеритель в газовой фазе
	Создать измеритель в твердой фазе
	Создать термопару
	Создать измеритель потока
	Создать измеритель скорости тепловыделения
	Создать зонный измеритель
	Создать линейный извещатель
٩	Создать тепловой датчик
	Редактировать модели тепловых датчиков
0	Создать дымовой датчик
	Редактировать модели дымовых датчиков
	Создать датчик для воздуховода HVAC
	Создать датчик для узла HVAC
쵔	Создать спринклер
	Создать форсунку
	Создать модель срабатывания спринклера
	Редактировать модели распыления
	Редактировать модели срабатывания спринклера
	Создать сухотруб

Рисунок 9-3 Создание спринклера

В открывшемся окне зададим свойства:

Фиксация значений:	Никогда		•
Модель распыления	: Распыл	пение	е воды01 👻 Редактировать
Сухотруб:	Нет 🔻	•]	Создать
Запуск			
Температурное	е срабатые	зание	е: По умолчанию 👻 Редактировать
🔘 Величина:			Температура
🔲 Изначально ак	тивирован	v.	4.75m v. 50m 7. 30m
Dor		A.	
Пол	ентация	x:	0.0 Y: 0.0 7: -1.0
Пол Ори Вра	южение иентация щение:	X:	0,0 Y: 0,0 Z: -1,0
Пол Ори Вра ?ROP ID='Распылени	иентация щение: е воды01',	X:	0,0 Y: 0,0 Z: -1,0 0,0 ° XT_ID='Boga', FLOW_RATE=2.0, PARTICLE_VELOCITY=5.0, SPRAY_ANGLE=20.0,30

Рисунок 9-4 Свойства спринклера

«Положение» — геометрическое положение спринклера — разместим его под потолком над центром первой стены. «Ориентация» задает направление спринклера, оставим значение по умолчанию Z=-1 – то есть спринклер направлен вниз.

В разделе «Запуск» выберем срабатывание по величине, в качестве величины выберем температуру и зададим 100 градусов — таким образом, спринклер будет активирован, когда температура газа в месте его расположения достигнет 100 градусов.

Галочка «Переключить один раз» говорит о том, что даже при снижении температуры ниже 100 градусов спринклер не прекратить работать.

Теперь рассмотрим параметры распыления воды. Для этого нажмем кнопку «Редактировать» рядом со свойством «Модель распыления»:

Откроется окно «Модель распыления»:

Иодели распыления	10 M 10 A	* % % + # E  =	ere de frank en e	×
Распыление воды • Распыление воды01	ID модели распыления: Описание:	Распыление воды01		
	Впрыснутая частица:	Вода 🔻 Редактировать	частицы	
	Скорость потока Стр	уйное течение Разное Допол	нительно	
	💿 Задать:		30,0 L/min	
	🔘 Расчет	(Скорость потока (К√р) = 0,99	344 L/min)	
	Рабочее давление	(p):	1,0 bar	
	К-Фактор (К):		1,0 L/(min*atm^1:2)	
	Переменные с коли	ичеством активных спринклеро	в, связанных с впрыскиваемыми частицами	
	Редактировать	функцию давления		
	Скорость потон	ka:	1,0 L/min	
	Рабочее давле	ние (р):	1,0 bar	
	К-Фактор (К):		1,0 L/(min atm^1:2)	
•	Выбрано 0/2 свойс	тв. r		
Создать	Функция от времени:	Гиперболический тангенс 🔻	0,0 s	
Добавить из библиотеки				
Переименовать	&PROP ID='Pacпыление SPRAY_ANGLE=0.0,30.0	воды01', PART_ID='Boдa', FLOV /	V_RATE=30.0, PARTICLE_VELOCITY=5.0,	
Удалить				
			Применить ОК Отм	ена

Рисунок 9-5 Редактирование модели распыления

На вкладке «Скорость потока» можно выбрать, каким образом задать количество поступающей через спринклер воды. Можно либо указать значение вручную, либо задать рабочее давление и Кфактор, либо задать зависимость давления от количества спринклеров. Зададим расход 30 л/мин.

На вкладке «Струйное течение» можно задать следующие параметры:

ID модели распыления: Рас	пыление воды01
Описание:	
Впрыснутая частица: Вод	да 👻 Редактировать частицы
Скорость потока Струйное	е течение Разное Дополнительно
Смещение струи:	0,05 m
Тип струйного течения:	Конический 🗸
Окорость: 5,	.0 m/s
🔘 Диаметр сопла: 0,	.0 m
Угол широты 1: 0,	0 ° Угол широты 2: 30,0 °

Рисунок 9-6 Струйное течение

«Смещение струи» — это радиус сферы вокруг спринклера, на которой изначально располагаются капли при появлении в модели. Считается, что за пределами этой сферы все капли движутся независимо друг от друга и отдельно. Значение по умолчанию 0,05 м.

Можно задать либо скорость движения капель, либо диаметр отверстия спринклера.

Угол широты задает в каком диапазоне пространства будут распределяться капли. Угол 0 – направление вниз. Таким образом, в нашем примере задано, что капли распределяются в конусе с углом 30 градусов.



Рисунок 9-7 Расположение спринклера в модели

С помощью инструмента «Переместить» скопируем спринклер над второй стеной:



Рисунок 9-8 Копирование спринклера



Рисунок 9-9 Расположение спринклеров в модели

#### 9.4.3 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Pacver FDS - ex_fds	- • •
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)	
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds6.exe	
Fire Dynamics Simulator	
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19	
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534	
Job TITLE : Job ID string : ex_	
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s	
Прогресс: 0.68s / 300.0s	
Истекшее время: 0:00:05	
Оставшееся время: 2:09:09	
Запустить smokeview по завершении операции	
Прервать Остановить Запустить SmokeView	Сохранить лог

Рисунок 9-11 Окно расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию.

Сначала посмотрим движение частиц воды из спринклеров:

	Load/Unload	►		3D smoke	►		
	Show/Hide	×		Slice file	•		
	Options	►		Boundary file	►		
	Dialogs	⊁		Particle file	•	particles	
	Help	►		-		Unload	43
	Quit			Configuration files	•		
_			1	Scripts	•		
				Compression	•		
				Show file names			
				Redirect messages to primer_4.smvlog			
				Reload	•		
				Unload all			

Рисунок 9-12 Загрузка визуализации частиц



Рисунок 9-13 Тушение водой

## Добавим отображения распространения пламени по поверхности стены:

	Load/Unload	►	3D smoke	×	SOOT MASS FRACTION
	Show/Hide	•	Slice file	►	HRRPUV
	Options	►	Boundary file	•	
	Dialogs	•	-		
	Help	•	Configuration files	►	
	Quit		Scripts	►	
_		_	Compression	►	
			Show file names		
			Redirect messages to primer_3_wood.smvlog		
			Reload	►	
			Unload all		

Рисунок 9-14 Загрузка визуализации распространения пламени



Рисунок 9-15 Визуализация пламени и тушения водой

Видно, что горение начинается только в тех областях стен, которые почти не орошаются водой.

Интересно также сравнить графики мощности горения:

1. Без тушения (из предыдущего примера)



Рисунок 9-16 График мощности без тушения

2. С тушением водой (этот пример)



Рисунок 9-17 График мощности при использовании тушения

Видно, что и возрастает мощность медленнее, и максимальная мощность значительно ниже. Таким образом, мы показали, что тушение работает.

## 9.5 Тушение газом

Рассмотрим тушение горящих стен углекислым газом.

## 9.5.1 Создание устройств тушения

Для создания устройств тушения газом, необходимо создать сначала поверхность типа «приток», а затем создать вентиляционные отверстия и присвоить им свойство данной поверхности.

Создадим поверхность типа «приток». Для этого дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Поверхности» В открывшемся окне нажмем кнопку «Создать»:

гветерывшениел	
Создать поверхность	×
Название поверхности:	газ
• Тип поверхности:	Приток 🗸
🔘 Шаблон поверхности:	fire
	ОК Отмена

Рисунок 9-18 Создание поверхности притока

На вкладке «Поток воздуха» зададим скорость 2 м/с. Вместо этого можно задать объемный или массовый поток.

ID поверхности:	газ						
Описание:							
Цвет:	Внешний	вид:	0				
Тип поверхности:	Приток	•					
Поток воздуха	ермические свойства	Геометрия	Впрыски	вание газа	Впры	іскивание частиц	Дополнительно
Нормальная скор	ость потока						_
<ul> <li>Задать ск</li> </ul>	орость:			2,0 m/s			
🔘 Задать объемный поток:					0,0 m³/s		
🔘 Задать по	олный массовый поток:			0,0 kg/(m <sup>2</sup> ·s)			
🔘 Задать ма	ассовый поток отдельны	ых газов					
Тангенциальная	скорость:			0,0 m/s		0,0 m/s	
Функция от врем	ени: По умолчанию		•	1,0 s			
Ветровой профи	ль: Цилиндрический	(по умолчан	нию) 🔻				

Рисунок 9-19 Задание потока воздуха

Поскольку мы рассматриваем поступление не воздуха, а углекислого газа, то на вкладке «Впрыскивание газа» необходимо задать массовую долю CARBON DIOXIDE равной 1:

Поток воздуха Термические свойства Геометрия Впрыскивание газа Впрыскивание частиц Дополнительно

Газы	Массовая доля (kg/kg)	Тип функции	Значение функции
AIR	0,0	По умолчанию	1,0 s
CARBON DIOXIDE	1,0	По умолчанию	1,0 s
CARBON MONOXIDE	0,0	По умолчанию	1,0 s
NITROGEN	0,0	По умолчанию	1,0 s
OXYGEN	0,0	По умолчанию	1,0 s
PRODUCTS	0,0	По умолчанию	1,0 s
REAC_FUEL	0,0	По умолчанию	1,0 s
SOOT	0,0	По умолчанию	1,0 s
WATER VAPOR	0,0	По умолчанию	1,0 s

Рисунок 9-20 Задание поступление газа

Поверхность создана. Теперь через любое вентиляционное отверстие, которому будет присвоена данная поверхность, в модель будет поступать углекислый газ со скоростью 2 м/с.

Теперь создадим вентиляционные отверстия. С помощью инструмента «Нарисовать вентиляционное отверстие» 🗐 нарисуем на потолке отверстие над стеной:



Рисунок 9-21	Расположение	вентиляи	ционного	отверстия
--------------	--------------	----------	----------	-----------

В свойствах зададим поверхность:

юйства вентиляц	ионного отверстия	_ X
Общие Геометр	ия Дополнительно	
ID:	Вентиляционное отверстие02	
Описание:		
Группа:	<b>ൿ</b> Модель ▼	
Активация:	<Всегда включен> 🔻	
Поверхность:	газ 🔻	
📃 Задать цвет		
📃 Отображать	контурами	
Начало координ	ат текстуры	
X: 0,0 m	ыно объекта Y: 0,0 m Z: 0,0 m	
Границы		
Минимум Х:	4,5 m Минимум Y: 2,75 m Минимум Z: 3,0 m	
Максимум Х:	5,0 m Максимум Y: 3,25 m Максимум Z: 3,0 m	
	ОК	ена

Рисунок 9-22 Свойства вентиляционного отверстия

Скопируем вентиляционные отверстия, чтобы над каждой стеной располагалось по два отверстия:



Рисунок 9-23 Расположение вентиляционных отверстий

## 9.5.2 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 9-24 Запуск расчета

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds32\fds6.exe
Fire Dynamics Simulator
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19
Version: FDS 6.0.1; MFI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534
Job IIILE : Job ID string : ex_
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s
Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s
Прогресс: 0.68s / 300.0s
Истекшее время: 0:00:05
Оставшееся время: 2:09:09
Запустить smokeview по завершении операции
Прервать Остановить Запустить SmokeView Сохранить лог

Рисунок 9-25 Окно расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию.

