

## **СИТИС 4 - 12**

**Рекомендации по использованию программы FDS  
с применением программ PyroSim 2012, SmokeView  
и «СИТИС: Фламмер 3.00»**

**29 октября 2013 г.**

## Аннотация

Данный документ представляет собой методические рекомендации по использованию программы FDS для расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара при расчете пожарного риска в соответствии с положениями Технического регламента о требованиях пожарной безопасности.

В документе описана программа FDS, разработанная Национальным институтом стандартов и технологии США в международной кооперации с научно-исследовательскими организациями США, Канады и Финляндии.

В документе предоставлены данные по валидации программы, приведены описания модели, графического интерфейса PyroSim, программы для визуализации SmokeView и программы для обработки результатов расчета «СИТИС: Фламмер 3». Кроме того, представлены примеры использования FDS для расчета времени блокирования путей эвакуации.

Цель данного документа – показать возможность использования программы FDS (с применением программы PyroSim в качестве графического интерфейса, программы SmokeView для визуализации результатов и программы для обработки результатов расчета «СИТИС: Фламмер 3») для решения практических задач по расчету блокирования путей эвакуации в соответствии с современными российскими требованиями к оценке пожарного риска и выполнению расчетов оценки пожарной опасности.

## **Ключевые слова**

FDS, PyroSim, SmokeView, полевая модель, тепломассоперенос, опасные факторы пожара, пожарный риск, валидация, эвакуация, задача о трех помещениях, технический регламент, пожарная безопасность

## **Сведения о разработчиках**

Карькин И.Н., к.ф.-м.н., директор ООО «СИТИС»

Контарь Н.А., инженер ООО «СИТИС»

Грачев В.Ю., директор ООО «Грачев и Партнеры»

## **Авторское право**

© ООО «СИТИС», 2012-2013 г.

ООО «СИТИС» предоставляет право бесплатных печати, копирования, тиражирования и распространения этого документа в сети Интернет и локальных и корпоративных сетях обмена электронной информацией. Не допускается взимание платы за предоставление доступа к этому документу, за его копирование и печать. Не разрешается публикация этого документа любым другим способом без письменного согласия ООО «СИТИС».

## **Отказ от ответственности**

Авторы данного документа не несут ответственности ни за какие потери или искажения данных, любую упущенную выгоду в процессе использования или неправильного использования документа.

# Содержание

Аннотация .....	2
Ключевые слова .....	3
Сведения о разработчиках .....	3
Авторское право.....	3
Отказ от ответственности .....	3
Содержание .....	4
1. Введение .....	6
2. Термины и определения .....	7
3. Обозначения .....	8
4. Модель FDS.....	9
4.1. Тип модели .....	9
4.2. Развитие модели.....	9
4.3. Основные зависимости .....	10
4.4. Валидация.....	11
4.5. Область использования .....	19
4.6. Требования к ресурсам.....	19
5. Исходные данные.....	20
6. Работа с программами PyroSim, SmokeView, «СИТИС: Фламмер 3» .....	20
7. Работа с программой PyroSim .....	22
8. Структура работы с программой PyroSim.....	22
9. Рабочее окно программы .....	23
10. Дерево объектов.....	24
11. Панели инструментов (кнопки).....	24
11.1. Панель №1 .....	24
11.2. Панель №2 .....	25
11.3. Панель №3 .....	27
11.4. Панель №4.....	29
12. Главное меню .....	30
12.1. Файл .....	31
12.2. Редактировать.....	32
12.3. Модель .....	33
12.4. Устройства.....	33
12.5. Евас .....	34
12.6. Выходные данные .....	34
12.7. FDS.....	34
13. Создание этажей и добавление подложки.....	37
14. Загрузка файла CAD .....	39
15. Сетки.....	39
16. Зона давления.....	42
17. Реакции .....	43
18. Материал .....	46
19. Поверхности.....	50
19.1. Адиабатический.....	50
19.2. Инертный.....	51
19.3. Горелка.....	51
19.4. Нагреватель/охладитель .....	54
19.5. Приток .....	54
19.6. Выпуск .....	57
19.7. Вентилятор .....	57
19.8. Многослойный.....	58
19.9. Утечка воздуха .....	61

19.10. OPEN.....	61
19.11. MIRROR .....	61
20. Модель .....	61
20.1. Группы .....	62
20.2. Контекстное меню объектов .....	62
20.3. Свойство «Сглаживание».....	63
20.4. Свойство «Расширить» .....	64
21. Препятствие .....	64
22. Вентиляционное отверстие.....	67
23. Элемент управления .....	69
24. Частицы .....	73
25. Выходные данные .....	77
25.1. Измерения в твердой фазе .....	78
25.2. Плоскости .....	78
25.3. Граничные величины.....	80
25.4. Изоповерхности .....	81
25.5. Трехмерные данные.....	82
25.6. Статистика.....	84
26. Устройства.....	85
26.1. Аспирационная система.....	85
26.2. Измеритель в газовой фазе .....	86
26.3. Измеритель в твердой фазе.....	89
26.4. Термопара .....	89
26.5. Измеритель потока.....	90
26.6. Измеритель скорости выделения тепла .....	90
26.7. Зонный измеритель.....	91
26.8. Световой измеритель.....	91
26.9. Датчик измерения повреждений кабеля .....	91
26.10. Тепловой измеритель .....	92
26.11. Дымовой измеритель.....	93
26.12. Спринклер .....	94
26.13. Форсунка .....	98
27. Запуск на расчет.....	99
28. Работа с программой SmokeView.....	102
28.1. Введение .....	102
28.2. Загрузка данных для просмотра .....	102
28.3. Настройка вида сцены.....	104
28.4. Управление сценой .....	110
29. Численная обработка результатов .....	111
29.1. Работа с fds2ascii.....	111
29.2. Работа с «СИТИС: Фламмер 3».....	114
30. Примеры работы в PyroSim, SmokeView и «СИТИС: Фламмер 3» .....	117
30.1. Горение с заданной скоростью тепловыделения .....	117
30.2. Использование препятствий, проемов и вентиляционных отверстий для задания геометрии .....	128
30.3. Использование нескольких сеток.....	150
31. Список литературы.....	163
32. Информационная поддержка программы CFAST в Интернетe:.....	164
33. Приложение № 1. Параметры источников пожара.....	165

## 1. Введение

В целях реализации Федерального закона «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ) 22 июля 2008 г. принят Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ, которым введено понятие и значение допустимого пожарного риска [10].

Величина индивидуального пожарного риска, установленного Федеральным законом №123-ФЗ, не должна превышать значение  $10^{-6}$  в год при размещении отдельного человека в наиболее удалённой от выхода из здания, сооружения и строения точке.

Порядок проведения расчётов пожарного риска определяется методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 №382), с учетом приказа МЧС России от 12.12.2011 г. № 749 «О внесении изменений в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС от 30.06.2009 №382». Оценку пожарного риска проводят на основе расчёта воздействия на людей поражающих факторов пожара и принятых мер по снижению их возникновения и последствий.

Мерой воздействия опасных факторов на людей является соотношение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и временем эвакуации. Время блокирования путей эвакуации рассчитывается с помощью математических моделей, описанных в приложении 6 методики. Одной из программ, реализующих полевою модель, является программа FDS.

Данный документ показывает возможность применения для расчета времени блокирования путей эвакуации программы FDS, разработанной Национальным институтом стандартов и технологий США.

В документе предоставлены данные по валидации программы, приведены описания модели, графического интерфейса PyroSim, программы для визуализации SmokeView, программы для обработки данных и создания отчета «СИТИС: Фламмер 3». Кроме того, представлены примеры использования FDS для расчета времени блокирования с использованием всех перечисленных программ.

## 2. Термины и определения

**валидация модели** - процесс определения правильности допущений и основных уравнений метода.

**полевая модель** – математическая модель расчета тепломассопереноса при пожаре, в основе которой лежит система уравнений в частных производных.

**допустимый пожарный риск** - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.

**индивидуальный пожарный риск** - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

**методика ВНИИПО** – «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 №382)» [3].

**модель методики ВНИИПО** – полевая модель расчета тепломаоопереноса при пожаре, описанная в Приложении 6 методики ВНИИПО.

**необходимое время эвакуации** - время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

**опасные факторы пожара** - факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

**пожарный риск** - мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

**эвакуационный путь (путь эвакуации)** - путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

**эвакуация** - процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара.

### 3. Обозначения

$D$  - диффузивность

$D_m$  – дымообразующая способность

$f_b$  – внешняя сила

$g$  – ускорение свободного падения

$H_f$  – удельная массовая теплота сгорания топлива

$h_s$  – энтальпия смеси газов

$k$  – коэффициент теплопроводности

$L$  – выделение газа

$M$  – молярная масса

$p$  - давление

$q$  – тепловой поток

$t$  – время

$T$  – температура

$u$  – скорость

$v$  – скорость распространения пламени

$w$  – молярная масса

$Y$  – доля компонента

$\eta$  - коэффициент полноты сгорания

$\mu$  - динамическая вязкость

$\rho$  - плотность

$\nu$  - стехиометрический коэффициент

$\psi$  - удельная скорость выгорания

## 4. Модель FDS

### 4.1. Тип модели

**FDS (Fire Dynamic Simulator)** реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. FDS численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре. Модель представляет собой систему уравнений в частных производных, включающую уравнение сохранения массы, момента и энергии, и решается на трехмерной регулярной сетке. Тепловое излучение рассчитывается методом конечных объемов на этой же сетке. Для моделирования движения дыма, спринклеров и распыла топлива используются лагранжевы частицы.

На сегодняшний день приблизительно половина приложений модели служит для проектирования систем управления дымом и изучения активации спринклеров и детекторов. Другая половина служит для восстановления картины пожара в жилых и промышленных помещениях. Основной целью FDS на протяжении своего развития было решение прикладных задач пожаробезопасности и в тоже время обеспечение инструментом для изучения фундаментальных процессов при пожаре.

Для удобства использования FDS применяются дополнительные программы:

**PyroSim** – графический интерфейс для программы FDS, разработанный компанией Thunderhead. Программа упрощает ввод и анализ исходных данных, облегчает процесс построения модели.

**Smokeview** – программа, созданная для визуализации данных расчета FDS. Она позволяет наглядно увидеть распространение дыма, пламени, поля температур и других величины.

«**СИТИС: Фламмер 3**» – программа-постобработчик для программы FDS, разработанный компанией СИТИС. Программа упрощает обработку результатов моделирования, позволяет быстро определить время блокирования путей эвакуации, создает отчет, а также переводит результаты расчета FDS в вид, совместимый с другими программами комплекса «СИТИС: Спринт».

### 4.2. Развитие модели

Первая версия FDS официально была выпущена в феврале 2000 г, вторая – в декабре 2001 г, третья – в ноябре 2002 г, четвертая - в июле 2004 г. Последняя версия FDS, пятая, была выпущена в октябре 2007 года. Выпуск шестой версии планируется в 2011 году.

Программа разрабатывается Лабораторией строительных и пожарных исследований (BFRL) Национального института стандартов и технологий США.

Вклад в исследования и развитие модели внесли сотрудники Комиссии по ядерному регулированию США (NRC), Центра научно-технических исследований Финляндии (VTT), Общества инженеров по пожарной безопасности (SFPE) и др.

Программы FDS и Smokeview распространяются бесплатно и имеют открытый код, который может быть свободно модифицирован любым пользователем [20]. Программы PyroSim и «СИТИС: Фламмер 3» являются коммерческим продуктом.

#### 4.3. Основные зависимости

Математическая модель FDS базируется на использовании дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих пространственно-временное распределение температуры и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов газовой среды (кислорода, продуктов горения и т.д.), давлений и плотностей.

Закон сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = \dot{m}_b''' \quad (4.1)$$

Закон сохранения момента импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{g} + \mathbf{f}_b + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij} \quad (4.2)$$

где тензор вязких напряжений

$$\boldsymbol{\tau}_{ij} = \mu \left( 2 S_{ij} - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right) ; \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} ; \quad S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (4.3)$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h_s) + \nabla \cdot \rho h_s \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \dot{q}_b''' - \nabla \cdot \dot{\mathbf{q}}'' + \varepsilon \quad (4.4)$$

где теплоперенос

$$\dot{\mathbf{q}}'' = -k \nabla T - \sum_{\alpha} h_{s,\alpha} \rho D_{\alpha} \nabla Y_{\alpha} + \dot{\mathbf{q}}_r'' \quad (4.5)$$

а энергия рассеяния

$$\varepsilon \equiv \boldsymbol{\tau}_{ij} \cdot \nabla \mathbf{u} = \mu \left( 2 S_{ij} \cdot S_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \mathbf{u})^2 \right) \quad (4.6)$$

Уравнение состояния газа:

$$p = \frac{\rho \mathcal{R} T}{W} \quad (4.7)$$

Эти шесть уравнений имеют шесть независимых переменных: три компоненты скорости, плотность, температура и давление.

Закон сохранения отдельных компонент:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_{\alpha}) + \nabla \cdot \rho Y_{\alpha} \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_{\alpha} \nabla Y_{\alpha} + \dot{m}_{\alpha}''' \quad (4.8)$$

Важной проблемой для полевой модели является моделирование турбулентности. FDS имеет в своем распоряжении два метода – LES (Large Eddy Simulation) – масштабное моделирование вихрей - и DNS (Direct Numerical Simulation) – прямое численное моделирование.

DNS применяется в тех сценариях, где возможно непосредственное использование значений  $\mu$ ,  $k$  и  $D$ . Обычно такое возможно при размере численной сетки меньше 1 мм. В качестве модели сгорания в этом случае используется прямое моделирование смешения топлива и кислорода и моделирование реакции с конечной скоростью.