Если посмотреть температуру стен, то видно, что по сравнению с расчетом без тушения температура стен значительно ниже и выгорает материала меньше:

Load/Unload	•	3D smoke	•	
Show/Hide	•	Slice file	•	
Options	+ [	Boundary file	•	BACK WALL TEMPERATURE
Dialogs	•	-		NET HEAT FLUX
Help	•	Configuration files		*WALL TEMPERATURE
Quit		Scripts		-
		Compression	•	Update bounds
		Show file names		Unload
		Redirect messages to primer_3_wood.smvlog		
		Reload	•	
		Unload all		

Рисунок 9-26 Загрузка температуры стен



Рисунок 9-27 Температура стен

Интересно также сравнить графики мощности горения:

1. Без тушения (из предыдущего примера)



Рисунок 9-28 График мощности без тушения

## 2. С тушением газом (этот пример)



Рисунок 9-29 График мощности при тушении газом

Видно, что при использовании тушения мощность горения сильно падает – то есть тушение работает.

# 10 Пример 5. Работа с системой HVAC: дымоудаление, безканальный вентилятор

## 10.1 Описание примера

В данном примере описана работа системой HVAC – система отопления, вентиляции и кондиционирования.

Мы уже рассматривали простейший случай создания вентиляции в примере 2, без использования системы HVAC. Действительно, если нас интересует только сам процесс удаления дыма из модели, без дополнительных подробностей, разумно использовать просто вентиляционное отверстие. Однако, если мы хотим отслеживать процессы в самой системе вентиляции, или создать сложную взаимосвязанную систему вентиляторов, или использовать такие устройства как теплообменник или фильтр – тогда нужно использовать систему HVAC.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как создать элементы HVAC: узлы, воздуховоды, компоненты HVAC
- как смоделировать работу системы дымоудаления с использованием HVAC
- как создать безканальный вентилятор

## 10.2 Порядок работы

Порядок работы при построении модели следующий:

- 1. Создание сетки
- 2. Построение топологии
- 3. Создание источника пожара
- 4. Создание системы HVAC
- 5. Задание выходных данных
- 6. Выполнение расчета
- 7. Просмотр и анализ результатов

Поскольку в данном примере мы сосредоточимся на разборе отдельных функций PyroSim, то структура работы будет слегка изменена, чтобы наглядно выделить новую информацию:

- 1. Создание простейшей модели (сетка, топология, источник возгорания)
- 2. Выполнение расчета без системы HVAC
- 3. Создание системы дымоудаления с использованием HVAC (узлы, воздуховоды, вентилятор) и выполнение расчета
- 4. Использование заслонок в воздуховодах, выполнение расчета при использовании заслонок
- 5. Создание безканального вентилятора

## 10.3 Создание модели

В данном примере модель не будет строиться на основе подложки, как при реальной работе, а будет создана простейшая модель, требуемая для выполнения расчета.

## 10.3.1 Сетка

Создадим сетку. Для этого дважды кликнем по разделу «Сетки» в дереве объектов "Сетки (0) – откроется окно для создания сетки. Нажмем кнопку «Создать», и укажем размеры сетки: 20\*10\*3. Количество ячеек соответственно: 80\*40\*12. Таким образом, размер ячеек составляет 0,25\*0,25\*0,25.

Autopopula centre	
H 🔺	Описание: Порядок / Приоритет:
	Задать цвет:     Поления сеток:     Полёгона
	Свойства Дополнительно
	Границы сетки:
	Минимум X: 0,0 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 0,0 m
	Максимум X: 20,0 m Максимум Y: 10,0 m Максимум Z: 3,0 m
	Метод разделения: Равномерное 🔻
	Ячейки X:         80         © Соотношение размеров ячеек: 1,00           Ячейки Y:         40         © Соотношение размеров ячеек: 1,00
	Ячейки Z: 12 🖉 Соотношение размеров ячеек: 1,00
	Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25
	KOMPHELTBU AHEEK B LETKE, 30 HOU
<b>T</b>	
Создать	SMESH TD-"MESH" T1K-80 40 12 VE-0 0 20 0 0 0 10 0 0 3 0/
ереименовать	טייביו די הטאין געיטעט געיטער אין ארעט אינער איין ארעט אינער איין ארעט אינער איין איין איין איין איין איין איי
Удалить	

Рисунок 10-1 Окно редактирования сеток



Рисунок 10-2 Вид сетки

## 10.3.2 Топология

Создадим коридор и три помещения с помощью стен.

Выберем инструмент «Нарисовать стену» 🔎 и нарисуем стены высотой 3 метра и толщиной 0,25 метров:

	Свойства инструментов
	Название: Препятствие
e -	Положение Z: 0,0 m
ТО	Высота: 3,0 m
0°0 0	Толщина стены: 0,25 m
0 🔅	Поверхность:
<u>Ņ</u>	Цвет: Из поверхности 🔻
10 1	Расширить
(1999)	Разрешить отверстия
×=	
	ОК Отмена

Рисунок 10-3 Свойства инструмента создания стены



Рисунок 10-4 Вид стен в 2D

Двери из помещений в коридор создадим с помощью отверстий. Выберем инструмент «Нарисовать отверстие в стене»:



Рисунок 10-5 Свойства инструмента создания отверстия



Рисунок 10-6 Вид модели в 3D

Дверь из коридора на улицу создадим с помощью вентиляционного отверстия со свойством OPEN. Это отверстие также обеспечит негерметичность сетки и обеспечит доступ воздуха в модель для поддержания горения.

Используем инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» 🗐 и создадим отверстие в торце коридора. Дважды кликнем по созданному объекту – откроется окно свойств.

На вкладке «Общее» выберем поверхность OPEN (открытая поверхность для связи с атмосферой):

Свойства вентиляци	юнного отверстия	<u> </u>
Общие Геометри	ия Дополнительно Свойства открытой поверхности	
ID:	Вентиляционное отверстие	
Описание:		
Группа:	🔏 Модель 👻	
Активация:	<Всегда включен> 🔍	
Поверхность:		
📃 Задать цвет		
🔲 Отображаты	контурами	

Рисунок 10-7 Задание поверхности для вентиляционного отверстия

На вкладке «Геометрия» укажем высоту вентиляционного отверстия 2 метра:

Общие Геометрия	Свойства открытой пов	ерхности Дополни	тельно	
Геометрия вентиляц Направление норм	ионного отверстия свой нали: Автоматически	іств (рекомендуется) 🔻	]	
Плоскость Х	- 0,0 m			
Границы				
Минимум Х:	),0 m Минимум	Y: 7,75 m	Минимум Z:	0,0 m
Максимум Х:	1,0 m Максимум	1 Y: 9,25 m	Максимум Z:	2,0 m
Центральная точк	ка: Авто 🔻			
X: 0,0 m	Y: 8,5 m	Z: 1,0 m		
🥅 Круглое венти	ляционное отверстие			
Радиус:	0,0 m			

Рисунок 10-8 Задание геометрии вентиляционного отверстия



Рисунок 10-9 Вид модели

#### 10.3.3 Источник пожара

Источник пожара создается в три этапа:

- Создать реакцию
- Создать поверхность
- Создать объект и присвоить ему созданную поверхность

Дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Реакции» 🧩 Реакции и добавим реакцию из библиотеки:

атегория:	Реакции в газовой фазе	•	
Текущая модель			Библиотека:библиотека FireCat.fds
Админ.по	мещение; мебель +бумага 🔺	<>	Админ.помещение; мебель +бумага Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги журналы Верхняя одежда; ворс.ткани (шерсть Вешала текстильных изделий Гардеробы Дизельное топливо; соляр Занавес зрительного зала Здание 1 ст.огнест.; мебель +ткани Издатие 3 ст.огнест.; мебель +ткани Издательства, типографии Создать новую библиотеку Загрузить библиотеку Сохранить текущую библиотеку

Рисунок 10-10 Загрузка реакции из библиотеки

Убедитесь, что в дереве объектов реакция выделена жирным шрифтом и в скобках указано «активный»:



Дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Поверхности» <sup>Поверхности</sup> и добавим поверхность из библиотеки:

ID поверхности:	Административные помещени	ия, учебные классы, кабинеты поликлиник
Описание:	Пособие к методике приказа	Nº382
Цвет:	Внешний вид:	0
Тип поверхности:	Горелка 👻	
Тепловыделение	Термические свойства Геом	етрия Впрыскивание частиц Дополнительно
Тепловыделение	·	
<ul><li>Удельное</li></ul>	е тепловыделение (HRRPUA):	192,0 kW/m²
Библиотеки	PyroSim	
Категория	: Поверхности	•
Текуща	я модель	Библиотека:библиотека FireCat.fds
Админи	стративные помещения, уч 🔺	Автомобиль Адлиин. помещение; мебель +бумага Адлиин. помещение; мебель +бумага Административные помещения, учебн Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги, журналы верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть Вешала текстильных изделий Выст. зал, мастерская; дерево +ткани Гардеробы Дерево +лак.покрытие Дизельное топливо; соляр
&SUI COLI		<ul> <li>Создать новую библиотеку</li> </ul>
	_	Загрузить библиотеку
•		Сохранить текущую библиотеку

Рисунок 10-12 Добавление поверхности из библиотеки

Создадим вентиляционное отверстие, моделирующее источник пожара. С помощью инструмента «Нарисовать вентиляционное отверстие» нарисуем на полу помещения объект размером 1\*1 метр и присвоим ему созданную поверхность-горелку:

	еометрия	Допол	пнительно Сво	йства р	распростран	ения пламени	
ID:	ł	ìre					
Описани	e:						
Группа:		🥵 Мод	ель	•			
Активац	ия:	<Всегда	включен>	•			
Поверхн	ость:	Адм	инистративные г	томеще	ения, учебн	ые классы, каби	неты поликлиник 🔻
🔲 Зада	ть цвет						
🔲 Отоб	ражать ко	нтурам	и				
Начало н	соординат	тексту	ры				
- O-	носительн	о объек	ста				
	0 m	Υ:	0,0 m	Z: 0	),0 m	]	
X: 0	/•						
X: 0 Границы	,						
х: О Границы Миним	ум X: 2	,25 m	Минимум '	r: 3	3,0 m	Минимум Z;	0,0 m
х: О Границы Миним Макси	ум X: 2 мум X: 3	,25 m ,25 m	Минимум Максимум	Y: 3 Y: 4	3,0 m 1,0 m	Минимум Z: Максимум Z:	0,0 m

Рисунок 10-13 Свойства вентиляционного отверстия

На вкладке «Свойства распространения пламени» не будем ничего задавать – тогда все вентиляционное отверстие начнет гореть сразу с начала моделирования.