LES используется для моделирования диссипативных процессов (вязкость, теплопроводность, диффузивность), масштабы которых меньше размеров явно определенной численной сетки. Это значит, что параметры  $\mu$ ,  $k$ ,  $D$  в вышеприведенных уравнениях не могут использоваться непосредственно и заменяются выражениями, моделирующими их воздействие

$$\mu_{LES} = \rho (C_s \Delta)^2 \left( 2 \bar{S}_{ij} \cdot \bar{S}_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{\mathbf{u}})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.9)$$

$$k_{LES} = \frac{\mu_{LES} c_p}{Pr_t} \quad ; \quad (\rho D)_{t,LES} = \frac{\mu_{LES}}{Sc_t} \quad (4.10)$$

При использовании LES в качестве модели сгорания обычно используется модель доли в смеси (mixture fraction). «Доля в смеси» в данном смысле - скалярная величина, представляющая массовую долю одного или более компонентов газа в данной точке потока. По умолчанию рассчитываются два компонента смеси: массовая доля несгоревшего топлива и массовая доля сгоревшего топлива (т.е. продуктов сгорания).

Лучистый теплообмен включен в модель посредством решения уравнения переноса излучения для серого газа и, для некоторых ограниченных случаев, с использованием широкодиапазонной модели. Уравнение решается с помощью метода аналогичного методу конечных объемов для конвективного переноса, соответственно отсюда и название «метод конечных объемов» (FVM). При использовании приблизительно 100 дискретных углов вычисления лучистого теплообмена занимает примерно 20 % общего времени загрузки центрального процессора, небольшой расход задан уровнем сложности лучистого теплообмена. Коэффициенты поглощения сажей и дымом вычислены с помощью узкополосной модели RADCAL. Капли жидкости могут поглощать и рассеивать тепловое излучение. Это крайне важно при использовании распыляющих спринклеров, но имеет значение и для других спринклеров. Коэффициенты поглощения и рассеивания основаны на теории Ми.

Подробнее о математической модели FDS можно прочитать в Техническом руководстве [16].

#### 4.4. Валидация

Модель FDS подверглась подробным оценочным исследованиям, проводимыми специалистами Национального института стандартов и технологий США (NIST) и других организаций. Подробнее о валидации FDS можно прочитать в документе «Technical Reference Guide. Volume 3: Validation» [18].

Серия испытаний	Размеры помещений	Мощность пожара Топливо
Национальное бюро стандартов США (NBS) (испытание в стенде из одного помещения)	3,94 м x 2,26 м x 2,35 м	2,9-7 МВт Мебель
Центр научно-технических исследований Финляндии (VTT)	27 м x 14 м x 19м	2-4 МВт Гептан
Национальный научно-исследовательский совет США (NRC) и Национальный институт стандартов и технологий США (NIST)	21.7 м x 7,1 м x 3,8 м	0,35-2,2 МВт Жидкое топливо
Национальный научно-исследовательский совет США (NRC), научно-исследовательское общество «Factory Mutual Research Corporation (FMRC)» под руководством «Sandia National Laboratories (SNL)»	8 м x 12 м x 6 м	0,5 МВт Пропиленовая горелка
Национальное бюро стандартов США (NBS) (испытание в стенде из нескольких помещений)	100 м <sup>3</sup>	0,1-0,5 МВт Газовая горелка
Лаборатория FM (испытание в стенде из нескольких помещений)	200 м <sup>3</sup>	1 МВт Газовая горелка
Огневые испытания крупного масштаба в страховой лаборатории (UL) в Northbrook, Иллинойс.	37 м x 37 м с регулируемым потолком 30,5 м x 30,5 м	Гептан
Разрушение Всемирного торгового центра (WTC), Лаборатория строительства и огневых исследований в NIST		Гептан Гептан/толуол (60/40)
Исследования Стеклера, Квинтира и Ринкинена	2,8 м x 2,8 м x 2,13 м (высота)	Метановая горелка 30 см в диаметре, тепловыделение 31,6 кВт, 62,9 кВт, 105,3 кВт и 158 кВт
Национальное бюро стандартов (сейчас NIST), исследования Bernard McCaffrey температуры и профиля скоростей над горелкой		Квадратная метановая горелка с размером стороны 0,3 метра. Тепловыделение от 14 кВт до 57 кВт
Морская исследовательская лаборатория, Батимор, Мэриленд		Квадратная горелка размерами от 0,28 м до 0,70 м и ско-

		ростью тепловыделения от 50 кВт до 520 кВт.
Университет в Ольстере, Северная Ирландия. Измерение высоты пламени и теплового потока к тонкой стальной пластине		30 кВт, 45 кВт, 60 кВт
Национальный институт промышленной экологии и рисков во Франции (INERIS)	3.78 м 7.2 м 2.88 м	Выход водорода 1 г/с в течение 240 с
Серия испытаний малого масштаба в NIST		50 кВт, 75 кВт, 100 кВт, 150 кВт, 200 кВт, 300 кВт, 400 кВт, 500 кВт, 600 кВт

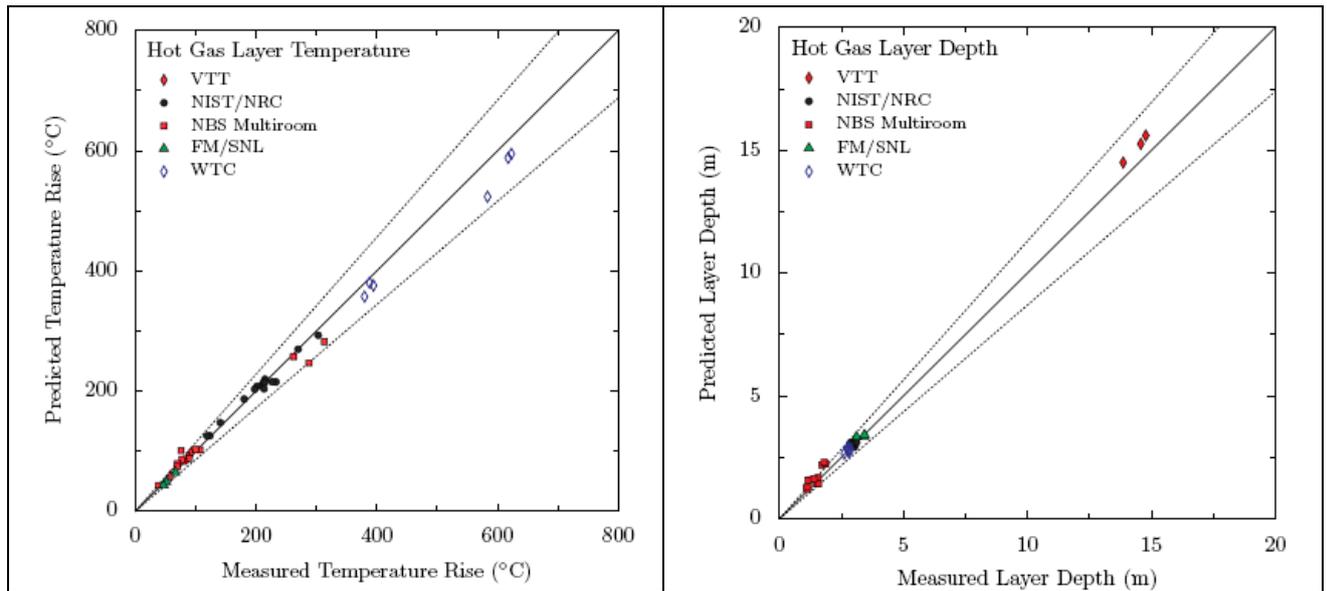
Усредненные величины экспериментальных погрешностей различных измерений:

<b>Измеряемый параметр</b>	<b>Величина погрешности, %</b>
Температура слоя горячих газов	14
Глубина слоя горячих газов	13
Температура припотолочной струи	16
Температура пламени	14
Концентрация газов	9
Концентрация дыма	33
Давление при вентиляции	80
Давление без вентиляции	40
Тепловой поток	20
Температура поверхности	14

По результатам обработки экспериментов и прогнозов сделаны следующие выводы:

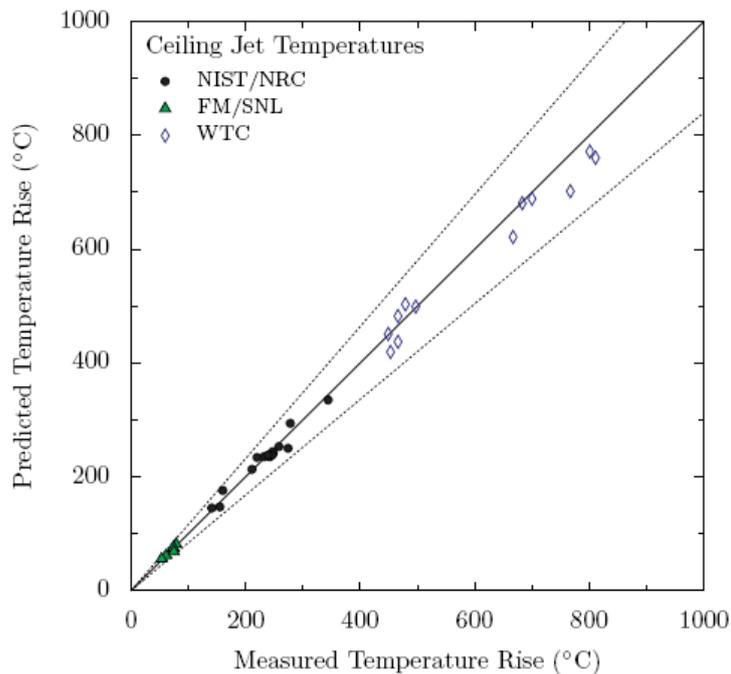
### Температура и глубина слоя горячих газов.

Прогнозы находятся в основном в пределах экспериментальной погрешности.



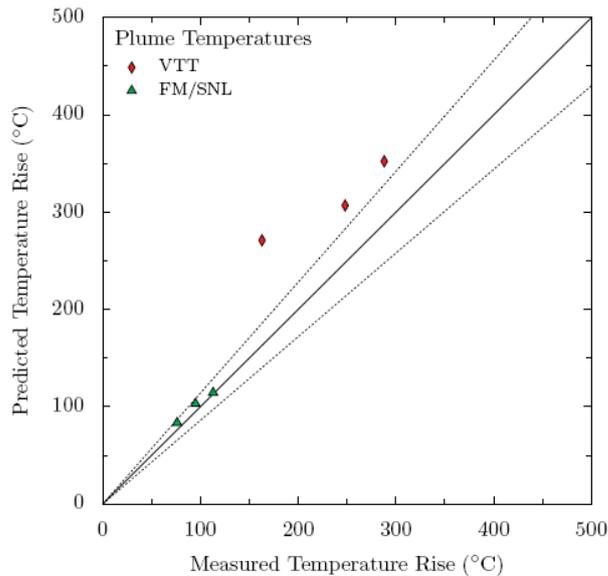
### Температуру припотолочной струи.

Прогнозы находятся в основном в пределах экспериментальной погрешности.



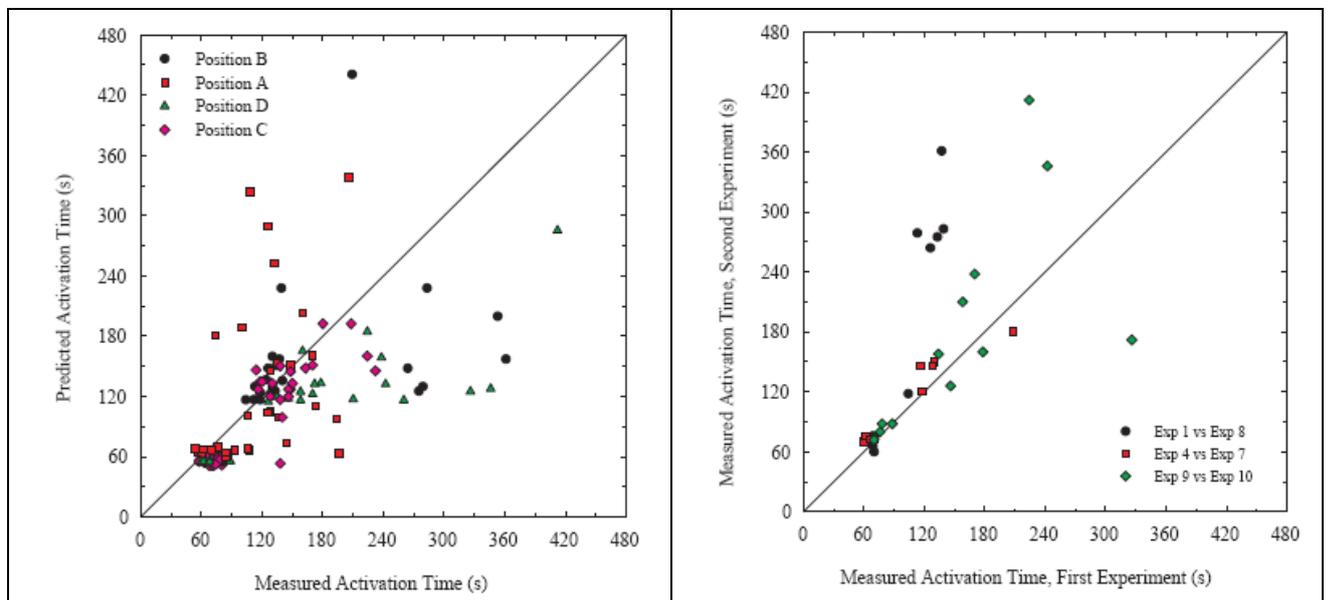
## Высота пламени.

Прогнозы по высоте пламени завышены.



## Активация спринклеров.

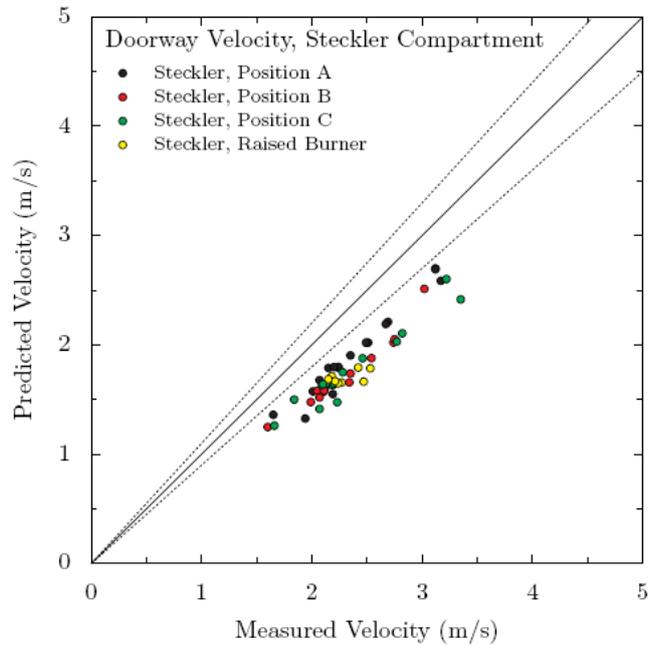
На графиках не указаны границы погрешности эксперимента, поскольку тяжело оценить влияние погрешности различных входных параметров модели. Например, уменьшение среднего диаметра капель с 1000 до 750 мкм приводит почти к 50% сокращению времени срабатывания спринклера из-за увеличения охлаждения меньших капель. Три эксперимента повторены, чтобы показать, как сильно меняются показания в процессе экспериментов.



## Скорость газов в проеме.

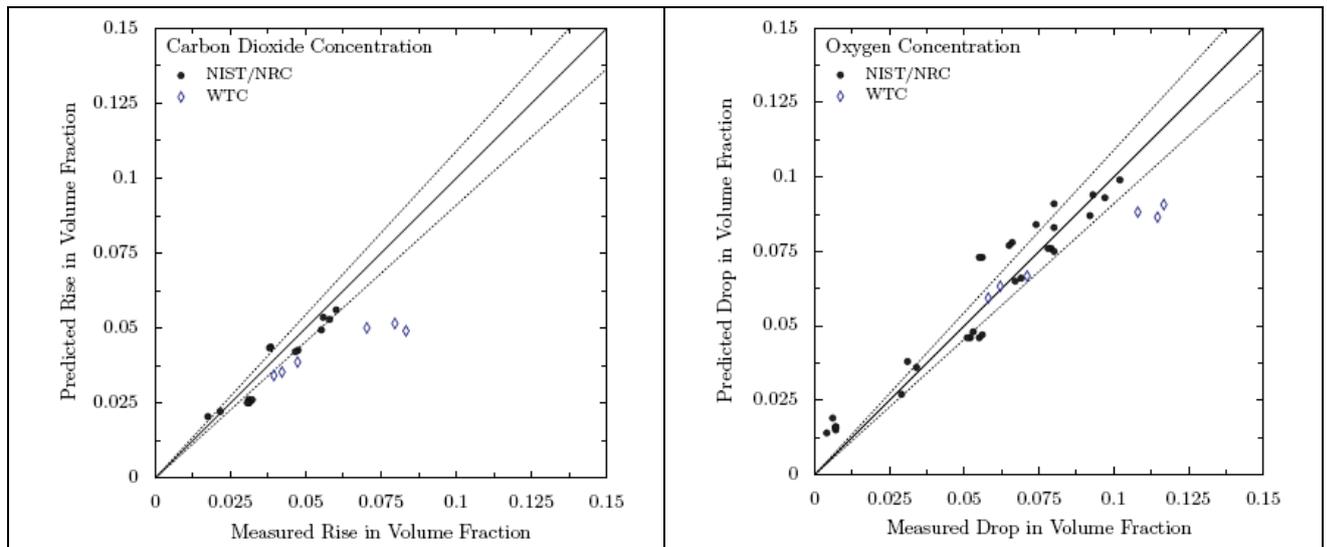
Прогнозы, сделанные программой, занижены.

Расчеты выполнялись на сетке с размером ячейки 5 см – разрешения оказалось недостаточно, чтобы уловить крутые градиенты скорости на границах проемов. Работа по изучению данной проблемы продолжается.



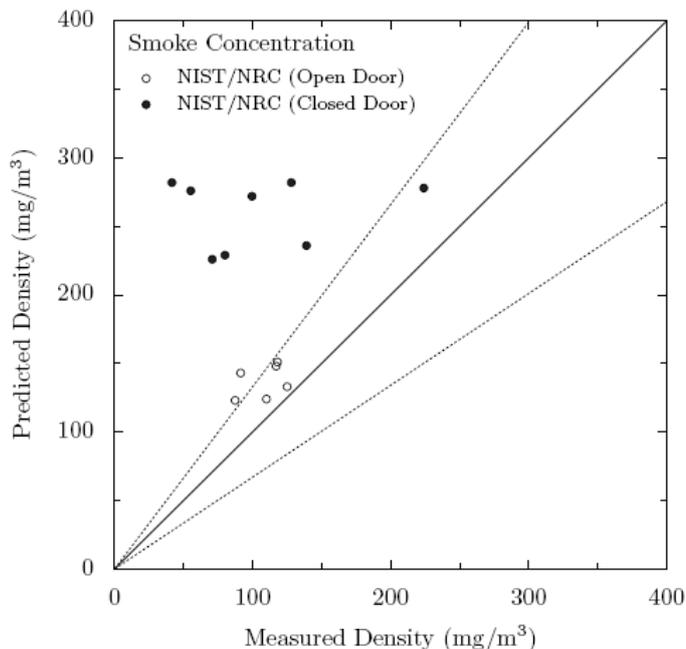
### Концентрация газов.

В хорошо вентилируемых пожарах предсказание  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  находятся в пределах экспериментальной погрешности. В плохо вентилируемых случаях предсказание  $\text{CO}$  завышено, а кислорода и топлива – занижены.



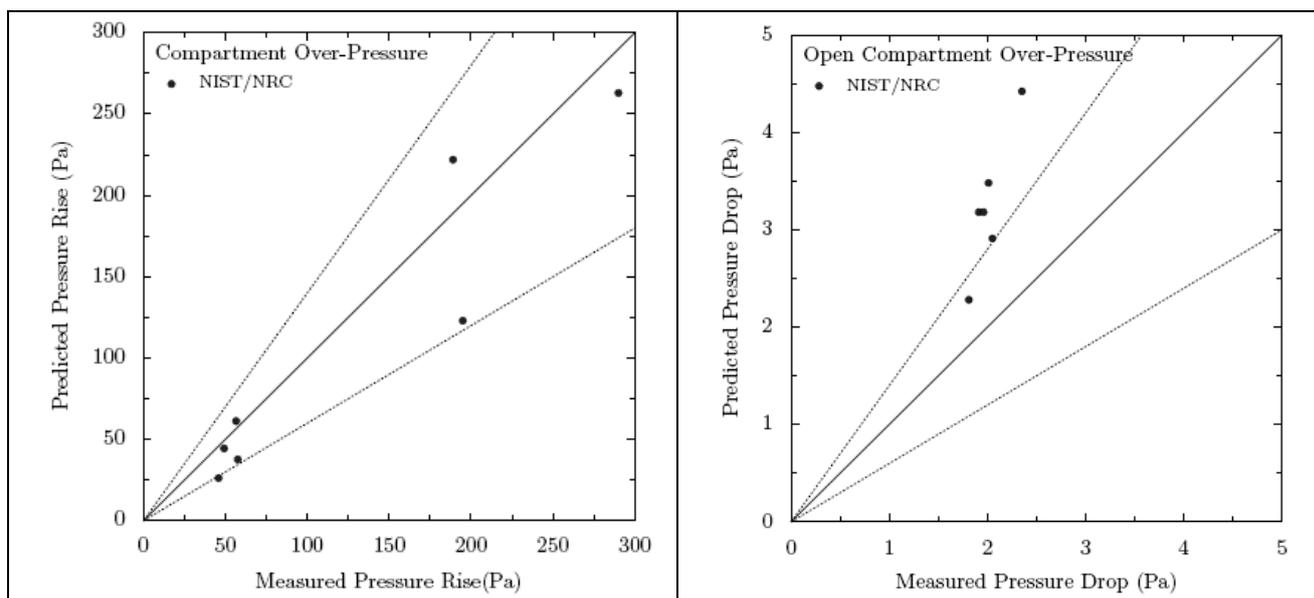
### Концентрация дыма.

При испытаниях «с открытой дверью» (в стенде, открытом в окружающее пространство) прогнозируемые значения концентрации дыма примерно на 50% больше экспериментальных, но, в целом, лежат в пределах экспериментальных погрешностей. В испытаниях «с закрытой дверью» (в изолированном стенде) прогнозируемые значения почти в три раза превышают экспериментальные [18].



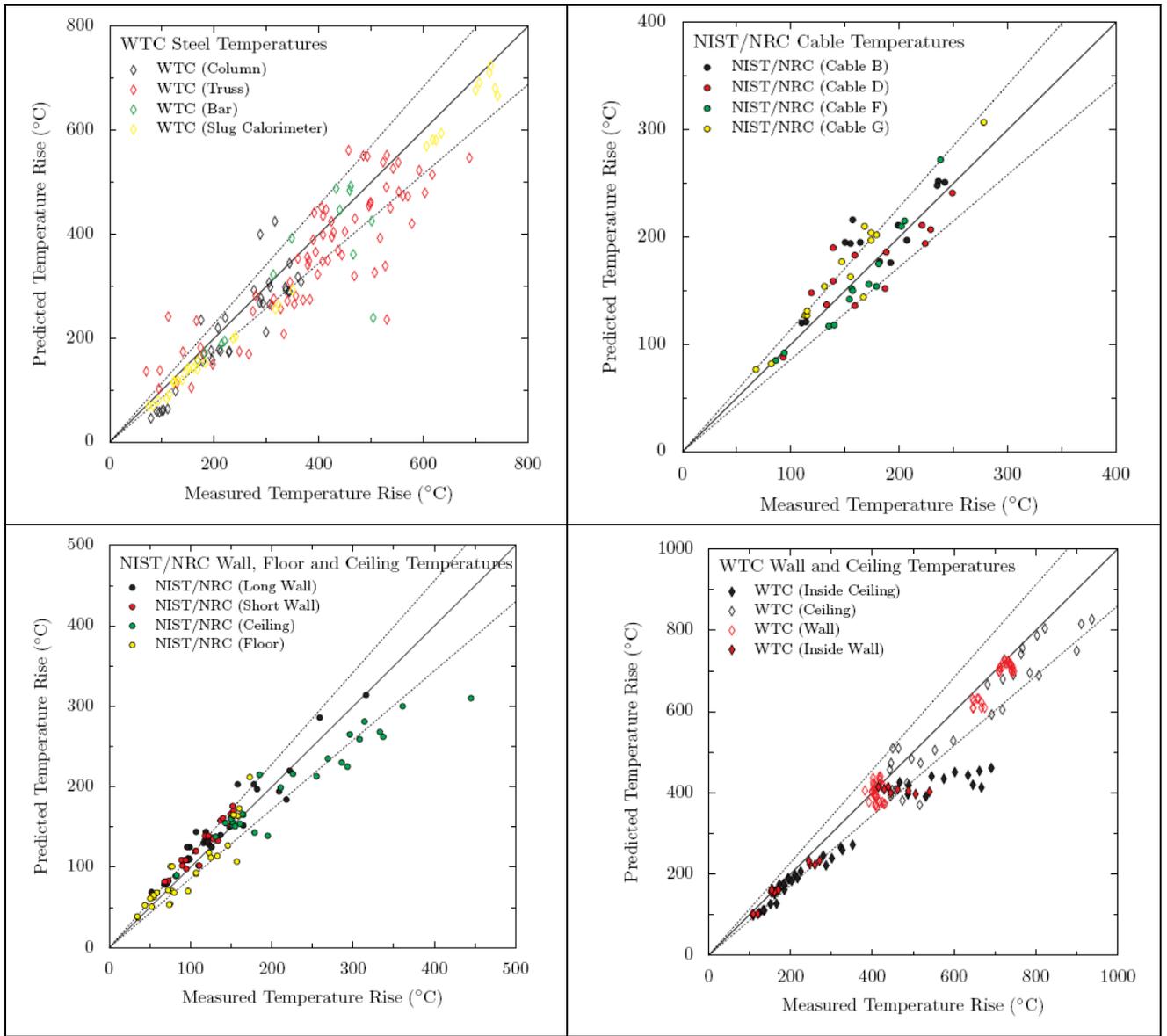
### Давление.

В тестах с «открытой дверью» избыточное давление составляет всего несколько паскалей, тогда как с «закрытой дверью» - несколько сотен паскалей. Давление в помещении измерялось в одной точке, возле пола.



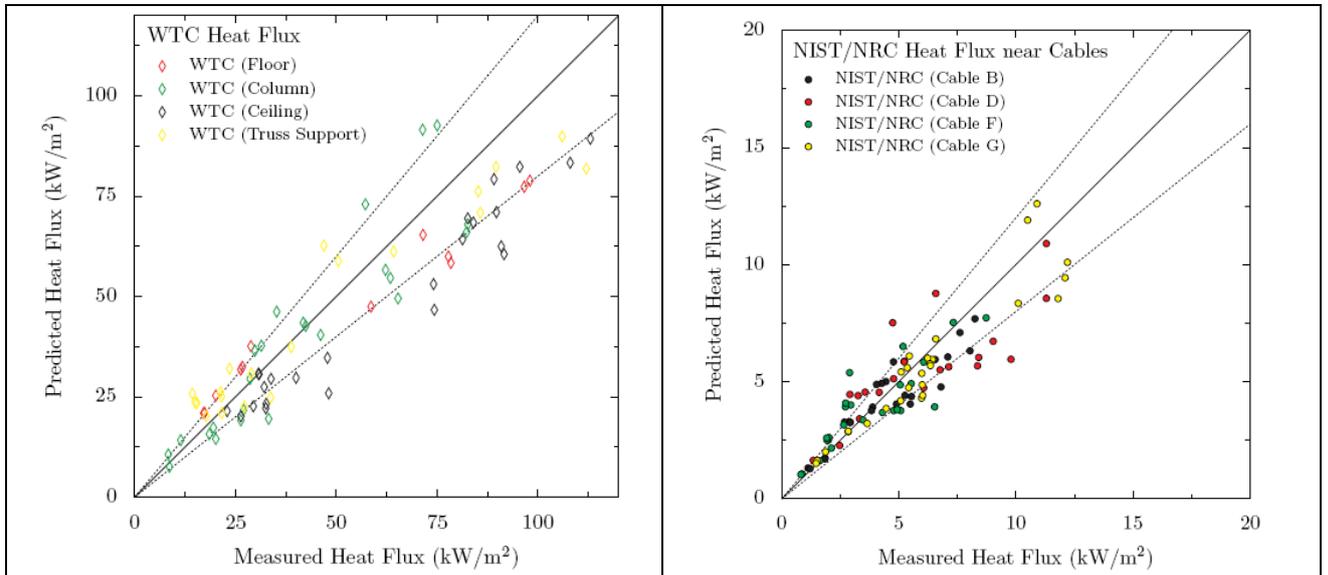
### Температура поверхности.