Рисунок 10-15 Вид модели

#### 10.3.4 Выходные данные

Укажем плоскости, в которых мы хотим отслеживать распространение опасных факторов пожара. Создадим плоскости для измерения температуры и дальности видимости на высоте рабочей зоны, а также вертикальную плоскость для измерения дальности видимости вдоль коридора.

Выберем инструмент «Нарисовать плоскость» 仰 и кликнем в нужном месте модели. Если плоскость имеет не ту ориентацию, которую вы хотите, кликните правой кнопкой мыши и выберите нужную:



Рисунок 10-16 Выбор ориентации плоскости



Рисунок 10-17 Расположение плоскости в модели

Плоскость XYZ	Положение плоскости	Величина газовой фазы	Использовать вектор?	Вставить строк
z	1,75 m	Температура	Нет	Varanza conord
Z	1,75 m	Видимость	Нет	ва здалить строк
Y	8,5 m	Температура	Нет	A Brany
Y	8,5 m	Видимость	Да	«» вверх
				🛛 🛛 🕪 Вниз
				<ul> <li>Копировать</li> <li>Вставить</li> <li>Вырезать</li> </ul>



#### 10.3.5 Общие параметры моделирования

Зададим параметры в меню «FDS» – «Параметры моделирования».

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования
	10 10 Папалини на Эстика

Рисунок 10-19 Параметры моделирования

На вкладке «Время» необходимо задать конечное время моделирования (т.е. сколько времени в модели будет длиться расчет).

Частицы	Модель	Излучение	Наклонная	геометрия	Разное
Время	Вы	ходные данные		Окружающая ср	еда
Время начала:				0,0 s	
Конечное время:				200,0 s	
🔲 Начальный ш	аг времени:				
🔲 Начальный ш	аг времени реша	ателя HVAC:			
🔲 Не допускать	изменения вре	енного шага			
	DOORLINGHING B	еменным шагом первона	чального значения		

Рисунок 10-20 Задание времени моделирования

Теперь заготовка расчетного файла готова. Дальнейшая работа будет выполняться на основе этого файла.

Выполним расчет данного файла, чтобы иметь основу для сравнения с моделью с системой дымоудаления.

#### 10.3.6 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 10-21 Запуск расчета

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.



Рисунок 10-22 Окно расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Посмотрим в Smokeview распространение дыма на высоте рабочей зоны:

	Load/Unload	•	3D smoke	• •				
	Show/Hide	•	Slice file	•	SOOT VISIBILITY	•	Y=8.5	
	Options	•	Vector slices	•	TEMPERATURE	•	Z=1.75	
	Dialogs	•	-		U-VELOCITY	•	- 4	5
	Help	•	Configuration files	•	V-VELOCITY	•	Load All	
	Quit		Scripts	•	W-VELOCITY	•		_
_			Compression	•	-			
			Show file names		Unload			
			Redirect messages to primer_5.smvlog	1				
			Reload	•				
			Unload all					

Рисунок 10-23 Загрузка плоскости, отображающей дальность видимости



Рисунок 10-24 Снижение видимости на высоте рабочей зоны

Видно, что дым заполняет помещение пожара и коридор, и начинает распространяться в другие помещения.

#### 10.4 Создание системы дымоудаления с использованием HVAC

Основные элементы системы HVAC:

- воздуховоды
- узлы (точки соединения воздуховодов между собой, или соединения системы HVAC с доменом или атмосферой)
- компоненты HVAC: вентилятор, теплообменник, фильтр
- вентиляционные отверстия с поверхностью HVAC как точки соединения системы с моделью.

Мы будем создавать следующую систему: в каждом из трех помещений находятся дымоприемные устройства, от них идут воздуховоды, которые соединяются в один, в котором расположен вентилятор, удаляющий дым из модели.

#### 10.4.1 Вентиляционные отверстия

Сначала создадим вентиляционные отверстия, где система HVAC будет соединяться с моделью – то есть дымоприемные устройства.

Выберем инструмент «Нарисовать вентиляционное отверстие» 🗐:



Рисунок 10-25 Расположение дымоприемных устройств

ойства вентиляц	ионного отверстия	X
Общие Геометр	ия Свойства HVAC Дополнительно	
ID:	<u>v1</u>	
Описание:		
Группа:	<b>&amp;</b> Модель 🔻	
Активация:	<Всегда включен> 📼	
Поверхность:	HVAC -	
📃 Задать цвет		
🔲 Отображать	контурами	
Начало координ	ат текстуры	
Относител	льно объекта	
X: 0,0 m	Y: 0,0 m Z: 0,0 m	
Границы ———		
Минимум Х:	2,5 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 2,5 m	
Максимум Х:	3,0 m Максимум Y: 0,0 m Максимум Z: 3,0 m	
	OK	Отмена

Рисунок 10-26 Свойства вентиляционного отверстия

#### 10.4.2 Узлы HVAC

Теперь создадим узлы. Нам потребуются следующие узлы:

- три узла (по одному на каждое дымоприемное устройство)
- внешний узел, ведущий в атмосферу
- внутренний узел, в котором будут соединяться воздуховоды

Используем инструмент «Нарисовать узел HVAC»:



Рисунок 10-27 Свойства инструмента создания узлов HVAC

Создадим по одному узлу возле каждого из вентиляционных отверстий:



Рисунок 10-28 Расположение узлов HVAC в модели

В свойствах каждого узла выберем тип «Вентиляционное отверстие» и укажем, с каким связан каждый узел.

Кроме того, необходимо задать потери в узле.

ID:	Узел1	
Описание:		
Группа:	💑 Модель 👻	
Информация	:	
Фильтр:	<het> •</het>	
Тип узла:		
🔘 Авто		
🔘 Внут	ренний	
🔘 Внеш	ний	
🔘 Вент	ляционное отверстие 1 т	
Воздуховод	51:	
Соедина	нные воздуховоды: <none></none>	
Входные	потери 0,0	

Рисунок 10-29 Свойства узла HVAC, соединенного с вентиляционным отверстием

На предупреждение «узел неверный» пока можно не обращать внимания — воздуховоды мы зададим чуть позже. Главное, чтобы такого предупреждения не осталось перед запуском моделирования.

Теперь создадим еще два узла. Первый, внутренний узел, будет находиться на том же уровне, что и узлы дымоприемных устройств (воздуховоды по этажу идут горизонтально). Расположение на плоскости можно задать любое.

ойства узла HVA	c	×
Общие Геометр	рия	
ID: BH	утренний	
Описание:		
Группа:	Модель 👻	
Информация:		
Фильтр:	<het> •</het>	
Тип узла:		
🔘 Авто		
Внутренности Внутренности Внутренности Внутрени Внитрени Внитрени Внитрени Внитрени Внитрени Внитрени Внутрени Внут	чий	
🔘 Внешний		
🔘 Вентиля	ционное отверстие	
Воздуховоды:		
Соединенны	ie воздуховоды: <none></none>	
Редакти	зовать потери в воздуховоде	
Во внутреннем	ие: узел неверным. узле должны соединяться хотя бы два воздуховода.	
Границы		
Минимум Х:	13,094 m Минимум Y: -4,04329 m Минимум Z: 2,2	!5 m
Максимум Х:	13,094 m Максимум Y: 4,04329 m Максимум Z: 2,2	!5 m
	OK	Отмена

Рисунок 10-30 Свойства внутреннего узла HVAC

Общие	Геометрия	a			
Полож	ение свойс	тв			
Поло	жение Х:	13,094 m	Y: -4,04329	m Z: 2,25 m	]
					-

Рисунок 10-31 Вкладка "Геометрия" в окне свойств узла HVAC

Второй узел, внешний, через который удаляются в окружающую среду продукты горения из системы, будет располагаться на крыше. Пусть его отметка будет 10 метров:

йства узла HVAC		
ID: atmo	pepa	
Описание:	дель 👻	
Информация:		
Фильтр: <	T> ▼	
Тип узла:		
🔘 Авто		
🔘 Внутренни		
Внешний		
🔘 Вентиляци	ное отверстие	
Воздуховоды:		
Соединенные	оздуховоды: <попе>	
Входные поте	1 0,0	
Выходные пот	ри 0,0	
Предупреждение	/зел неверный.	
Внешний узел мож	т соединяться только с одним воздухов	водом.
Границы		
Минимум Х:	5,5869 m Минимум Y: -4,27036 m	Минимум Z: 10,0 m
Максимум Х:	i,5869 m Максимум Y: -4,27036 m	Максимум Z: 10,0 m
		ОК Отмена

Рисунок 10-32 Свойства внешнего узла HVAC

Общие	Геометрия	۹		
Полож	ение свойст	гв ———		
Поло	ожение Х:	15,5869 m	Y: -4,27036 m Z: 10,0 m	

Рисунок 10-33 Вкладка "Геометрия" в окне свойств узла HVAC

атмосфера

|--|

Рисунок 10-34 Расположение узлов HVAC в модели
## 10.4.3 Воздуховоды HVAC

Наконец, создадим воздуховоды между узлами. Используем инструмент «Нарисовать воздуховоды HVAC» **D** и нарисуем их между созданными узлами:



Рисунок 10-35 Расположение воздуховодов HVAC в модели

Зададим свойства воздуховодов:

Свойства воздухов	вода НVAC	x				
Общие Моделя	ьпотока					
ID:	Воздуховод 1					
Описание:						
Группа:	Группа: 🛃 Модель 🔻					
Информация:	Информация:					
Узел 1:	Узел1 👻					
Узел 2:	внутренний 🔻					
Длина						
Автомат     По по на	Автоматически (11,1174 m)					
Форма	Постоянный: 15,0 m					
<ul> <li>Круглый</li> </ul>	й					
Диамет	p: 0,4 m					
🔘 Не круг.	лый					
Площад	1.5: 0,0 m <sup>2</sup>					
Периме	тр: 0,0 m					
Границы						
Минимум Х:	2,75 m Минимум Y: -4,04329 m Минимум Z: 2,25 m					
Максимум Х:	13,094 m Максимум Y: 0,0 m Максимум Z: 2,75 m					
	ОК Отмена					

Рисунок 10-36 Свойства воздуховодов HVAC 1, 2 и 3

Пусть диаметр воздуховодов 1,2,3 будет составлять 0,4 метра. Длину воздуховода можно задать вручную (именно поэтому не так важно расположение узлов в модели) или рассчитать автоматически из расположения узлов. Пусть длина воздуховодов 1,2,3 будет 15 метров.