Далее приведены результаты измерений температуры стальной пластины, кабеля, потолка и стен в различных экспериментах. В большинстве случаев предсказанная температура поверхности лежит в пределах экспериментальной погрешности. Несколько заниженная температура наблюдается на потолке.



### Тепловой поток.

В целом предсказанные значения лежат в пределах погрешности. Результаты для потолка несколько занижены по сравнению с экспериментом.



Таким образом, прогнозы FDS согласуются с многочисленными исследованиями и экспериментальными данными, и это свидетельствует о том, что применение модели уместно для широкого спектра сценариев пожара.

#### **4.5. Область использования**

Полевая модель, реализованная в программе FDS, может быть использована для решения широкого спектра научных и прикладных задач тепломассопереноса при пожаре, например, для расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, огнестойкости конструкций, времени срабатывания спринклеров и датчиков и др.

Поскольку модель не требует предварительных допущений о структуре потока, она может использоваться для моделирования любых объемно-планировочных решений.

Программа ориентирована на расчет низкоскоростных потоков, следовательно, не предназначена для моделирования взрывов.

С учетом теоретических основ полевой модели и экспериментальных оценок при валидационных натурных испытаниях, программа FDS дает решение с достаточной инженерной точностью 15-20%.

#### **4.6. Требования к ресурсам**

Для эффективной работы в FDS требуется высокоскоростной центральный процессор и достаточный объем оперативной памяти. При минимальных технических требованиях система должна иметь 1 ГГц ЦПУ и, по крайней мере, 512 Мб оперативной памяти. Скорость центрального процессора определяет продолжительность вычисления, в то время как объем оперативной памяти определяет количество ячеек сетки, которое может быть сохранено в памяти. Большой жесткий диск необходим для сохранения результатов вычислений. Нередко один расчет занимает более гигабайта памяти на жестком диске.

Для работы Smokeview оперативной памяти должно быть не меньше 512 Мб - тогда компьютер может отображать результаты на диск без «свопинга». При использовании Smokeview также важно иметь видеокарту на ПК, который используется для отображения результатов вычислений FDS.

Для параллельных вычислений версия MPI (Интерфейс передачи сообщений) FDS будет работать через стандартную сеть 100 Мбит/с. В сети 1 Гбит или 1000 Мбит/с уменьшается время ожидания и улучшается передача данных между узлами.

Существуют версии FDS для различных операционных систем. FDS 5 рекомендуется использовать при версии Windows 2000 или выше; Mac - OSX10.4.x или выше; также можно использовать в различных версиях Unix/Linux.

Программы PyroSim и «СИТИС: Фламмер 3» работают в операционных системах Windows.

## 5. Исходные данные

В качестве исходных данных для расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара методика ВНИИПО приводит следующее:

1. Объемно-планировочные решения объекта [3]. В FDS это соответствует:

- 1.1. помещения свободной формы
- 1.2. проемы, соединяющие помещения.

2. Теплофизические характеристики ограждающих конструкций [3]. В FDS это соответствует:

- 2.1. описание теплофизических свойств материалов
- 2.2. описание материалов ограждающих конструкций.

3. Вид, количество и расположение горючих материалов [3]. В FDS это соответствует:

- 3.1. описание источника пожара.

4. Системы обнаружения и тушения пожара, противодымной защиты и огнезащиты [3]. В FDS это соответствует:

- 4.1. вентиляционные отверстия
- 4.2. спринклеры и датчики.

Здание исходных данных с помощью графического интерфейса PyroSim приведено в дальнейших разделах.

## 6. Работа с программами PyroSim, SmokeView, «СИТИС: Фламмер 3»

Результатом расчета в FDS становятся поля температур, скоростей, давлений, концентраций дыма и продуктов горения и других величин. Также выходными данными является время активации спринклеров, температура препятствий и ограждений, тепловые потоки, распределение капель и др.

Результаты расчета можно визуализировать с помощью программы Smokeview (для это предназначен файл \*.smv). Данная программа также разработана Национальным институтом стандартов и технологии США и применяется для визуализации расчетов [15].

Численные данные выводятся в файлы \*.csv и в специальные файлы FDS, которые с помощью программы fds2ascii можно конвертировать в \*.csv.

Программа «СИТИС: Фламмер 3» упрощает постобработку данных, позволяет строить графики опасных факторов пожара и создавать отчет. Кроме того, «СИТИС: Фламмер 3» обеспечивает совместимость результатов расчета FDS с результатами расчета в других программах комплекса «СИТИС: Спринт».

В следующих разделах описаны некоторые возможности программ FDS, PyroSim, SmokeView и «СИТИС: Фламмер 3».

Данный документ не является полноценным руководством пользователя. Он не содержит описания всех параметров, функций и возможностей программ. Документ служит только для облегчения работы с программами начинающим пользователям. В документе описа-

ны функции, которые могут быть интересны и полезны пользователям, начинающим изучение программ для моделирования распространения ОФП.

Ни разработчики программ, ни авторы документа не несут ответственности за результаты выполненных расчетов. Программа FDS должна применяться компетентными специалистами, способными оценить адекватность используемых данных и полученных результатов. Все указания на применение входных данных являются рекомендательными и применяются под ответственность исполнителя.

Более подробно о работе с программами PyroSim, FDS, Smokeview и «СИТИС: Фламмер 3» читайте в соответствующих руководствах пользователей [20,15,22].

## 7. Работа с программой PyroSim

В данном разделе описаны некоторые возможности программы PyroSim. Приведено описание рабочей области и инструментов программы PyroSim, описаны некоторые свойства объектов и устройств, способы задания входных и выходных данных.

Данный документ не является полноценным руководством пользователя. Он не содержит описания всех параметров, функций и возможностей программ. Документ служит только для облегчения работы с PyroSim начинающим пользователям. В документе описаны функции, которые могут быть интересны и полезны пользователям, начинающим изучение PyroSim для моделирования распространения ОФП.

Ни разработчики программ, ни авторы документа не несут ответственности за результаты выполненных расчетов. Программа FDS должна применяться компетентными специалистами, способными оценить адекватность используемых данных и полученных результатов. Все указания на применение входных данных являются рекомендательными и применяются под ответственность исполнителя.

Более подробно о работе с программами PyroSim, FDS и Smokeview читайте в соответствующих руководствах пользователей [20,15].

## 8. Структура работы с программой PyroSim

Построение модели в PyroSim включает в себя следующие шаги:

№	Шаг	Описание	Ссылки
1	Построение геометрии	Геометрия включает в себя: препятствия, отверстия, вентиляционные отверстия	20, 21, 22
2	Создание сеток	Сетка определяет границы расчетного домена и точность, с которой выполняются вычисления	15
3	Задание пожарной нагрузки	Пожарная нагрузка задается в три этапа: - описание реакции - создание поверхности - присвоение поверхности препятствию или вентиляционному отверстию	17 19 22
4	Описание вентиляции	Вентиляция, а также оконные проемы и связи с атмосферой, задаются вентиляционными отверстиями с соответствующей поверхностью	19
5	Создание датчиков	Создание устройств (датчиков) для измерения значения ОФП в точках	26
6	Задание выходных данных	Задание выходных данных для получения результатов расчета	25

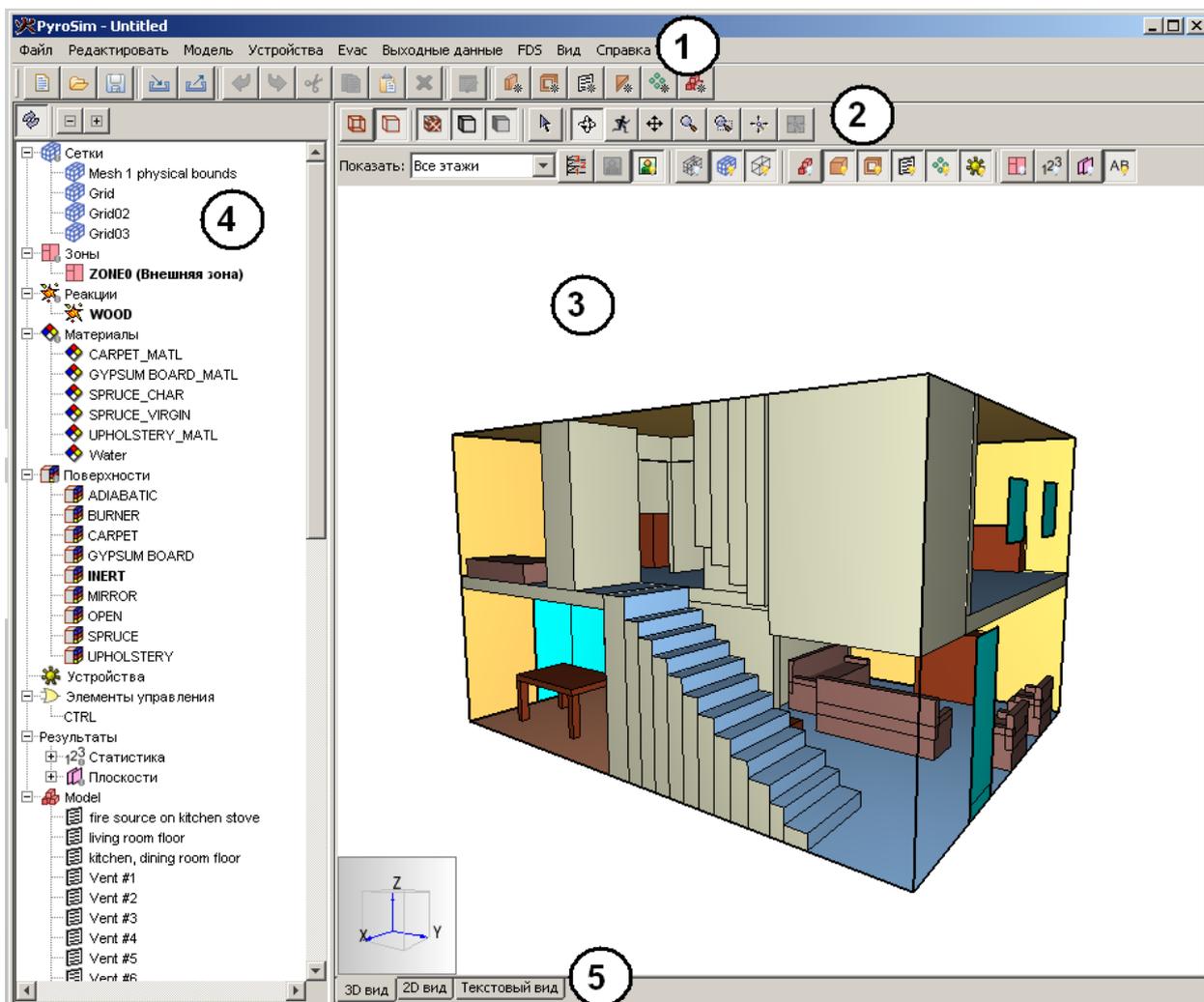
Данная таблица отображает лишь часть возможностей программ PyroSim и FDS, и описывает последовательность действий для создания простой модели для расчета ОФП в целях определения индивидуального пожарного риска.

Кроме перечисленных шагов, пользователь может задавать множество других данных.

## 9. Рабочее окно программы

Рабочее окно программы состоит из нескольких частей:

1. Главное меню
2. Панель инструментов
3. Рабочая область
4. Дерево объектов
5. Выбор вида модели



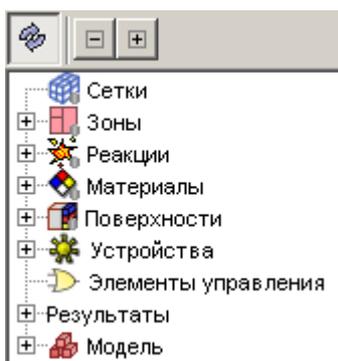
Большинство действий в программе можно выполнить различными способами: с помощью главного меню (1), контекстного меню, кнопок на панели инструментов (2).

В рабочей области (3) отображается внешний вид объектов и их расположение относительно друг друга. В рабочей области объекты можно создавать, редактировать, перемещать, удалять.

В рабочей области модель может отображаться (5) в 3D-виде, в 2D-виде (три вида: сверху, спереди и сбоку) и в текстовом виде (т.е. в том виде, в котором модель воспринимает FDS). Текстовый вид предназначен только для просмотра записей, в нем невозможно редактирование.

## 10. Дерево объектов

В дереве объектов находится список всех объектов модели, сгруппированных по категориям.



Развернуть категорию можно, щелкнув по символу . Свернуть обратно – щелкнув по символу . Кнопки   сверху дерева позволяют свернуть/развернуть все категории и группы сразу для всего дерева.

В дереве объектов можно вызвать контекстное меню для выполнения каких-либо действий с объектами.

Открыть окно редактирования свойств объекта можно двойным щелчком по объекту.

Подробнее о каждой категории дерева объектов в дальнейших разделах.

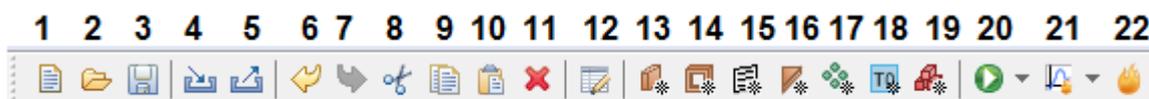
## 11. Панели инструментов (кнопки)

Панели инструментов находятся сверху над рабочим полем и слева от рабочего поля.

Верхние панели инструментов предназначены, в основном, для управления сценой и объектами, левая панель инструментов предназначена для рисования объектов.

### 11.1. Панель №1

Панель используется для управления проектом и работы с объектами.



Кнопки слева направо:

Кнопки управления проектом:

1. Создать проект
2. Открыть проект
3. Сохранить проект
4. Загрузить файл FDS
5. Экспортировать файл FDS
6. Отменить действие
7. Вернуть действие

Кнопки для работы с объектами:

8. Вырезать
9. Копировать
10. Вставить
11. Удалить
12. Открыть окно свойств
13. Создать препятствие
14. Создать отверстие
15. Создать вентиляционное отверстие
16. Создать плиту
17. Создать облако частиц
18. Создать область начальных значений
19. Создать группу.

Кнопки для работы с расчетом:

20. Запустить расчет
21. Показать график результатов
22. Запустить SmokeView для просмотра результатов

## 11.2. Панель №2

Панель управления видом объектов и управления сценой. С помощью нее можно настроить отображение объектов на сцене.

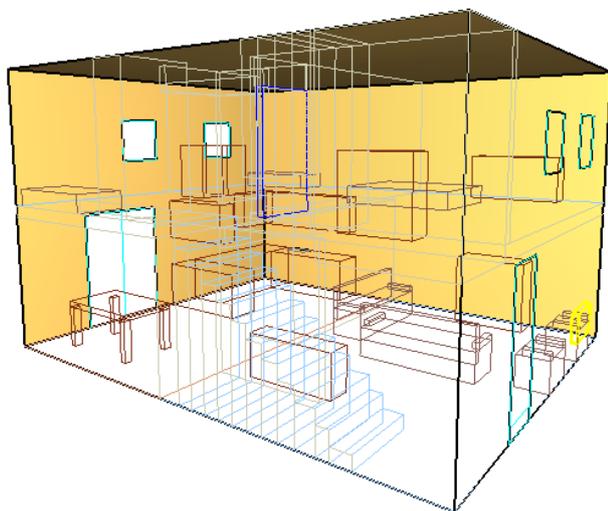


Вид сцены (в 2D-виде кнопок 1-3 нет):

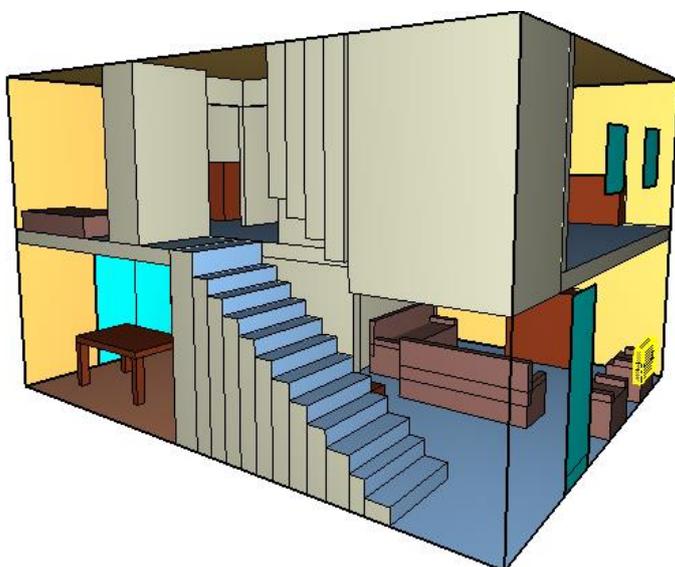
1. Вид сверху
2. Вид спереди
3. Вид сбоку

Вид объектов на сцене:

4. Показывать контур изображения



5. Показывать полное изображение



- 6. Показывать текстуры (доступна, если выбрана кнопка 5)
- 7. Показывать контуры объектов (доступна, если выбрана кнопка 5)

8. Мягкое освещение

Кнопки навигации и управления сценой:

- 9. Выбор объекта
- 10. Перемещение сцены
- 11. Масштаб
- 12. Масштабирование выбранной области
- 13. Показать всю модель
- 14. Показать выбранный объект
- 15. Выбор группы объектов

В 3-D-виде есть еще две кнопки:



1. Вид снаружи модели
2. Вид изнутри модели

### 11.3. Панель №3

Панель отображения объектов:

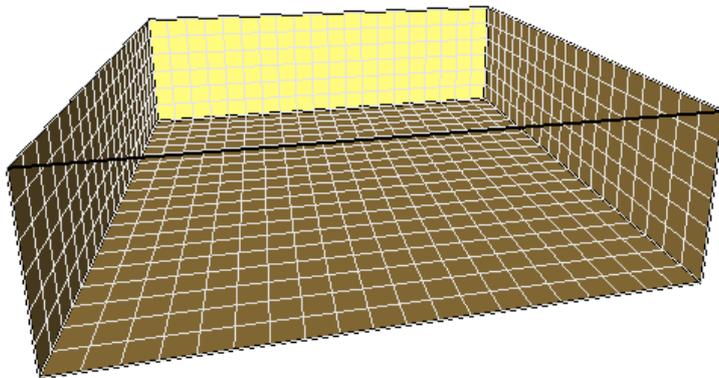


Работа с этажами:

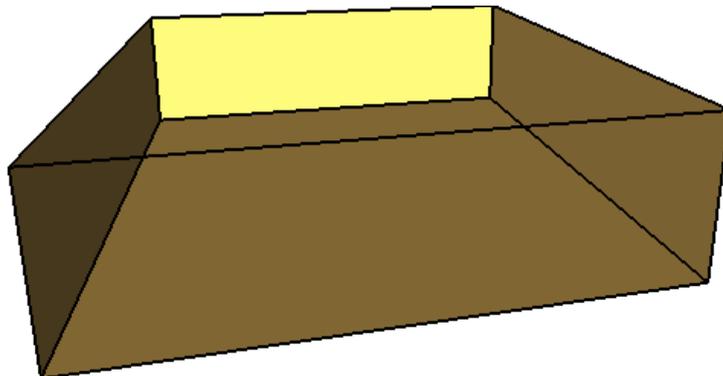
1. Выбор этажа для просмотра
2. Задание положения этажей
3. Создание подложки для этажа
4. Отображение подложки

Отображение сетки (кнопок 5-6 нет в 2D-виде):

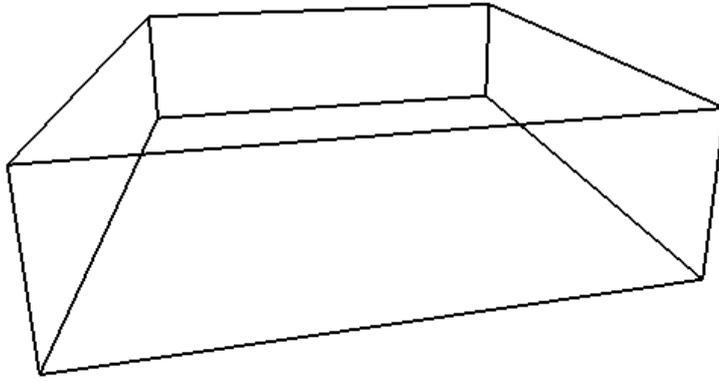
5. Показать ячейки сетки



6. Показать границы сетки



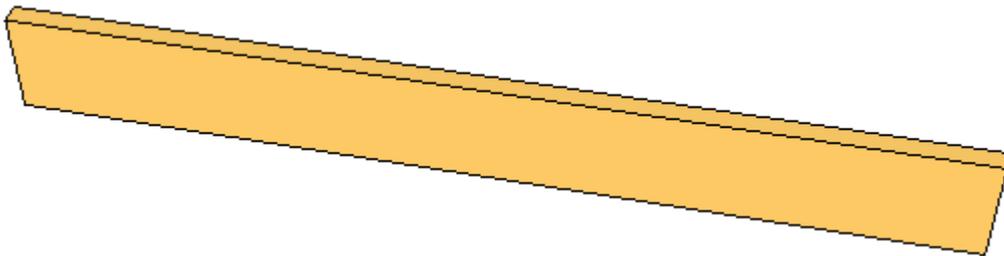
7. Показать контуры сетки



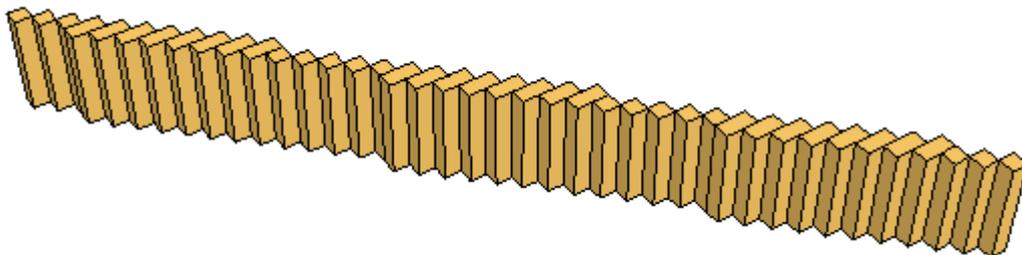
Управление отображением объектов:

8. Отображение блоков FDS (в FDS прямоугольная геометрия, т.е. все состоит из прямоугольников. Так что любые наклонные объекты в конечном итоге преобразуются в прямоугольники)

Вид стены при выключенной кнопке



При включенной



(имейте в виду, что преобразование в блоки зависит от сетки, и если сетка не создана, преобразовываться в блоки объект не будет)

9. Отображение препятствий
10. Отображение отверстий
11. Отображение вентиляционных отверстий
12. Отображение областей начальных значений
13. Отображение облаков частиц
14. Отображение устройств
15. Отображение зон
16. Отображение областей статистики
17. Отображение плоскостей
18. Отображение надписей
19. Отображение объектов, загруженных из CAD-файлов

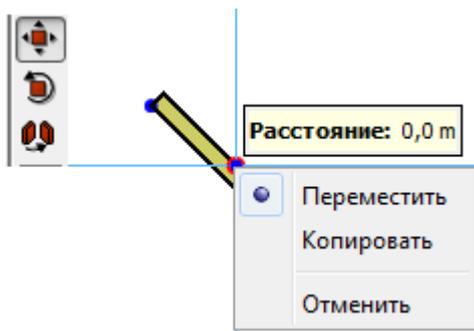
#### 11.4. Панель №4

Панель инструментов слева от рабочего поля предназначена для рисования объектов. В отличие от PyroSim 2011, в PyroSim 2012 рисовать объекты можно не только в 2D, но и в 3D.

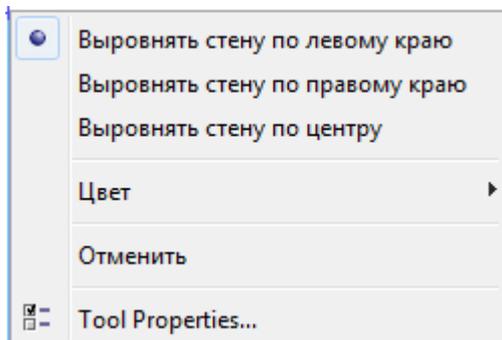
	1.	Переместить объект
	2.	Повернуть объект
	3.	Отразить объект
	4.	Нарисовать сетку
	5.	Разбить сетку
	6.	Нарисовать препятствие (плита)
	7.	Нарисовать отверстие
	8.	Нарисовать стену
	9.	Нарисовать отверстие в стене
	10.	Нарисовать блок (кубик, размером в одну ячейку сетки)
	11.	Нарисовать отверстие-блок (отверстие, размером в одну ячейку сетки)
	12.	Нарисовать вентиляционное отверстие
	13.	Нарисовать комнату (четыре стены – одним движением)
	14.	Нарисовать зону
	15.	Нарисовать область начальных значений
	16.	Нарисовать облако частиц
	17.	Нарисовать датчик
	18.	Нарисовать плоскость
	19.	Задать поверхность/цвет
	20.	Узнать поверхность/цвет
	21.	Линейка
	22.	Свойства инструментов

Комментарии к работе некоторых инструментов:

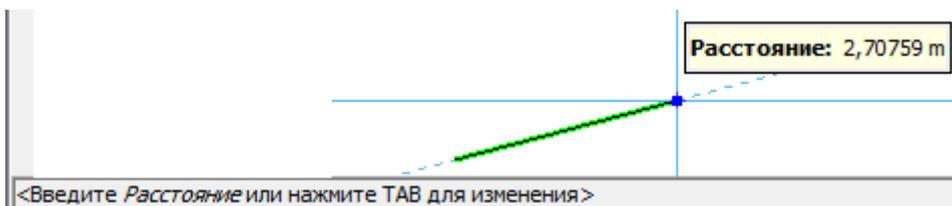
- При работе с инструментами 1-3 можно выбрать, копировать объект или работать с исходным. Для этого нужно кликнуть правой кнопкой мыши, и выбрать нужный вариант:



- Если кликнуть по кнопке 1 раз, то можно нарисовать только один объект. Если кликнуть дважды, то возле иконки появляется зеленая точка , и можно рисовать несколько объектов.
- При работе с инструментами в контекстном меню (кликнуть правой кнопкой мыши) можно выбрать дополнительные возможности, например:



- При рисовании объектов можно использовать координаты, размеры, относительные смещения. Для изменения режима рисования нажмите клавишу Tab и следуйте инструкциям в строке состояния:



- Кнопка 22 (свойства инструментов) становится активной после выбора какого-либо инструмента. Кнопка открывает окно для настройки свойств выбранного инструмента. Естественно, в зависимости от инструмента настраиваемые свойства будут отличаться.

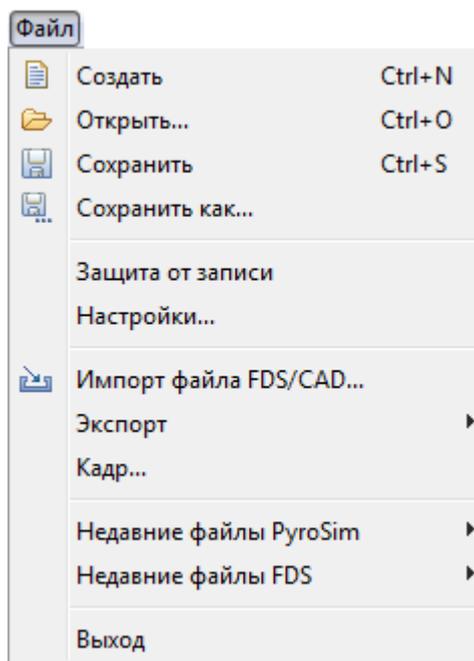
## 12. Главное меню

Главное меню содержит следующие разделы:

Файл Редактировать Модель Устройства Evas Выходные данные FDS Вид Справка

Значение многих команд и функций понятно без дополнительных пояснений. В следующих разделах названы/описаны только команды, требующие дополнительного пояснения.