Для воздуховода, ведущего от внутреннего узла в атмосферу, диаметр зададим 0,8 метра, а длину рассчитаем автоматически:

Общие Модели	ь потока
ID:	Воздуховод_атм
Описание:	
Группа:	<b>ൿ</b> Модель ▼
Информация:	
Узел 1:	внутренний 🔻
Узел 2:	атмосфера 👻
Длина	
Автомат	тически (8,14424 m)
Постоян	ный: 1,0 m
Форма	ŭ
Лизмет	
Пекруг	лый
Площаг	ць: 0,0 m <sup>2</sup>
Периме	тр: 0,0 m
Границы ——	
Минимум Х:	13,094 m Минимум Y: -4,27036 m Минимум Z: 2,25 m
Максимум Х:	15,5869 m Максимум Y: -4,04329 m Максимум Z: 10,0 m

Рисунок 10-37 Свойства воздуховода HVAC, ведущего в атмосферу

В этом воздуховоде у нас будет расположен вентилятор, обеспечивающий дымоудаление. Для этого на вкладке «Модель потока» выберем устройство потока «Основной вентилятор»:

Общие Модель потока				
Прямые потери:	0,0			
Обратные потери:	0,0			
Шероховатость:	0,001 m			
Устройство потока:	<het></het>			
	<нет>			
	Заслонка			
	Основной вентилятор 🔪			
	Теплообменник 🛷			
	Вентилятор			

Рисунок 10-38 Задание устройства потока в воздуховоде HVAC

#### И зададим постоянный поток 3 куб.м./с:

Общие Модель потон	(a		
Прямые потери:	0,0		
Обратные потери:	0,0		
Шероховатость:	0,001 m		
Устройство потока:	Основной вентилятор 🔻		
Объемный поток:	3,0 m³/s		
Функция от времени: По умолчанию			
Направление потока: От узла 1 к узлу 2 🔻			

Рисунок 10-39 Свойства вентилятора в воздуховоде HVAC

Таким образом, при запуске расчета, в воздуховоде начнет работать вентилятор, создавая поток воздуха от узла «внутренний» к узлу «атмосфера». Под действием этого вентилятора через вентиляционные отверстия в модели дым начнет поступать в систему HVAC и оттуда удаляться в атмосферу.

Кроме того, необходимо задать потери в воздуховоде.

## 10.4.4 Выходные данные

Зададим дополнительные выходные данные. Во-первых, дополнительные плоскости – скорость через вентиляционные отверстия:



Рисунок 10-40 Расположение измерительных плоскостей в модели

Анимированые п	лоскости	\			
Плоскость ХҮZ	Положение плоскости	Величина газовой фазы		Использовать вектор?	иш Вставить строку
1 Z	1,75 m	Температура		Нет	
2 Z	1,75 m	Видимость		Нет	₩ Удалить строку
3 Y	8,5 m	Температура		Нет	
4 Y	8,5 m	Видимость		Нет	🔿 Вверх
5 X	2,75 m	Скорость		Да	Buizz
6 X	9,75 m	Скорость		Да	
7 X	16,75 m	Температура	-	Да	
*		Скорость			Ца копировать
		Скорость тепловыделени на единицу объема			Вставить
		Средняя удельная теплоемкость			
		Температура			📈 Вырезать
		Удельная теплоёмкость			
		Удельная энтальпия			_
		Удельная явная энтальпия			ОК Отмена
		Фоновое давление			
		Химические политерании	-		

Рисунок 10-41 Свойства измерительных плоскостей

Во-вторых, создадим несколько устройств, измеряющих параметры внутри системы HVAC:

Устро  $\mathcal{D}$ 

٩

0

쑸

йства Выходные данные FDS Вид Справка
Редактировать элементы управления
Создать устройство управления расчетом Создать устройство измерения времени
Создать отборник проб для аспиратора Создать аспиратор
Создать измеритель в газовой фазе Создать измеритель в твердой фазе
Создать термопару Создать измеритель потока Создать измеритель скорости тепловыделения Создать зонный измеритель Создать линейный извещатель
Создать тепловой датчик Редактировать модели тепловых датчиков Создать дымовой датчик Редактировать модели дымовых датчиков
Создать датчик для воздуховода НVAC Создать датчик для узла HVAC
Создать спринклер Создать форсунку Создать модель срабатывания спринклера Редактировать модели распыления

Создать сухотруб...

Рисунок 10-42 Создание измерительных устройств в системе HVAC

Например, будем измерять температуру в воздуховодах:

火 Устройство НVA	с			Σ	ζ
Свойства Допол Название: Т1	нительно				
Выберите величину				X	3
Величина: Воздуховод HVAC:	Температура по Воздуховод 1	отока в воз	духоводе	Отмена	
	_				
			ОК	Отмена	

Рисунок 10-43 Создание датчика для измерения температуры в воздуховоде

#### Другие возможные величины для измерения:

Величина:	Массовый поток в воздуховоде
Deserves a LIVAC.	Массовый поток в воздуховоде
воздуховод нуас:	Массовый поток отдельных газов в воздуховоде
	Объемная доля отдельных газов в воздуховоде
	Объемный поток в воздуховоде
	Плотность потока в воздуховоде
	Скорость в воздуховоде
	Скорость теплообмена для теплообменника
	Температура потока в воздуховоде

Рисунок 10-44 Величины, которые можно измерять в воздуховоде

## 10.4.5 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 10-45 Запуск расчета

Откроется окно, в котором отображается течение моделирования. Если при запуске возникли ошибки, то моделирование не запустится, а в окне будет выведена строка FDS с указанием ошибки. Подробнее об ошибках написано в соответствующей главе.

Pacчer FDS - ex_fds				
Fire Dynamics Simulator (FDS) NIST Engineering Laboratory National Institute of Standards and Technology (NIST)				
Starting FDS: C:\Program Files\PyroSim 2014\fds82\fds6.exe				
Fire Dynamics Simulator				
Compilation Date : Tue, 26 Nov 2013 Current Date : May 28, 2014 15:35:19				
Version: FDS 6.0.1; MPI Disabled; OpenMP Disabled SVN Revision No. : 17534				
Job TITLE : Job ID string : ex_				
Time Step: 1, Simulation Time: 0.23 s				
Time Step: 2, Simulation Time: 0.46 s Time Step: 3, Simulation Time: 0.68 s				
Прогресс: 0.68s / 300.0s				
Истекшее время: 0:00:05				
Оставшееся время: 2:09:09				
Запустить smokeview по завершении операции				
Прервать Остановить Запустить SmokeView Сохранить лог				

Рисунок 10-46 Окно расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время. Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию. Redirect messages to primer\_5.smvlog

l	Load/Unload	•	3D smoke	.►			
9	Show/Hide	•	Slice file	•	SOOT VISIBILITY	•	Y=8.5
(	Options	•	Vector slices	•	TEMPERATURE	•	Z=1.75
I	Dialogs	•	-		U-VELOCITY	•	- 63
H	Help	•	Configuration files	•	V-VELOCITY	•	Load All
(	Quit		Scripts	•	W-VELOCITY	•	
_		-	Compression	•	-		
			Show file names		Unload		

#### Посмотрим распространение дыма на высоте рабочей зоны:

Reload

Unload all

Рисунок 10-47 Загрузка плоскости, отображающей дальность видимости

₽



Рисунок 10-48 Снижение видимости на высоте рабочей зоны

Видно, что при работающей системе дымоудаления дым заполняет помещение пожара, но в коридор выходит гораздо меньше, чем без работающей системы.

	Load/Unload		3D smoke	•	1			
	Show/Hide	•	Slice file	►				
	Options		Vector slices	×		VELOCITY	•	X=2.75
	Dialogs	- +	-			-		X=9.75
	Help	•	Configuration files	►		Show all vector slice menu entries		X=16.75
	Quit		Scripts	►		Unload		-
_			Compression	►			-	Load All x
			Show file names					Load All
			Redirect messages to primer_5_hvac.smvlog				_	\}
			Reload	►				
			Unload all		Į.,			

## Посмотрим векторные плоскости для скорости через дымоприемные отверстия:

Рисунок 10-49 Загрузка векторных плоскостей скорости



Рисунок 10-50 Скорость через дымоприемные устройства

Через все три дымоприемных отверстия одинаковая скорость воздуха.

## Посмотрим температуру в воздуховодах:



#### В воздуховоде из помещения пожара температура повышается примерно до 100 градусов.



Рисунок 10-52 Температура воздуха в воздуховодах 2 и 3

#### В воздуховодах 2 и 3 температура остается 20 градусов.



Рисунок 10-53 Температура воздуха во внешнем воздуховоде

В воздуховоде 4 температура повышается примерно до 50 градусов – горячий воздух из первого воздуховода смешивается с холодным воздухом из остальных воздуховодах.

#### 10.5 Использование заслонок в воздуховодах

#### 10.5.1 Создание заслонок

В рассмотренном примере забор воздуха выполняется через все три дымоприемных устройства. Однако нам нужно, чтобы работало только то дымоприемное устройство, которое расположено в помещение пожара.

Для этого в свойствах воздуховодов 2 и 3 установим заслонки:

Свойства воздуховода НVAC					
Общие Модель потока					
Прямые потери: 0,0					
Обратные потери:	0,0				
Шероховатость:	0,001 m				
Устройство потока:	<het> •</het>				
	<нет>				
	Заслонка				
	Основной вентилятор 场				
	Теплообменник				
	Вентилятор				

Рисунок 10-54 Создание заслонки в воздуховоде

зойства воздуховода НVAC
Общие Модель потока
Прямые потери: 0,0
Обратные потери: 0,0
Шероховатость: 0,001 m
Устройство потока: Заслонка 🗸
Активация: Элемент управления01 - Деактивировать при t = 20,0 s.
Редактировать элемент управленияот
Тип входных данных
Время
🔘 Детектор
🔘 Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат)
🔘 Обычный
Выполнить действие
Активировать
<ul> <li>Деактивация</li> </ul>
П Несколько
Деактивировать <u>&lt;Воздуховод3. Воздуховод2&gt;</u> при t = <u>20.0 s</u> .
ia ia

Рисунок 10-55 Задание времени активации заслонки

Создадим элемент управления, который активирует заслонку через 20 секунд после начала моделирования.

Обратите внимание! Чтобы заслонка появилась, надо выбрать действие «Деактивация» (т.е. воздуховод перестает работать).

#### 10.5.2 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 10-56 Запуск расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию.