## 12.1. Файл

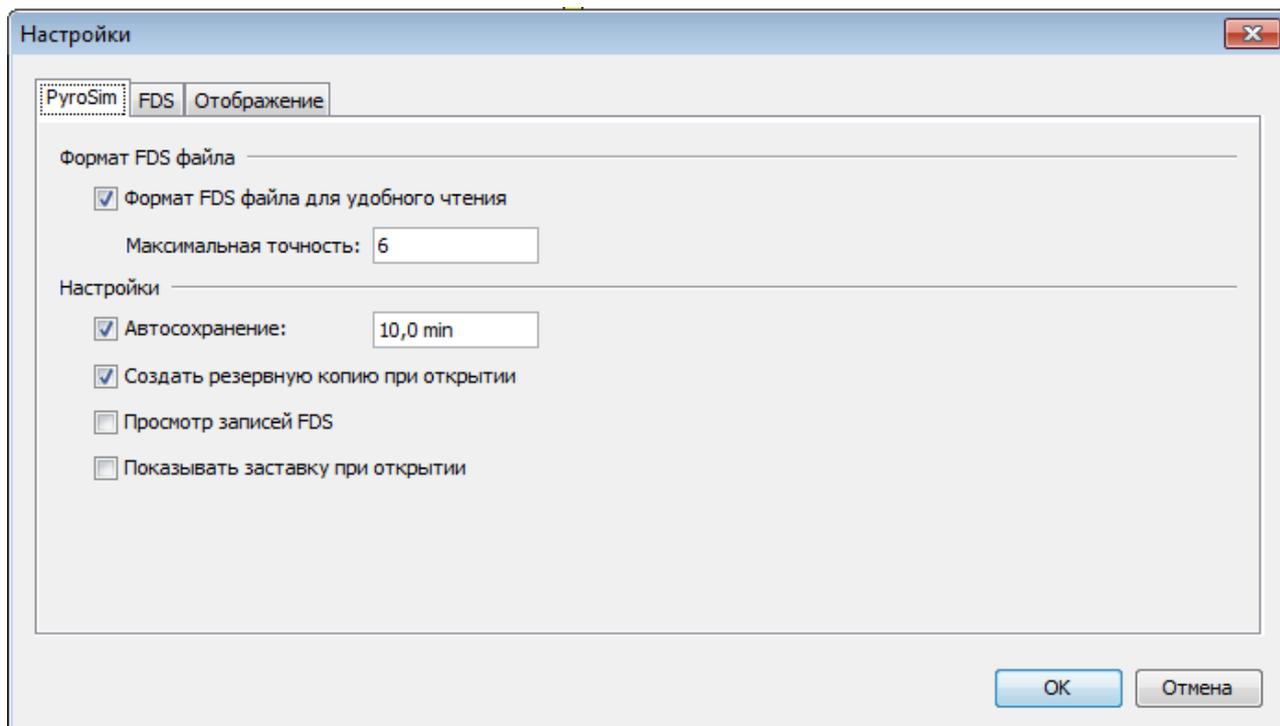


«Защита от записи» – позволяет задать/снять пароль на редактирование проекта.

«Импорт» и «Экспорт» – позволяют выполнить импорт/экспорт FDS-файлов, а также загрузку CAD-геометрии.

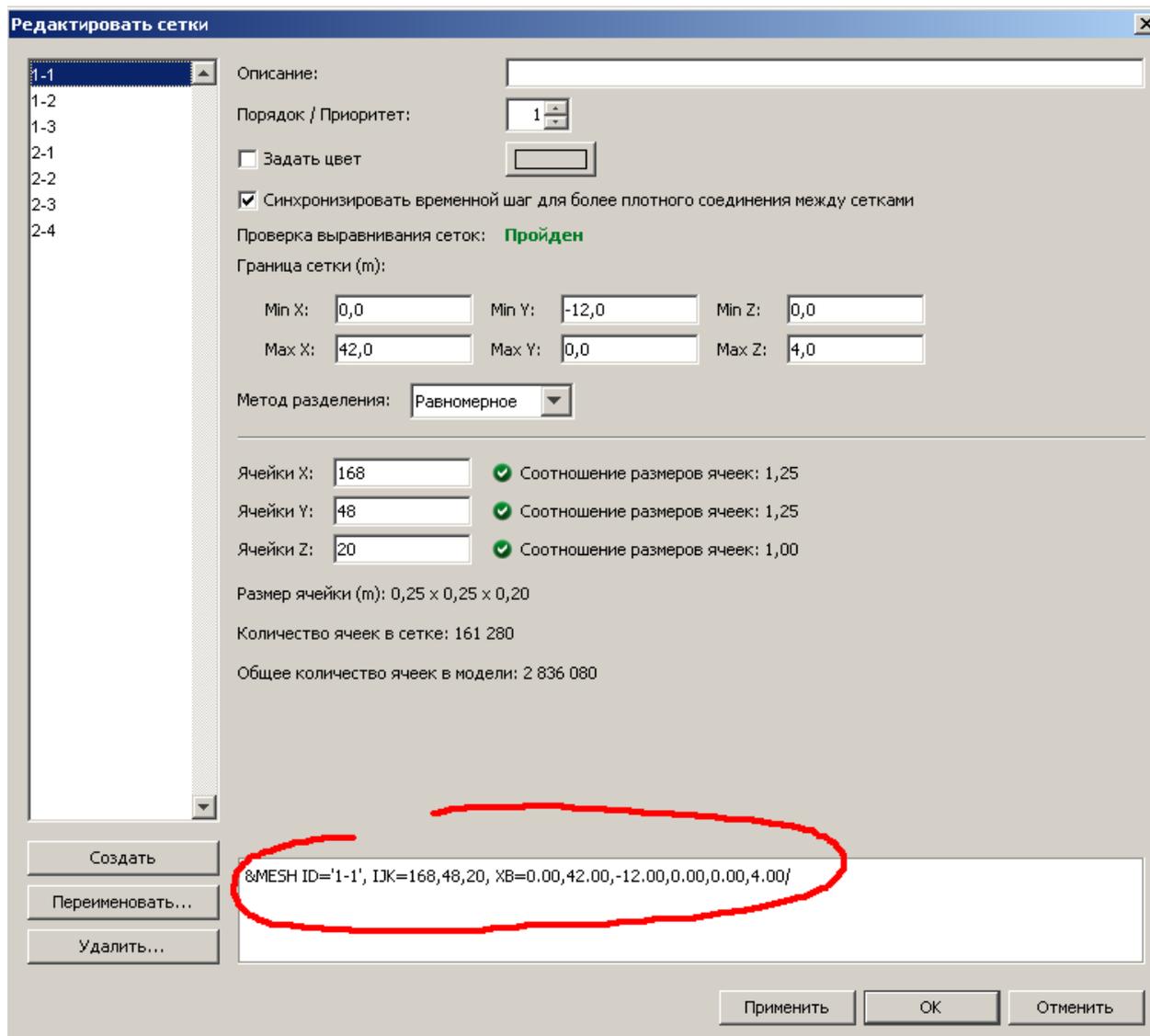
«Кадр» - сохранение настроенного вида сцены в виде рисунка.

Команда «Настройки» открывает следующее окно:



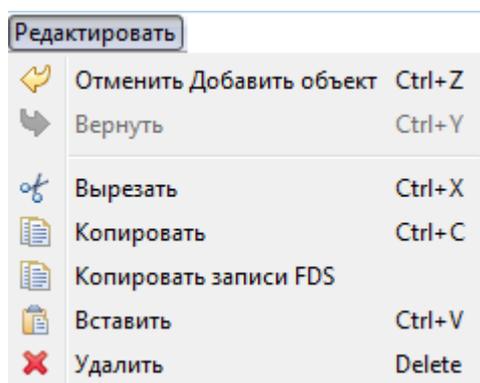
«Формат FDS для удобного чтения» имеет следующий смысл: без галочки запись чисел выполняется в экспоненциальной форме, с галочкой – с заданным максимальным количеством знаков после запятой.

«Просмотр записи» - в каждом окне свойств появится поле, в котором показаны, как то или иное свойство описывается строками FDS:



На вкладке «FDS» нужно указать, где хранится запускаемый файл FDS и SmokeView. При установке программы настройки выполняются автоматически, а вот если вы установили себе другую версию FDS самостоятельно, то может понадобится изменить настройки.

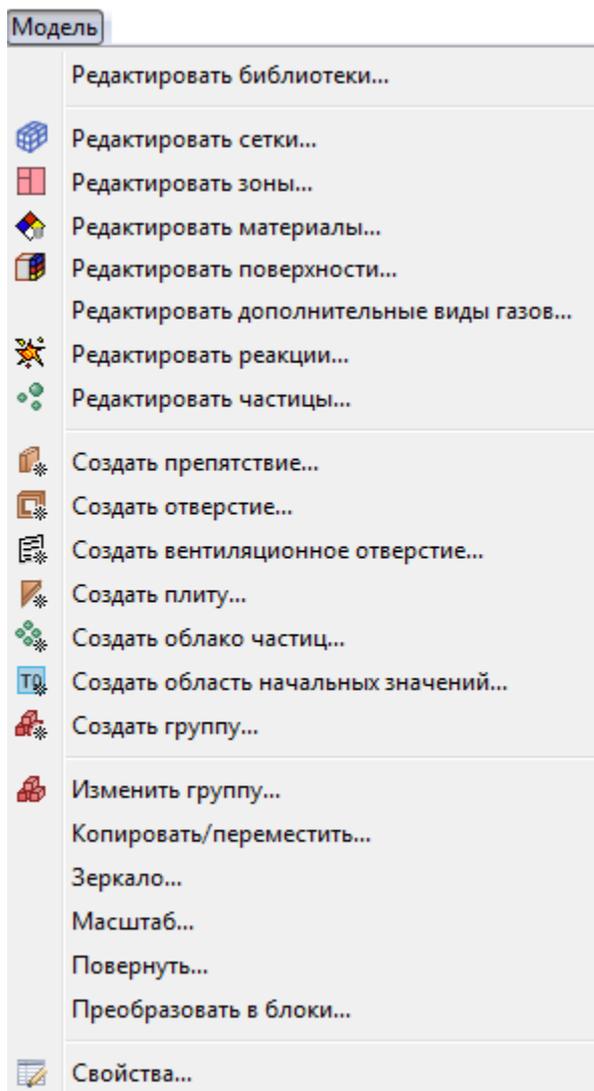
## 12.2. Редактировать



«Копировать запись FDS» (также доступна из контекстного меню) – сохранение в буфер обмена строки FDS для выделенных объектов.

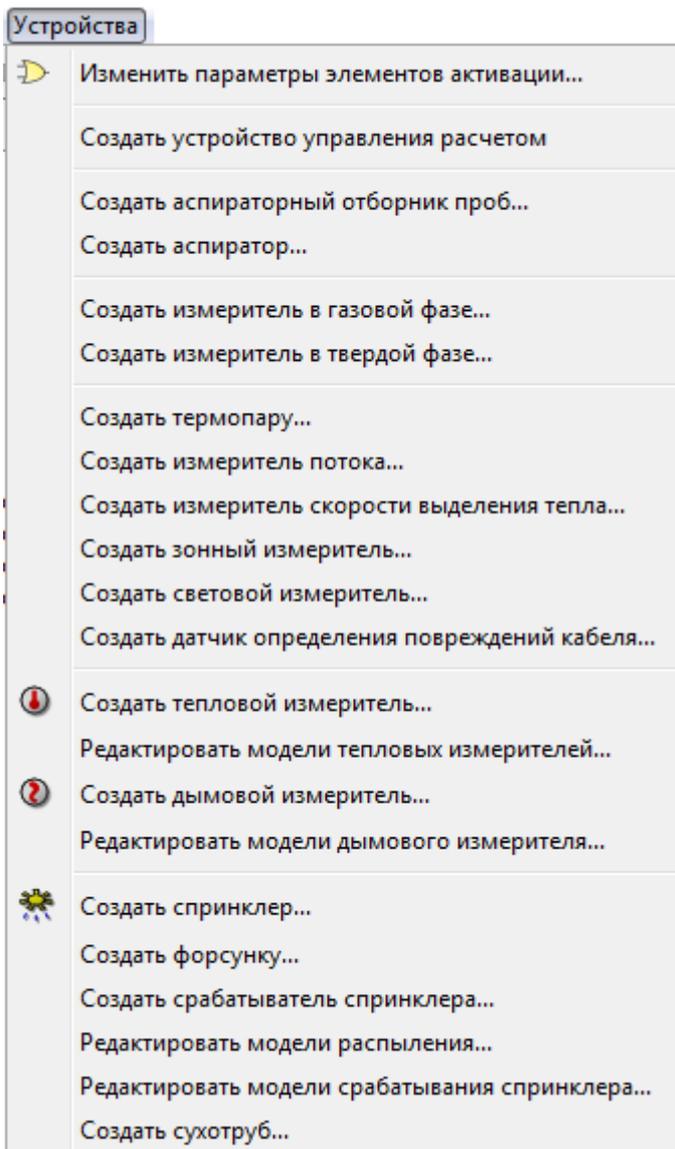
### 12.3. Модель

Из меню «Модель» можно открыть окно свойств для создания/редактирования объекта.



### 12.4. Устройства

В меню «Устройства» можно создать устройства и датчики. Подробнее об устройствах написано в разделе 26.

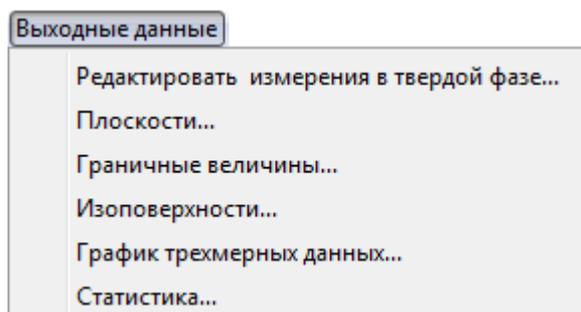


## 12.5. Evac

Модуль «Evac» отвечает за расчет эвакуации. Он требует отдельного изучения и в рамках этого документа не рассматривается.