Посмотрим распространение дыма на высоте рабочей зоны:

Load/Unload	•	3D smoke					
Show/Hide		Slice file	×	SOOT VISIBILITY	•	Y=8.5	
Options	•	Vector slices	•	TEMPERATURE	•	Z=1.75	
Dialogs	•	-		U-VELOCITY	•	-	3
Help	•	Configuration files	•	V-VELOCITY	•	Load All	
Quit		Scripts	•	W-VELOCITY	• • ]		
		Compression	•	-			
		Show file names		Unload			
		Redirect messages to primer_5.smvlog	L				
		Reload	•				
		Unload all					
	Load/Unload Show/Hide Options Dialogs Help Quit	Load/Unload   Show/Hide  Options  Dialogs  Help  Quit	Load/Unload       3D smoke         Show/Hide       Slice file         Options       Vector slices         Dialogs       -         Help       Configuration files         Quit       Scripts         Compression       Show file names         Redirect messages to primer_5.smvlog       Reload         Unload all       Unload all	Load/Unload       3D smoke         Show/Hide       Slice file         Options       Vector slices         Dialogs       -         Help       Configuration files         Quit       Scripts         Compression       Show file names         Redirect messages to primer_5.smvlog       Reload         Unload all       Vieload all	Load/Unload       3D smoke         Show/Hide       Slice file       SOOT VISIBILITY         Options       Vector slices       TEMPERATURE         Dialogs       -       U-VELOCITY         Help       Configuration files       V-VELOCITY         Quit       Scripts       W-VELOCITY         Compression       -       Unload         Redirect messages to primer_5.smvlog       Reload         Unload all       Veload all       Veload	Load/Unload       3D smoke         Show/Hide       Slice file         Options       Vector slices         Dialogs       -         Help       Configuration files         Quit       Scripts         Compression       -         Show file names       Unload         Reload       Unload all	Load/Unload       3D smoke         Show/Hide       Slice file         Options       Vector slices         Dialogs       Vector slices         Help       Configuration files         Quit       Scripts         Compression       V-VELOCITY         Show file names       -         Redirect messages to primer_5.smvlog         Reload       Unload all

Рисунок 10-57 Загрузка плоскости, отображающей дальность видимости на высоте рабочей зоны



Рисунок 10-58 Снижение дальности видимости

Видно, что в этом случае (работает вентиляция только в помещении пожара, остальные воздуховоды перекрыты заслонками) дым в коридор не выходит.

	Load/Unload	•	3D smoke	•				
	Show/Hide	×	Slice file	►				
	Options	•	Vector slices	×	VELOCITY	•		X=2.75
	Dialogs	•	-		-			X=9.75
	Help	•	Configuration files	►	Show all vector slice menu entries			X=16.75
	Quit		Scripts	►	Unload			-
_			Compression	►		_		Load All x
			Show file names					Load All
			Redirect messages to primer_5_hvac.smvlog				_	6
			Reload	•				

Посмотрим векторные плоскости для скорости через дымоприемные отверстия:

Рисунок 10-59 Загрузка векторных плоскостей скорости



Рисунок 10-60 Скорость через дымоприемные отверстия (после активации заслонок)

#### Видно, что после активации заслонок работает только одно дымоприемное отверстие.



Посмотрим температуру в воздуховодах:

Unload all



Рисунок 10-62 Температура воздуха во внешнем воздуховоде

Температура воздуха в первом и в четвертом воздуховодах одинакова — он не разбавляется холодным воздухом из других воздуховодов.

## 10.6 Создание безканального вентилятора

Рассмотрим отдельный пример: создание безканального вентилятора. Такой вентилятор забирает воздух с одной стороны, и выбрасывает его с другой. В терминах HVAC – нам нужно создать два вентиляционных отверстия, каждое из которых будет связано с узлом, и воздуховод между ними. В воздуховоде будет создано устройство потока «вентилятор».

Поскольку вентиляционные отверстия могут располагаться либо на границе сетки, либо на твердом препятствии, создадим препятствие:



Рисунок 10-63 Препятствие, изображающее вентилятор

На передней и задней гранях создадим вентиляционное отверстие с поверхностью HVAC. С одной стороны это будет «входное» отверстие, с другой – «выпускное».





Рисунок 10-64 Вентиляционные отверстия для забора и выброса воздуха

бщие Геометри	ия Свойства HVAC Дополнительно
D:	ВХОД
Описание:	
руппа:	🖀 Модель 👻
Активация:	<Всегда включен> 🔻
Товерхность:	HVAC -
Задать цвет	
Отображать	контурами
Начало координ	ат текстуры
Относител	ьно объекта
X: 0,0 m	Y: 0,0 m Z: 0,0 m
раницы	
Минимум Х:	4,75 m Минимум Y: 6,25 m Минимум Z: 1,5 m
Максимум Х:	4,75 m Максимум Y: 7,0 m Максимум Z: 2,0 m

Рисунок 10-65 Свойства вентиляционного отверстия

Создадим на каждом вентиляционном отверстии узел HVAC и между ними создадим воздуховод:

.....

Св	ойства узла Н	IVAC
	Общие	
	ID:	вход
	Описание:	
	Группа:	🔏 Модель 👻
	Информация	a:
	Фильтр:	<het> •</het>
	Тип узла:	
	🔘 Авто	
	🔘 Внут	ренний
	🔘 Внеш	ний
	🔘 Вент	иляционное отверстие вход 🔻

Рисунок 10-66 Свойства узлов HVAC

Общие Модель	потока				
10.	2000000000				
10:	воздуховод				
Описание:					
Группа:	ቆ Модель	-			
Информация:					
Veee 1.					
узел 1:	вход 🔻				
Узел 2:	выход 🔻				
Длина —					
Автомат	ически (0,25 m)				
🔘 Постоян	ный: 1,0 m				
Форма					
() Круглый					
Диамето	o: 0.3048 m				
О не круп					
Площад	ь: 0,0 m <sup>2</sup>				
Перимет	p: 0,0 m				
Границы ———					
Минимум Х:	4,75 m	Минимум Ү:	6,625 m	Минимум Z:	1,75 m
Максимум Х:	5,0 m	Максимум Ү:	6,625 m	Максимум Z:	1,75 m

Рисунок 10-67 Свойства воздуховода HVAC

### В воздуховоде зададим вентилятор с расходом 2 м3/с:

Общие Модель поток	(a
Прямые потери:	0,0
Обратные потери:	0,0
Шероховатость:	0,001 m
Устройство потока:	Основной вентилятор 🔻
Объемный поток:	2,0 m³/s
Функция от време	ени: По умолчанию 🗸 1,0 s
Направление пото	ока: От узла 1 к узлу 2 👻

Рисунок 10-68 Свойства вентилятора в воздуховоде



Рисунок 10-69 Внешний вид вентилятора в модели

С Анимированые плоскости Плоскость XYZ Положение плоскости Величина газовой фазы Использовать вектор? 1 Y \* Скорость Аа

Создадим плоскость, проходящую через вентилятор, и измеряющую скорость воздуха:

Рисунок 10-70 Плоскость для измерения скорости

Запустим моделирование на несколько секунд и посмотрим визуализацию скорости в Smokeview:

Load/Unload	•	Slice file	- ►,			
Show/Hide	•	Vector slices	•	VELOCITY	•	*Y=6.5
Options	•	-		-		
Dialogs	•	Configuration files	•	Show all vector slice menu entries		
Help	•	Scripts	•	Unload		
Quit		Compression	▶`			-
		Show file names				
		Redirect messages to jet.smvlog				
		Reload	•			

Рисунок 10-71 Загрузка плоскости для измерения скорости

Unload all



Рисунок 10-72 Движение воздуха возле безканального вентилятора

Видно, что вентилятор забирает воздух с одной стороны и выбрасывает с другой.

Обратим внимание на еще одной свойство вентиляционных отверстий с поверхностью HVAC. Это свойство «Вентиляционная решетка». По умолчанию скорость направлена перпендикулярно вентиляционному отверстию, а с помощью решетки можно изменить направление скорости. Нужно задать составляющие вектора скорости по каждой оси.

#### Например, при таком направлении:

Общие Геометрия Свой	ства HVAC	Дополните	льно			
📝 Вентиляционная реше	тка: Х:	1,0	Y:	0,0	Z:	1,0

Рисунок 10-73 Вкладка "Свойства HVAC" в окне свойства вентиляционного отверстия

Скорость будет направлена под углом 45 градусов вверх:



Рисунок 10-74 Изменение угла выброса воздуха

А при таком под углом вниз:

Общие Геометрия Св	зойства HVAC	Дополнителы	но			
<b>V</b> Вентиляционная ре	ешетка: Х:	5,0	Y:	0,0	Z:	-1,0

Рисунок 10-75 Задание направления выброса воздуха из вентилятора



Рисунок 10-76 Воздух выбрасывается из вентилятора под углом вниз

## 10.7 Обзор других компонентов HVAC

В рассмотренных примерах мы использовали только часть системы HVAC – узлы и воздуховоды (и встроенные компоненты воздуховодов – вентилятор и заслонка).

Среди компонентов HVAC есть также: вентилятор (с возможностью задания кривой вентилятора), теплообменник и фильтр. В наших примерах они не задействованы, но тем не менее вкратце рассмотрим использование этих компонентов.

Прежде всего компонент нужно создать. Для этого в меню «Модель» выберем пункт «Редактировать HVAC»:



Рисунок 10-77 Меню создания компонентов HVAC

Нажмем кнопку «Создать» и выберем тип создаваемого компонента (AIRCOIL – теплообменник, FAN – вентилятор, FILTER – фильтр):



Рисунок 10-78 Выбор типа компонента HVAC

Свойства каждого из компонентов описаны в разделах ниже.

После создания компонентов их нужно связать с системой HVAC.

Вентиляторы и теплообменники располагаются в воздуховодах, их нужно задать в свойстве «Устройство потока» на вкладке «Модель потока»:

Общие Модель пото	ka
Прямые потери:	0,0
Обратные потери:	0,0
Шероховатость:	0,001 m
Устройство потока:	Теплообменник 🔻
Теплообменник:	Теплообменник01
Активация:	Теплообменник01 Деактивировать при t = 20,0 s.

Рисунок 10-79 Вентиляторы и теплообменники располагаются в воздуховоде HVAC

ющие	
ID: y	зел1
Описание:	
Группа:	🐉 Модель 👻
Информация:	
Фильтр:	<het> •</het>
Тип узла:	<het></het>
🔘 Авто	Фильтр01
🔘 Внутре	ний
🔘 Внешни	й
Вентил	яционное отверстие 11
Воздуховоды:	
Соединенн	ные воздуховоды: Воздуховод 1
Входные п	отери 0,0
Выходные	потери 0,0
Границы —	
Границы Минимум X:	2,75 m Минимум Y: 0,0 m Минимум Z: 2,75 m

Фильтры располагаются в узле и задаются в свойстве «Фильтр» на вкладке «Общие»:

Рисунок 10-80 Фильтры располагаются в узле HVAC

## 10.7.1 Вентилятор

Когда мы выбираем в воздуховоде «основной вентилятор», то мы можем задать ему только постоянный расход. Однако в реальности расход вентилятора зависит от давления, и это можно учесть при моделировании – для этого нужно использовать компонент «Вентилятор».

火	Редактировать HVA	C	
1	Вентилятор01 🔦	ID вентилятора: Вентилятор01 Описание:	
		Активация:	<Всегда включен> • 0.0
		Fan Model Начальное время нарастания:	По умолчанию • 1,0 s
		Квадратичный Максимальный расход:	0,0 m²/s
		Максимальное давление: Постоянный поток	0,0 Pa
		Ооъемный расход: Заданная функция Кривая вентилятора:	Редактировать значения
	-		

Рисунок 10-81 Свойства вентилятора HVAC

«Потери потока» – это потери через вентилятор, когда он не активен.

Здесь можно выбрать одну из моделей вентилятора:

- квадратичный указывается максимальный расход и максимальное давление. Кривая вентилятора строится по этим значениям по квадратичной зависимости.
- постоянный поток как и при задании вентилятора в воздуховоде, постоянный расход, без зависимости от давления.
- заданная функция в таблице можно задать кусочно-линейную функцию зависимости давления от расхода.



Рисунок 10-82 Пример кривых для вентилятора: постоянный, квадратичный, кусочно-линейная функция

## 10.7.2 Теплообменник

Теплообменник — это устройство, которое нагревает или охлаждает воздух, отводя тепло в воздуховод. Обычно в системах HVAC это выполняется, прогоняя воздух через устройство, содержащее рабочую жидкость, например, охлажденную воду или хладагент.

В модели теплообменник можно задать либо впрямую, задав скорость теплообмена, либо описав свойства охлаждающей жидкости:

🔀 Редактировать НVAC	
AIRCOL	D теплообменника: AIRCOIL. Свойства Активация: <Всегда включен> ▼ Модель теплопереноса © Прямой Скорость теплообмена: 0,0 kJ/s Функция от времени: По умолчанию ▼ 1,0 s © Свойства охладителя Удельная теплоемкость охладителя: 4,0 kJ/kg k) Массовый поток охладителя: 100,0 %C Эффективность теплообмена: 0,5
Создать Переименовать Удалить	&HVAC ID='AIRCOIL', TYPE_ID='AIRCOIL', COOLANT_SPECIFIC_HEAT=4.0, COOLANT_MASS_FLOW=10.0, COOLANT_TEMPERATURE=100.0, EFFICIENCY=0.5/
	Применить ОК Отмена

Рисунок 10-83 Свойства теплообменника HVAC

## 10.7.3 Фильтр

Фильтр HVAC используется для предотвращения распространения газов по системе HVAC. Фильтр может ограничивать поток любого количества газов, заданных в модели.

В свойствах фильтра нужно задать потери, а также параметры фильтрации газов: эффективность, начальное загрязнение фильтра веществом и множитель загрязнения.

	ID фильтра: FILTE	R			
	Описание:				
	Свойства				
	Модель потерь г <ul> <li>Линейный</li> </ul>	ютока:			
	Потери в	чистом фильтре:	1,0		
	Потери:		7732,45		
	💿 Обычный				
	Потери:	Редактировать	значения	a	
	Фильтрация газо	) <b>6</b> :			
	Газы	Эффективн	юсть	Начальное загрязнение	Множитель загрязнения
	1 PARTICUL	ATE	1,0	0,0 kg	1.
	*				
*	* AIR NITROGEN OXYGEN CARBON I WATER VA PRODUCT				
оздать именовать	* AIR NITROGEN OXYGEN CARBON I WATER V/ PRODUCT CARBON N 8HVAC ISSOT	V P(E S M V T LD='FILTER IER = 1.0, EFFICIEN	', LOSS=7 CY=1.0, 5	732.45, CLEAN_LOSS=1.0, LO/ PEC_ID='PARTICULATE'/	ADING=0.0,
• Создать реименовать Удалить	AIR     AIR     NITROGEN     OXYGEN     CARBON L     WATE V     PRODUCT     CARBON L     AND     AND	NTTE_ID='FILTER	', LOSS=7 CY=1.0, 5	732.45, CLEAN_LOSS=1.0, LO/ PEC_ID='PARTICULATE'/	ADING=0.0,

Рисунок 10-84 Свойства фильтра HVAC

# 11 Пример 6. Моделирование окружающей среды: открытые границы сетки, логические элементы управления

# 11.1 Описание примера

Иногда возникает необходимость моделировать не только пространство внутри здания, но и окружающую среду вокруг здания.

В данном примере мы создадим небольшой домик из двух помещений, а также часть окружающей среды вокруг домика. В одном из помещений начинается горение, по срабатыванию датчиков температуры и времени открываются окна/двери.

Рассмотрено создание и работа логических элементов, с помощью которых можно управлять созданием/удалением объектов – например, открывать окна или двери. Это позволяет моделировать открытие дверей при эвакуации, или разрушение остекления под действием температуры, а также прогорание дверей, без моделирования горения впрямую.

В этом примере мы рассмотрим следующие вопросы:

- как моделировать окружающее пространство вокруг здания
- как создать логические элементы управления

## 11.2 Порядок работы

Порядок работы при построении модели следующий:

- 1. Создание сетки
- 2. Построение топологии
- 3. Создание источника пожара
- 4. Создание датчиков и элементов управления
- 5. Выполнение расчета
- 6. Просмотр и анализ результатов

Поскольку в данном примере мы сосредоточимся на разборе отдельных функций PyroSim, то структура работы будет слегка изменена, чтобы наглядно выделить новую информацию:

- 1. Создание простейшей модели (сетка, топология, источник возгорания)
- 2. Создание датчиков и элементов управления

## 11.3 Создание модели

В данном примере модель не будет строиться на основе подложки, как при реальной работе, а будет создана простейшая модель, требуемая для выполнения расчета.

## 11.3.1 Сетка

Создадим сетку. Для этого дважды кликнем по разделу «Сетки» в дереве объектов 🥮 Сетки (0) – откроется окно для создания сетки. Нажмем кнопку «Создать», и укажем размеры сетки: 10\*10\*5. Количество ячеек соответственно: 40\*40\*20. Таким образом, размер ячеек составляет 0,25\*0,25\*0,25.

СелтивО1         Описание:           Порядок / Приоритет:         1           Задать цет:            Эвдать цет:            Проверка выравнивания сеток:         Пройдена           Свойства         Дополнительно           Гранкцы сетки:            Минимун X:         0.0 m           Максинун X:         0.0 m           Максинун X:         10,0 m           Метод разделения:         Равномерное	Редактировать сетки	
Ячейки Х: 40    Соотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки Y: 40    Соотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки Z: 20    Соотношение размеров ячеек: 1,00 Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25 Количество ячеек в сетке: 32 000	Cemra01	Описание: Порядок / Приоритет: 1 Задать цвет: Проверка выравнивания сеток: Пройдена Свойства Дополнительно Границы сетки: Мининум X: 0,0 m Мининум Y: 0,0 m Мининум Z: 0,0 m Максинум X: 10,0 m Мининум Y: 0,0 m Мининум Z: 5,0 m Максинум X: 10,0 m Мининум Y: 10,0 m Мининум Z: 5,0 m Максинум X: 10,0 m Максинум Y: 10,0 m Максинум Z: 5,0 m Метод разделения: Равномерное • Ячейки X: 40 • Cоотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки Y: 40 • Cоотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки 7: 20 • Cоотношение размеров ячеек: 1,00 Ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25 Количество ячеек в сетке: 32 000

Рисунок 11-1 Создание сетки

Поскольку сетка в данном примере включает в себя не только здание, но и часть окружающей среды, на границах сетки необходимо создать вентиляционные отверстия с поверхностью OPEN. Вентиляционные отверстия можно создавать вручную, а можно использовать команду «Открыть границы сетки»:



Рисунок 11-2 Команда "открыть границы сетки» создает вентиляционные отверстия на границах сетки

При выполнении этой команды на всех границах сетки создаются вентиляционные отверстия.



Рисунок 11-3 Сетка с созданными на границах вентиляционными отверстиями

Обратите внимание – вентиляционное отверстие на нижней границе сетки необходимо удалить, так как нижняя граница моделирует землю:



Рисунок 11-4 Вид модели

## 11.3.2 Топология

Создадим домик из двух помещений. Используем инструмент «Нарисовать помещение» 🥟. Стены высотой 3 метра и толщиной 0,25 метров:



Рисунок 11-5 Свойства инструмента создания препятствий



Рисунок 11-6 Создание помещения



Рисунок 11-7 Вид модели из двух помещений

Нарисуем перекрытие. Выберем инструмент «Нарисовать плиту» 🥏 :

		Свойства инструментов	×
D	Ø	Harasinee	
Ø	٥	пазвание:	препятствие
Ø	8	Положение Z:	3,0 m
	TO	Толщина:	0,25 m
000	۰	Поверхность:	INERT -
Ø	*	Цвет:	Из поверхности 🔻
Ņ	D	🔲 Расширить	
Ń	ø	📝 Разрешить отверстия	
[1111]			ОК Отмена
			OTHERA

Рисунок 11-8 Свойства инструмента создания плиты



Рисунок 11-9 Вид модели

Для удобства работы сделаем перекрытие полупрозрачным. Для этого зададим цвет объекта:

Свойства препятствия					
Общие Геометрия Повер	хности Дополнительно				
ID:	Препятствие				
Описание:					
Группа:	🔗 Модель 🔻				
Активация:	<Всегда включен> 🔻				
🔽 Задать цвет					
Рисунок 11-10 Задание цвета в окне свойств препятствия					

#### На вкладке «Бегунок» зададим прозрачность (Transparency):

Цвет		-	×
RGB	Палитра Бегунок		
F		Hue	
		Saturation	0 💭
		Cightness	94
		Transparency	84 🚔
			L5
		-	

Рисунок 11-11 Задание прозрачности препятствия



Рисунок 11-12 Прозрачная плита перекрытия - теперь видно, что происходит внутри помещения

Теперь создадим окна и двери. Выберем инструмент «Нарисовать отверстие в стене»:



Рисунок 11-13 Свойства инструмента создания отверстия для рисования дверей





Рисунок 11-15 Свойства инструмента создания отверстия для рисования окон



Рисунок 11-16 Окна в модели

Переименуем отверстия, чтобы было нагляднее и удобнее:



Рисунок 11-17 Объекты в дереве объектов

# 11.3.3 Источник пожара

Источник пожара создается в три этапа:

- Создать реакцию
- Создать поверхность
- Создать объект и присвоить ему созданную поверхность

Дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Реакции» 💥 Реакции и добавим реакцию из библиотеки:

атегория:	Реакции в газовой фазе	•	
Текущая	модель		Библиотека:библиотека FireCat.fds
Админ.по	имещение; мебель+бумага	<>	Админ.помещение; мебель +бумага Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги журналы Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть Вешала текстильных изделий Гардеробы Дизельное топливо; соляр Занавес зрительного зала Здание 1 ст. огнест.; мебель +ткани Издательства, типографии Создать новую библиотеку Загрузить библиотеку Сохранить текущую библиотеку

Рисунок 11-18 Загрузка реакции из библиотеки

Убедитесь, что в дереве объектов реакция выделена жирным шрифтом и в скобках указано «активный»:



Дважды кликнем в дереве объектов по разделу «Поверхности» <sup>СВ</sup> <u>Поверхности</u> и добавим поверхность из библиотеки:

ID поверхности:	Административные помещения, учебные классы, кабинеты поликлиник
Описание:	Пособие к методике приказа №382
Цвет:	Внешний вид:
Тип поверхности:	Горелка 🔻
Тепловыделение	Термические свойства Геометрия Впрыскивание частиц Дополнительно
Тепловыделение	
<ul><li>Удельное</li></ul>	е тепловыделение (HRRPUA): 192,0 kW/m²
Библиотеки	PyroSim
Категория	: Поверхности 👻
Текущая	а модель Библиотека:библиотека FireCat.fds
Админи 8su Coli	Тративные помещения, уч Автомобиль Админ. помещение; небель +бунага Административные помещения, учеб Бензин А-76 Библиотеки, архивы; книги, журналы Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть Вешала текстильных изделий Выст. зал, мастерская; дерево +ткани Гардеробы Дерево +лак.покрытие Дизельное топливо; соляр Создать новую библиотеку
•	тт • Сохранить текущую библиотеку

Рисунок 11-20 Загрузка поверхности горения из библиотеки

Создадим вентиляционное отверстие, моделирующее источник пожара. С помощью инструмента «Нарисовать вентиляционное отверстие» нарисуем на полу помещения объект и присвоим ему созданную поверхность-горелку:

ойства вентиляц	ионного отверстия		
Общие Геометр	ия Дополнительно Свойства распространения пламени		
ID:	Вентиляционное отверстие		
Описание:			
Группа:	<b>4</b> Модель 🔻		
Активация:	<Всегда включен> 💌		
Поверхность:	Административные помещения, учебные классы, кабинеты поликлиник 🔻		
📃 Задать цвет			
Отображать контурами			
Начало координ	ат текстуры		
Относител	ыно объекта		
X: 0,0 m	Y: 0,0 m Z: 0,0 m		
Границы			
Минимум Х:	3,0 m Минимум Y: 5,25 m Минимум Z: 0,0 m		
Максимум Х:	6,0 m Максимум Y: 8,25 m Максимум Z: 0,0 m		
	ОК Отмена		

Рисунок 11-21 Создание вентиляционного отверстия

На вкладке «Свойства распространения пламени» зададим скорость распространения пламени.