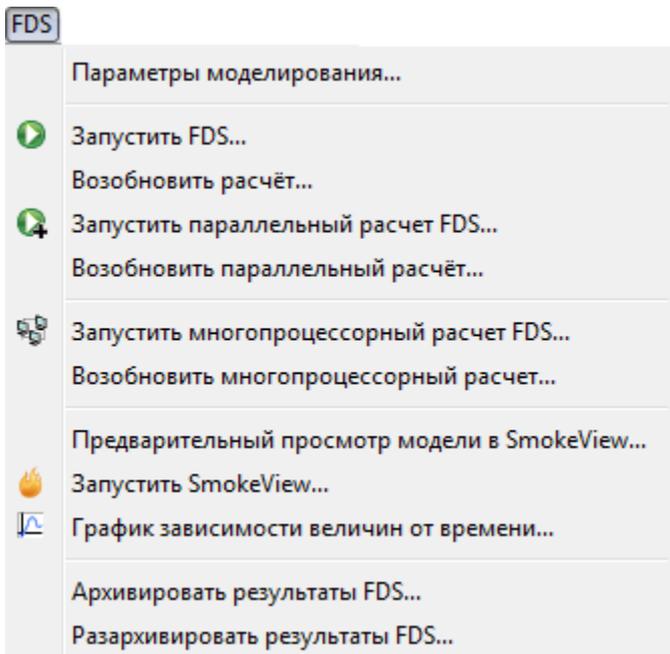
## 12.6. Выходные данные

Из меню «Выходные данные» можно создать выходные данные определенного типа. Подробнее о типах выходных данных в разделе 25.



## 12.7. FDS

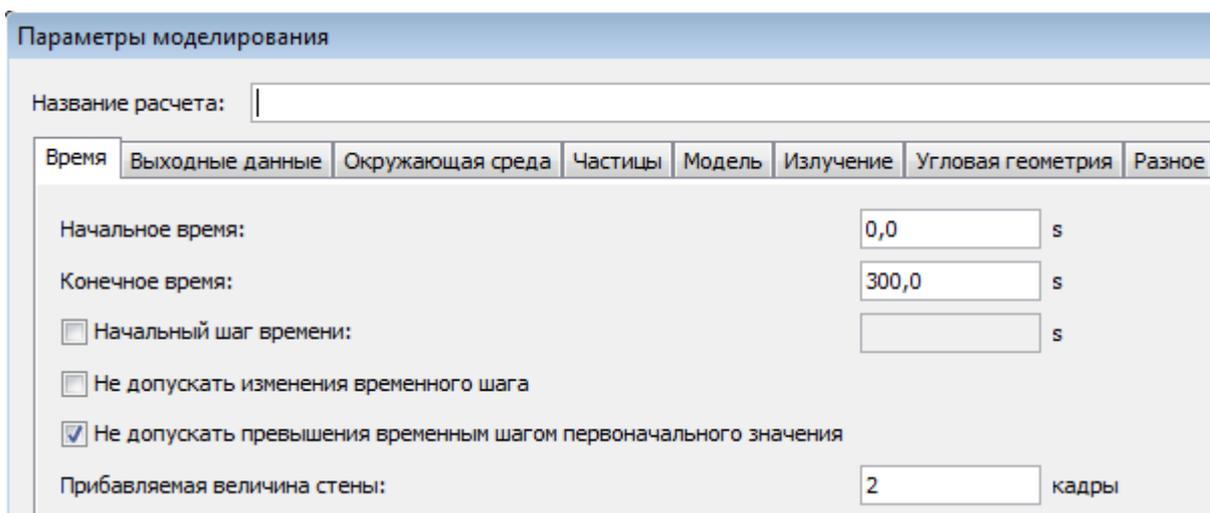
Меню «FDS» предназначено для запуска расчета и просмотра результатов.



В данном меню можно запустить/перезапустить однопроцессорный или многопроцессорный расчет FDS, запустить просмотр результатов в SmokeView или на графиках, архивировать или разархивировать результаты расчета.

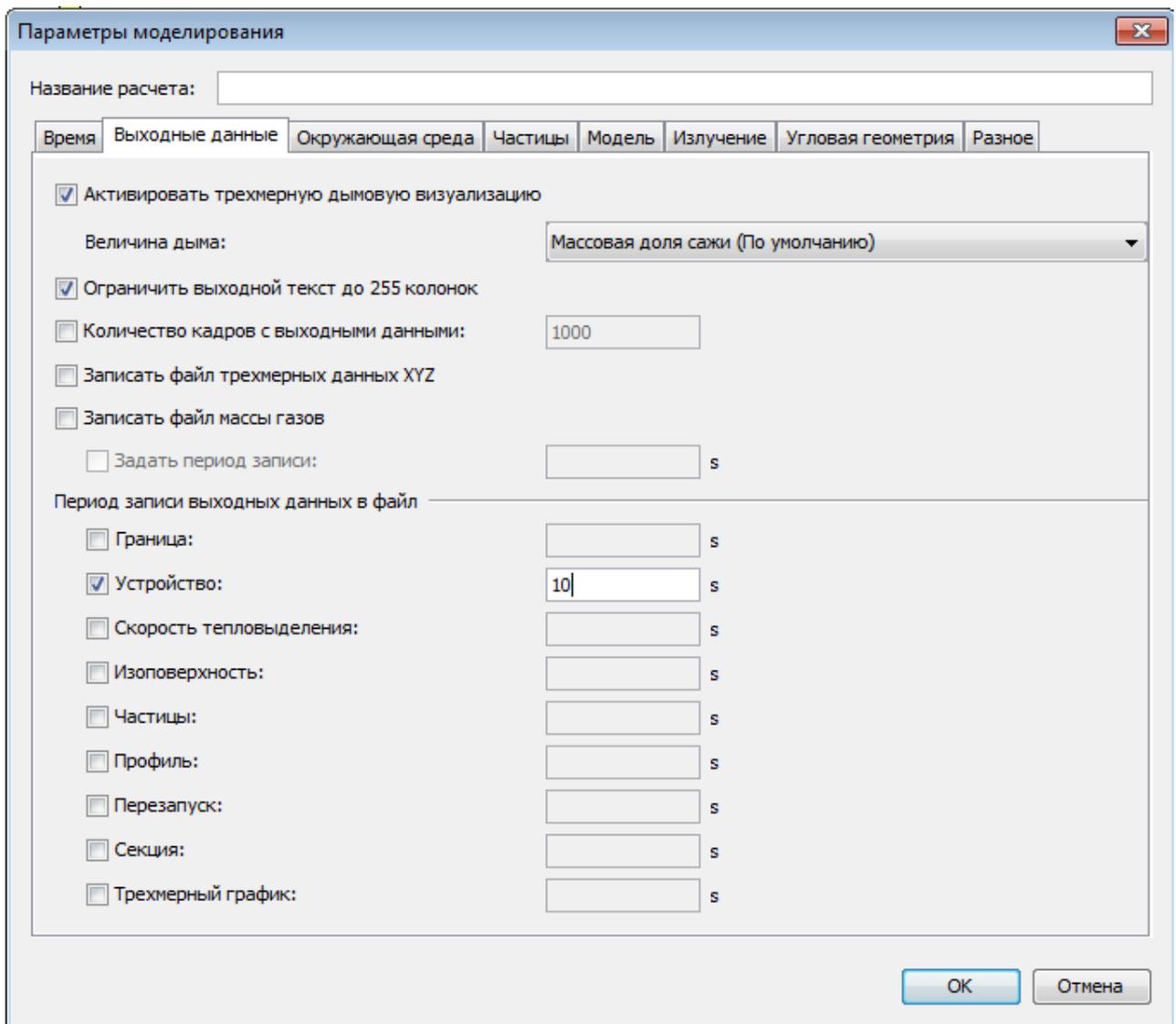
Отдельно нужно поговорить о «Параметрах моделирования». Ниже отмечены отдельные параметры, обязательные для задания в расчете. С остальными параметрами лучше придерживайтесь тактики: «не знаешь – не трогай».

На вкладке «Время» нужно обязательно указать значение «Конечное время» - это время расчета (не реальное время, а время в модели).



На вкладке «Выходные данные» можно указать период записи результатов в выходные файлы; иначе, период будет установлен по умолчанию.

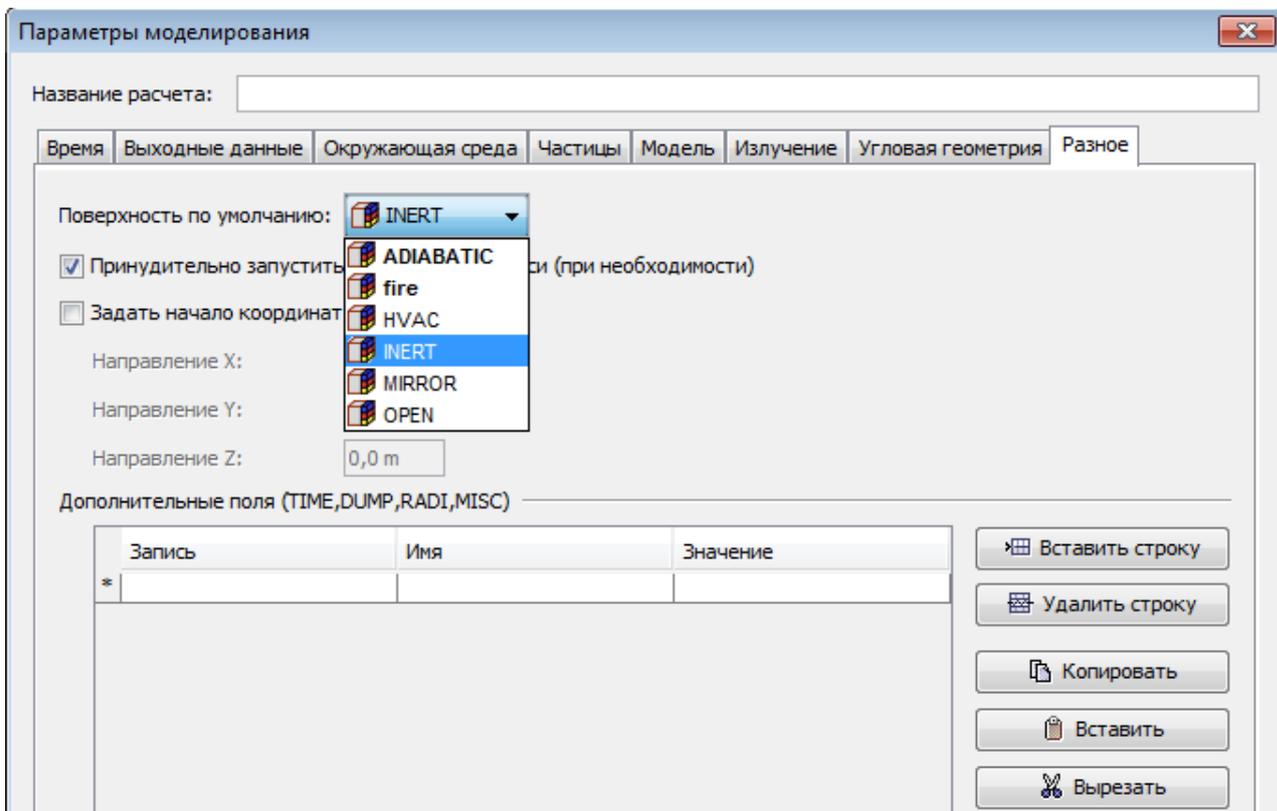
Рекомендуется установить частоту записи файлов перезапуска 60-120 секунд – это поможет избежать потери результатов при непредвиденном прерывании расчета (можно продолжить расчет с последнего файла перезапуска).



На вкладке «Окружающая среда» можно изменить параметры среды, заданные по умолчанию.

Вкладки «Частицы», «Модель», «Излучение» и «Геометрия» не нужны для начинающего пользователя.

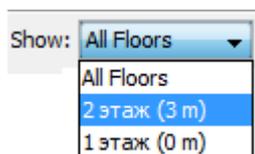
На вкладке «Разное» можно задать поверхность, используемую по умолчанию.



### 13. Создание этажей и добавление подложки

Этаж – пространство между двумя отметками по высоте (это даже не логическая группировка объектов, а просто визуальное выделение слоя пространства). Используется для удобства просмотра и работы, на расчет не влияет. На этаж можно добавить подложку для более удобного рисования.