Свойства вентиляционного отверстия					
	Общие Геометрия Свойства распространения пламени Дополнительно				
	Задать скорость пламени				
	Пламя распространяется из центральной точки, заданной на вкладке "Геометрия".				
	Скорость распространения: 0,1 m/s				

Рисунок 11-22 Свойства распространения пламени для вентиляционного отверстия



Рисунок 11-23 Вид модели

# 11.3.4 Общие параметры моделирования

Зададим параметры в меню «FDS» – «Параметры моделирования».

FDS	Вид Справка
	Параметры моделирования

Рисунок 11-24 Меню "Параметры моделирования"

На вкладке «Время» необходимо задать конечное время моделирования (т.е. сколько времени в модели будет длиться расчет).

араметры модели	рования				<b>X</b>		
Название расчета:							
Частицы	Модель	Излучение	Наклонная	геометрия	Разное		
Время	Вых	одные данные		Окружающая сре	1a		
Время начала: Конечное время Начальный ш Начальный ш	: иаг времени: иаг времени реша	теля HVAC:		0,0 s 90,0 s			
Не допускать изменения временного шага							
Не допускать превышения временным шагом первоначального значения							
Шаг обновления	:			2	кадра		

Рисунок 11-25 Вкладка "Время"

#### 11.4 Создание датчиков и элементов управления

Возле окна 1 создадим три датчика температуры на разной высоте: внизу окна, в центре окна и наверху окна. Значение для срабатывания — 200 градусов. Ориентация — в отрицательном направлении оси У.

Измеритель	в газо	вой фазе					<b>—</b> ×
Свойства До	полни	тельно					
Название:		01-1					
Фиксация зна	чений	і: Никогда	•				
Величина:	Гемпе	ратура				•	
📝 Задать зн	ачени	e: 200,0 ℃					
🔽 Переки	пючит ально	ъ один раз активирован					
Положение	X:	4,25 m	Y:	8,75 m		z:	0,75 m
Ориентация	X:	0,0	Y:	-1,0		Z:	0,0
Вращение:		0,0 °					
&DEVC ID='o1-1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=4.25,8.75,0.75, ORIENTATION=0.0, -1.0,0.0, SETPOINT=200.0/							
						0	К Отмена

Рисунок 11-26 Создание датчиков температуры



Рисунок 11-27 Расположение датчиков возле окна

Для окна 2 зададим аналогичный набор датчиков (отличие этих датчиков – они ориентированы в положительном направлении оси У, так что в свойствах ориентации нужно задать не «-1», а «1»). Возле двери 2 установим еще один датчик. Значение для срабатывания – 100 градусов. Ориентация – в положительном направлении оси У.

Свойства Дополните	ельно							
Название: Фиксация значений:	д1							
величина: Температура •								
<ul> <li>✓ Задать значение: 100,0 °С</li> <li>✓ Переключить один раз</li> </ul>								
🕅 Изначально активирован								
Положение X: 4,	4,25 m Y: 4,75 m Z: 1,375 m							
Ориентация Х: 0,	),0 Y: 1 Z: 0							
Вращение: 0,	1,0 °							

Рисунок 11-28 Свойства датчика температуры возле двери

Кроме того, создадим датчик времени. Значение срабатывания — 60 секунд. Расположение и ориентация датчика времени не имеют значения.



Рисунок 11-29 Создание устройства измерения времени

К Время						x
Свойства Дополните	ально					
Название:	Время					
Фиксация значений:	Никогда	•				
Величина: Время				•		
👽 Задать значение:	60,0 s					
🔽 Переключить	один раз					
🔲 Изначально ак	стивирован					
Положение X: 0,	,0 m	Y:	0,0 m	Z:	0,0 m	
Ориентация Х: 0,	,0	Υ:	0,0	Z:	-1,0	
Вращение: 0,	° 0,					
&DEVC ID='Время', QUA	NTITY='TIME', XY	(Z=0.	0,0.0,0.0, <mark>SETF</mark>	OINT=60	. <b>0</b> /	
				0	< Оті	мена

Рисунок 11-30 Свойства устройства измерения времени

Теперь создадим элементы управления:

```
– окно 1 будет создано, когда все три датчика будут активированы
```

Общие Геометрия Дополнительно  ID: окно 1 Описание:  Группа:  Модель Активация:  Gerga включен>  Coздать лемент управления  Coздать элемент управления  Coздать управлени  Лип входных данных  Элемент управлени  Лип входных данных  Элемент управлени  Лип входных данных  Элемент управлени  Активировать  Деактивация  Активировать <окно 1> когда авсе <ol-1, ol-2,=""> аактивируются.  Задать  Ререименовать  Удалить  Применить ОК Отмена</ol-1,>	ойства отверстия	
ID: окно 1 Описание: Группа: Модель Активация: Свсегда включен> Задать цвет Создать> Создать> Создать элемент управления Элемент управлени Элемент у	Общие Геометрия	Лополнительно
ID: окно 1 Описание: Группа: Modenь Активация: «Всегда включен> Задать цвет Создать элемент управления Злемент управлени Элемент управл	теонстрия	A duo una cuento
Описание: Группа: Модель Активация: Всегда включен> Задать цвет Создать> Всегда включен> Создать элемент управления Элемент управлени Элемент управлени Э	ID:	кно 1
Группа: Активация: Задать цвет Создать> Создать элемент управления Элемент управлени Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат Обычный Выполнить действие Элемстивация Активировать Деактивация Активировать            Создать Удалить         Активировать          Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат Обычный Выполнить действие Элемстивация Активировать          Активировать Деактивация Активация О.О.S.	Описание:	
Активация: Вадать цвет Создать> Создать элемент управления Элемент управлени Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат Э	Группа:	🛃 Модель 👻
Создать цвет Создать элемент управления Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управления Элемент уп	Активация:	<Всегда включен> 👻
Создать элемент управления Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управления Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат Обычный Выполнить действие Активировать Деактивация Активировать Создать Переименовать Удалить	📃 Задать цвет 🧧	:Создать> Всегда включен>
Элемент управлени       Тип входных данных         Элемент управлени       Время         Элемент управлени       Детектор         Элемент управлени       Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат         Обычный       Выполнить действие         @ Активировать       Деактивация         Активировать       Деактивация         Активировать        Деактивация         Активировать        Деактивация         Активировать        Деактивация         Активировать        Деактивация         Активидовать        Деактивация         Активидовать        Деактивация         Активидовать        Деактивация         Удалить       Применить	Создать элемент уп	равления
Олемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Обычный Выполнить действие Активировать Деактивация Активировать Деактивация Активировать Деактивация Активировать Создать Переименовать Удалить	2	
Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управления Элемент управле	Элемент управлени	
<ul> <li>Элемент управления</li> <li>Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат</li> <li>Обычный</li> <li>Выполнить действие</li> <li>Активировать</li> <li>Деактивация</li> <li>Активировать </li> <li>Оздать</li> <li>Переименовать</li> <li>ОК</li> <li>Отмена</li> </ul>	Элемент управлени	О время
<ul> <li>Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат</li> <li>Обычный</li> <li>Выполнить действие</li> <li>Активировать</li> <li>Деактивация</li> <li>Активировать &lt;a href="https://www.com/deathermailto:Aktubuppediates/approx/deathermailto:Aktubuppediates/appr&lt;/td&gt;<td>Элемент управлени</td><td>• Детектор</td></li></ul>	Элемент управлени	• Детектор
<ul> <li>Обычный</li> <li>Выполнить действие</li> <li> <ul> <li>Активировать</li> <li>Деактивация</li> </ul> </li> <li>Активировать ≤окно 1&gt; когда авсе ≤о1-1, 01-2,&gt; аактивируются.</li> <li>Задержка активации 0.0 s.</li> <li>Переименовать</li> <li>Удалить</li> <li>Применить ОК Отмена</li> </ul>	Shement ynpublienn	<ul> <li>Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат)</li> </ul>
Выполнить действие		🔘 Обычный
Активировать     Деактивация     Активировать <okno 1=""> когда авсе <o1-1, o1-2,=""> аактивируются:     Задержка активации 0.0 s.     Гереименовать     Удалить     Ок Отмена</o1-1,></okno>		Выполнить действие
Активация     Деактивация     Активировать < <u>окно 1&gt; когда авсе <o1-1, o1-2,=""> аактивируются</o1-1,></u> .     Задержка активации 0.0 s.     Переименовать     Удалить     ОК Отмена		
Создать Удалить Удалить ОК Отмена		
Активировать ≤окно 1> когда авсе ≤о1-1, 01-2,> аактивируются. Задержка активации 0.0 s.           Создать           Переименовать           Удалить   Применить ОК Отмена		О дсактивация
Кальноровано сокио то когда шесе сот т. от 2, п. о выклюдуются.           Создать           Переименовать           Удалить           Применить           ОК		AKTUREMORATE SOKHO 1> KOLTA ARCE SO1-1 01-2 > 33KTUREMOVIOTOR
Создать       Удалить     Ок	-	Залержка активации 0.0 s
Создать Переименовать Удалить Применить ОК Отмена	4 III +	Sadoparka artinadini <u>s.o.s</u> .
Создать Переименовать Удалить Применить ОК Отмена		
Переименовать Удалить Применить ОК Отмена	Создать	
Удалить Применить ОК Отмена	Переименовать	
Удалить Применить ОК Отмена		
Применить ОК Отмена	Удалить	
Применить ОК Отмена		
		Применить ОК Отмена

Рисунок 11-31 Создание элемента управления для окна 1

– окно 2 будет создано, когда как минимум два датчика будут активированы

火 Создать элемент упра	вления
Элемент управлени 🔺	Тип входных данных
Элемент управлень	🔘 Время
	Детектор
	🔘 Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат)
	🔘 Обычный
	Выполнить действие
	Активировать
	🔘 Деактивация
Ţ	Активировать <u>&lt;окно 2&gt;</u> когда <u>ахотя бы 2</u> из <u>&lt;о2-1. о2-2&gt;</u>
<	Залержка активации 0.0 s
Создать	
Переименовать	
Удалить	
	Применить ОК Отмена

Рисунок 11-32 Создание элемента управления для окна 2

82

- дверь 1 будет создана через 60 секунд после начала моделирования

🔀 Создать элемент упр	авления
Элемент управлени 🔺 Элемент управлени Элемент управлени	Тип входных данных
	Выполнить действие
< III • •	Активировать <u>&lt;дверь 1&gt;</u> при t = <u>60.0 s</u> .
Переименовать Удалить	
	Применить ОК Отмена

Рисунок 11-33 Создание элемента управления для двери 1

 дверь 2 будет создана либо через 60 секунд после начала моделирования, либо если сработает датчик возле нее

🔀 Создать элемент упр	авления
Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени Элемент управлени	Тип входных данных ○ Время ○ Детектор ○ Элемент управления с зоной нечувствительности (например, термостат) ○ Обычный Выполнить действие ○ Активировать ○ Деактивация
∢ Ш ►	Активировать <u>&lt;дверь 2&gt;</u> когда <u>аодин из</u> <u>&lt;Время, д1&gt;</u> <u>аактивируется</u> . Задержка активации <u>0.0 s</u> .
Переименовать Удалить	
	Применить ОК Отмена

Рисунок 11-34 Создание элемента управления для двери 2

## 11.5 Выполнение расчета и анализ результатов

Запустить расчет можно либо через меню «FDS» — «Запустить FDS», либо с помощью кнопки на верхней панели инструментов:



Рисунок 11-35 Запуск расчета

Результаты можно просматривать как после завершения моделирования, так и во время.

Запустим Smokeview и посмотрим визуализацию. Загрузим данные по распространению дыма, чтобы увидеть, как дым заполняет помещение и выходит из здания наружу через проемы:

Load/Unload		3D smoke	•		SOOT MASS FRACTION	
Show/Hide		Slice file	►		HRRPUV	13
Options •		-		1		
Dialogs •		Configuration files	►			
Help 🕨		Scripts	►			
Quit		Compression	►			
	-	Show file names				
		Redirect messages to primer_6.smvlog				
		Reload	►			
		Unload all				

Рисунок 11-36 Загрузка визуализации дыма

Пример 6. Моделирование окружающей среды: открытые границы сетки, логические 214 элементы управления



Рисунок 11-37 Визуализация распространения дыма. Дым выходит из здания через окна и двери

Теперь посмотрим на срабатывание датчиков и открывание дверей и окон. Зеленые датчик – не активные, красные – активные.

 – окно 1 будет создано, когда все три датчика будут активированы – все три датчика активировались и окно было создано



Рисунок 11-38 Момент создания окна 1

 – окно 2 будет создано, когда как минимум два датчика будут активированы – активировались два верхних датчика, и окно было создано



Рисунок 11-39 Момент создания окна 2

 дверь 1 будет создана через 60 секунд после начала моделирования – дверь создана через указанное время



Рисунок 11-40 Момент создания двери 1

 – дверь 2 будет создана либо через 60 секунд после начала моделирования, либо если сработает датчик возле нее – датчик сработал раньше, чем истекло указанное время



Рисунок 11-41 Момент создания двери 2
# 12 Ошибки и решения проблем

#### 12.1 Ошибки при запуске расчета

Перед началом расчета FDS выполняет проверку заданных исходных данных, и сообщает об обнаруженных ошибках.

Если ошибки в исходных данных обнаружены, расчет не запускается, и выводится сообщение об ошибке с описанием ошибки:



Рисунок 12-1 Окно расчета с сообщением об ошибке

Ниже приведены некоторые (не все) возможные ошибки с пояснением, чем они вызваны и как их исправить.

**ERROR: Problem with SURF number 1** 

**ERROR: Problem with REAC number 1** 

**ERROR:** Problem with OBST number 1

**ERROR: Problem with VENT number 1** 

**ERROR: Problem with HOLE number 1** 

#### **ERROR: Problem with DEVC number 1**

и другие аналогичные ошибки

**Перевод:** Проблема с объектом номер 1 (SURF – поверхность, REAC – реакция, OBST – препятствие, VENT – вентиляционное отверстие, HOLE – отверстие, DEVC – датчик)

**Пояснение:** Указанный объект имеет неверные или противоречивые параметры. Номер означает порядковый номер объекта в текстовом виде.

#### ERROR: OPEN, MIRROR, OR PERIODIC VENT 1 must be an exterior boundary

**Перевод:** Вентиляционное отверстие с поверхностью OPEN, MIRROR или PERIODIC должно располагаться на внешней границе сетки.

**Пояснение:** Вентиляционное отверстие с такой поверхностью не может располагаться на препятствии. Переместите вентиляционное отверстие или измените его поверхность.

# ERROR: VENT 1 must be attached to a solid obstruction

**Перевод:** Вентиляционное отверстие (VENT) должно быть присоединено к твердой поверхности (препятствию или границе сетки).

**Пояснение:** 1. Проверьте, что координаты вентиляционного отверстия и препятствия (или границы сетки) совпадают, т.е. VENT действительно лежит на твердой поверхности.

2. Если границы объекта не лежат точно на границах ячеек сетки, FDS сдвигает границы к ближайшим ячейкам. При этом может получиться так, что вентиляционное отверстие было сдвинуто к одной границе, а препятствие к другой. Поэтому желательно задавать координаты точно по сетке.

3. Проверьте, что препятствие, к которому присоединен VENT, имеет толщину хотя бы в одну ячейку сетки.

Проверить, как выглядят объекты, выровненные по сетке, можно, нажав на верхней панели инструментов кнопку «Предварительный просмотр блоков FDS».

# ERROR: SURF 1 cannot be applied to a thin obstruction, OBST #1

Перевод: Поверхность 1, у которой задана возможность выгорания, не должна применяться к тонкому препятствию (толщина препятствия менее одной ячейки сетки).

Пояснение: Нужно либо вручную поправить размер препятствий, либо в меню FDS – Параметры моделирования, на вкладке "Угловая геометрия" выбрать пункт "Все препятствия должны иметь толщину"

# ERROR: Memory allocation failed in the routine INIT

Перевод: Ошибка означает, что не хватает оперативной памяти для запуска расчета.

**Пояснение:** Вероятно, в модели слишком много ячеек. Попробуйте уменьшить расчетный объем либо увеличить размеры ячеек сетки.

# ERROR: Must specify fuel chemistry using C and/or H when using simple chemistry

Перевод: В топливе с простой химией должны быть обязательно заданы С и/или Н.

# ERROR: Fuel FORMULA for SIMPLE\_CHEMISTRY can only contain C,H,O, and N

Перевод: В топливе с простой химией могут использоваться только элементы С, Н, О и N

#### ERROR: SURF fire indicates burning, but there is no REAC line

**Перевод:** Судя по поверхности, в модели присутствует горение (т.е. задана поверхность «горелка» или «многослойная» с соответствующими свойствами), но не задано ни одной реакции.

**Пояснение:** Проверьте, что реакция задана и сделана активной, либо создана реакция в разделе "Дополнительные записи» на вкладке «Текстовый вид».

#### ERROR: The default EXTINCTION MODEL is designed for 1 reaction

Перевод: В модели задано более одной активной реакции.

**Пояснение:** Проверьте, что в разделе «Реакция» в качестве активной установлена только одна реакция. Проверьте, что если вы задаете реакцию с хлором (в текстовом виде в поле «Дополнительные записи»), то в разделе «Реакция» не установлено активных реакций.

#### ERROR: SPEC AIR, sub species 1 not found

# ERROR: SPEC PRODUCTS, sub species 1 not found

и другие аналогичные ошибки.

Перевод: Для смеси газов AIR не указан газ 1.

**Пояснение:** Такие ошибки возникают, если не задан какой-либо газ, который используется в реакциях.

Проверьте, что вы полностью скопировали данные из файла «реакции с хлором». Проверьте, что вы задали параметр LUMPED\_COMPONENT\_ONLY = .TRUE. для газов CARBON DIOXIDE (CO2), CARBON MONOXIDE (CO), OXYGEN (O2) и HYDROGEN CHLORIDE (HCI) (меню «Модель» – «Редактировать газы» для каждого газа на вкладке «Дополнительно»).

Кроме того, такая ошибка возникает, если в модели нет объектов, ссылающихся на данный газ. Нужно либо создать такой объект (например, датчик для данного газа), либо в окне редактирования газов на вкладке «дополнительно» поставить галочку «Всегда включать в записи FDS».

#### 12.2 Ошибки в процессе расчета – численная нестабильность

В каких-то случаях расчет запускается без ошибок, но в процессе прерывается с ошибкой Numerical Instability (численная нестаблильность).

Это означает, что в процессе расчета скорость потока в какой-то области домена возрастает из-за численных ошибок, приводя к тому, что результаты становятся нереальными, и программа прерывает расчет. При этом создается файл Plot3D, так что в SmokeView можно посмотреть, в каком месте возникла ошибка (большие вектора скорости в определенном месте домена).

Численная нестабильность обычно возникает при повышении или понижении давления в сетке. Если вы видите эту ошибку, добавьте датчик давления в модель и смотрите, что происходит с давлением. Проблемы обычно возникают из-за того, как заданы граничные условия.

Распространенные проблемы с граничными условиями следующие:

- Недостаточность открытых вентиляционных отверстий на границах. Типичный случай, когда огонь нагревает воздух в помещении, а открытых проемов нет, так что нагретый воздух расширяется и повышает давление в помещении, что может привести к нестабильности. Решение – убедиться, что все помещения имеют открытые отверстия.
- Дисбаланс режимов потока. Это случается, когда пользователь задает и приток, и вытяжку в одном помещении. Если в помещении пожар, плотность удаляемого горячего воздуха меньше, чем поступающего наружного воздуха, так что в результате накопления массы в помещении повышается давление. Решение – задать скорость притока, а вытяжку задать открытыми отверстиями (или наоборот). Открытые проемы компенсируют изменения плотности.
- Граничные условия потока в замкнутых пространствах. Наиболее часто случается при использовании CAD-данных для создания модели. Если приток задан на границе сетки, то может оказаться, что он захватывает и ячейки сетки вне модели. Решение – убедиться, вокруг модели есть открытые вентиляционные отверстия.

Другие возможные причины возникновения численной нестабильности:

- Соотношение размеров ячеек сетки более чем 2 к 1.
- Возникновение большой скорости через маленькое отверстие.
- Резкие изменения скорости тепловыделения или другие резкие изменения параметров потока (например, сработал датчик и открылось отверстие, или сработал спринклер и т.д.).