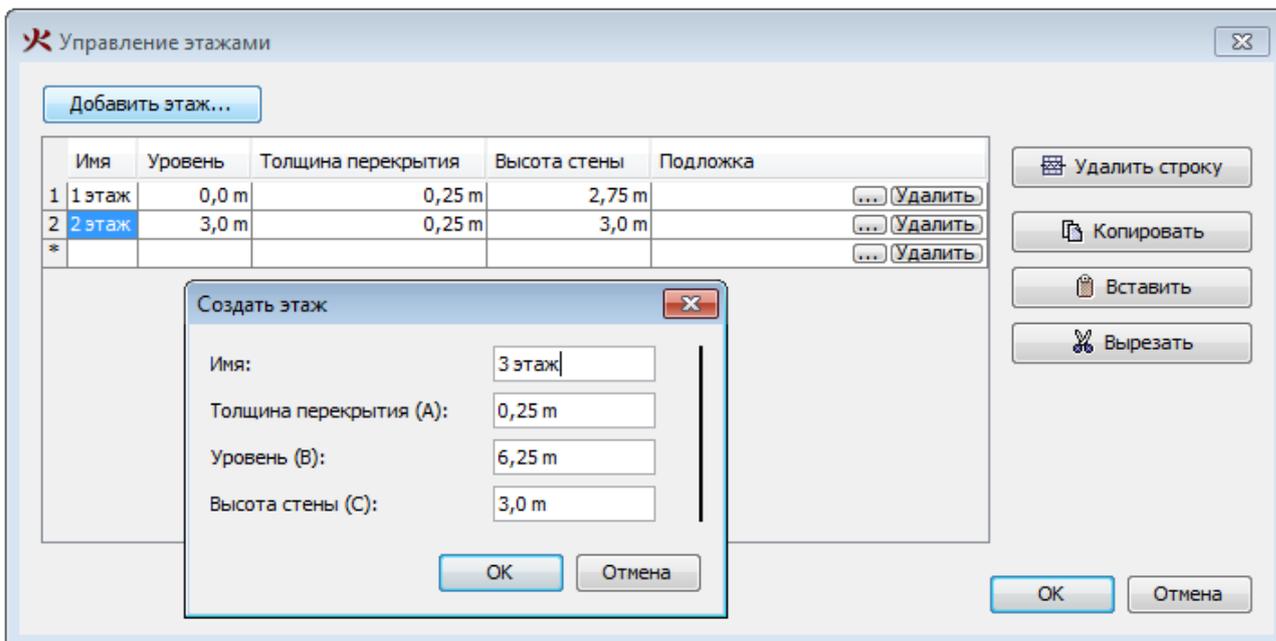
Выбрать этаж на сцене можно с помощью селектора:



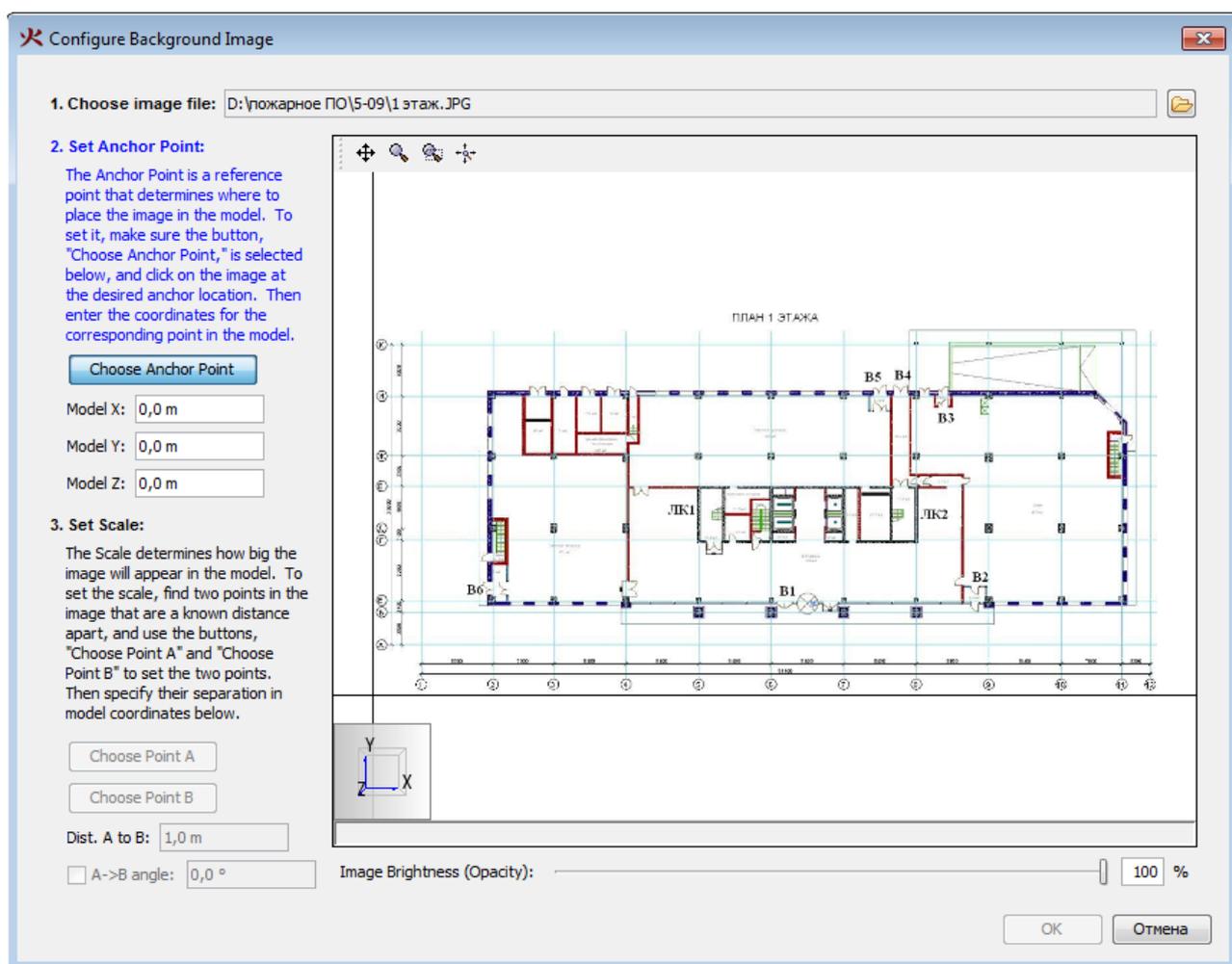
можно выбрать этажи из списка. В этом случае на экране будут отображены объекты, расположенные на выбранном этаже.

Кнопка  вызывает окно управления этажами.

В этом окне можно добавить этажи: задать уровень пола, толщину перекрытия и высоту стены. Нужно отметить, что толщина перекрытия откладывается вниз от уровня этажа.



Для добавления подложки нажмите кнопку [...] для нужного этажа, либо в основном окне выберите этаж и нажмите кнопку .



В появившемся окне нужно:

1. Выбрать файл подложки (рисунок или чертеж).

2. Установить положение опорной точки – указать точку на подложке и назначить ей координаты XYZ.
3. Установить масштаб – задать две точки (одна из них может быть опорной) и расстояние между ними.

#### 14. Загрузка файла CAD

В меню «Файл» - «Импорт» - «CAD file» выберите файл, который нужно импортировать. Все линии и слои из файла будут загружены в PyroSim.

Трехмерные объекты будут загружены как препятствия, двухмерные – как линии. При создании геометрии можно выполнять привязку к этим линиям.

Обратите внимание – в PyroSim 2011 линии из CAD загружались как препятствия. В 2012 такого нет.

#### 15. Сетки

Сетка – прямоугольная область, в которой выполняется расчет.

Для определения сетки нужно задать границы сетки и количество ячеек по каждой оси.

Программа автоматически вычислит размер ячейки и подскажет, сколько ячеек надо задать, чтобы ячейки были кубическими. Это не обязательно, но желательно.

Также желательно, чтобы количество ячеек по осям Y и Z было кратно 2, 3 и 5, т.к. используется быстрое преобразование Фурье. Если это не так, появится предупреждение

Количество ячеек потенциально неэффективно. Для максимальной эффективности число должно быть разложимо на множители 2, 3 и 5.

Разрешение сетки (размер ячеек) нужно выбирать в зависимости от требований к детализованности расчета, процессов в расчете, возможностей компьютера.

Чем меньше размер ячейки, тем детализованнее расчет.

Чем больше ячеек в модели, тем больше оперативной памяти необходимо для расчета.

«Хорошее» разрешение сетки – понятие относительное. Оно зависит от процессов, протекающих при моделировании, от скоростей этих процессов. Для одних расчетов ячейка в 1 м будет достаточным разрешением, для других и 1 мм окажется слишком грубой сеткой.

В качестве критерия разрешения сетки обычно используется отношение характеристического диаметра пожара к размеру ячейки сетки  $D^*/\delta x$ . Отношение должно быть от 4 до 16.

Характеристический диаметр пожара определяется следующим образом:

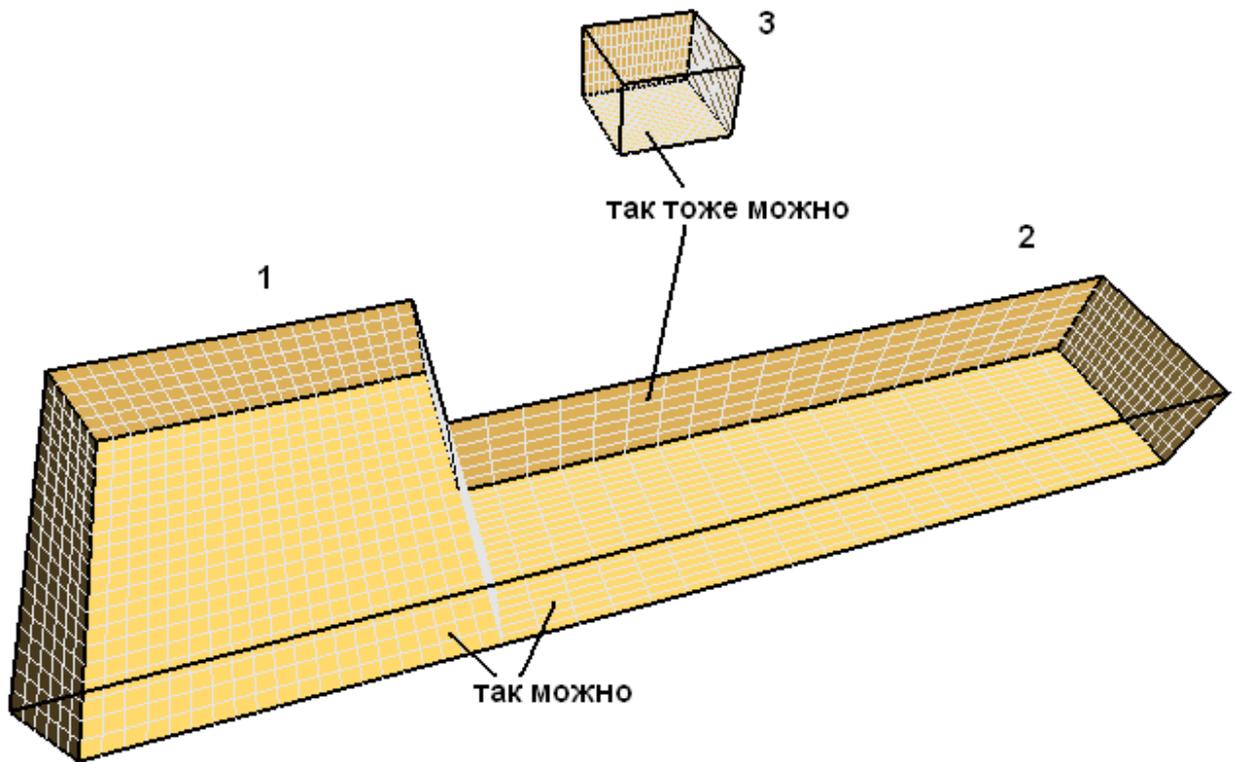
$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{3}},$$

где  $\dot{Q}$  – скорость тепловыделения,  $\rho$  – плотность газа,  $c_p$  – теплопроводность,  $T$  – температура и  $g$  – ускорение свободного падения.

Для определения разрешения сетки можно воспользоваться калькулятором сетки: <http://www.koverholt.com/fds-mesh-size-calc/> (в нем автоматизирован описанный выше принцип). Нужно ввести размеры сетки и скорость тепловыделения, и калькулятор подскажет размеры ячейки ( $\delta x$ ) для грубой (отношение 4), средней (отношение 10) и хорошей (отношение 16) сеток.

### Использование нескольких сеток

Вычислительный домен может состоять из нескольких прямоугольных сеток. Сетки обычно соприкасаются (чтобы образовывалось общее пространство), хотя это не обязательно.

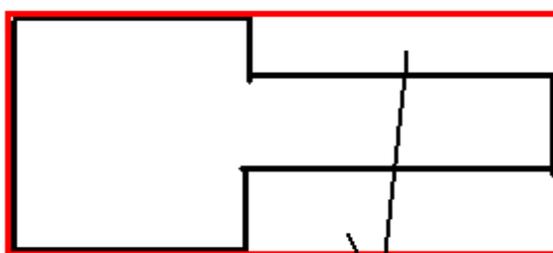


Сетки 1 и 2 соприкасаются, образуя единый объем. Сетка 3 с ними не связана.

Когда стоит использовать несколько сеток?

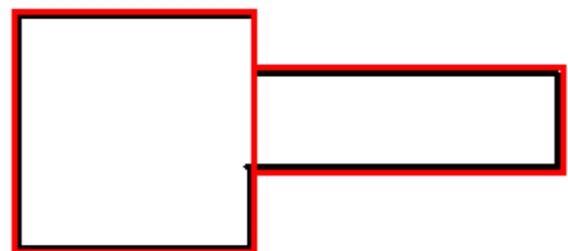
- если есть возможность использовать параллельные вычисления – расчет распределяется на несколько процессоров, позволяя ускорить расчет
- если расчетный домен имеет непрямоугольную форму – тогда использование нескольких сеток позволяет уменьшить количество ячеек в расчете, соответственно, уменьшить время расчета:

**Одна сетка**



"лишний"  
объем

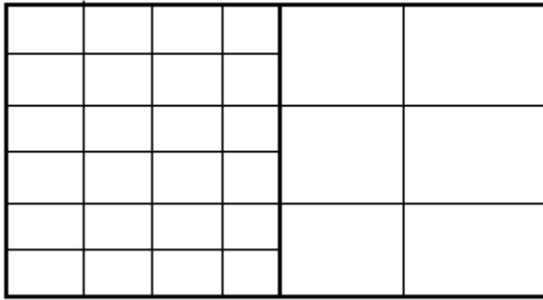
**Две сетки**



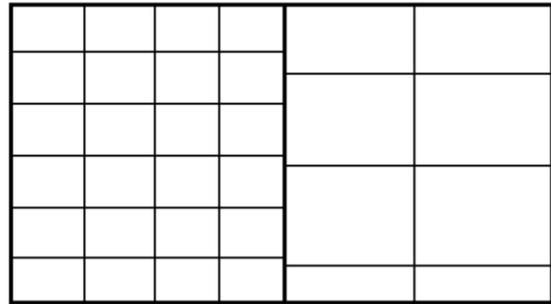
Несколько правил работы с сетками:

1. При соприкосновении узлы ячеек должны совпадать.

### Правильно



### Неправильно



Программа отслеживает соединение и, если оно неверное, пишет:

Проверка выравнивания сеток: **Не пройден: Перекрытие с MESH02**

- где показывает, с какими сетками выравнивание не выполнено.

2. Следует избегать расположение границ сетки в местах, где протекают важные процессы, особенно огонь. Стоит избегать распространение огня от сетки к сетке, поскольку обмен информацией между сетками хуже, чем внутри сетки.

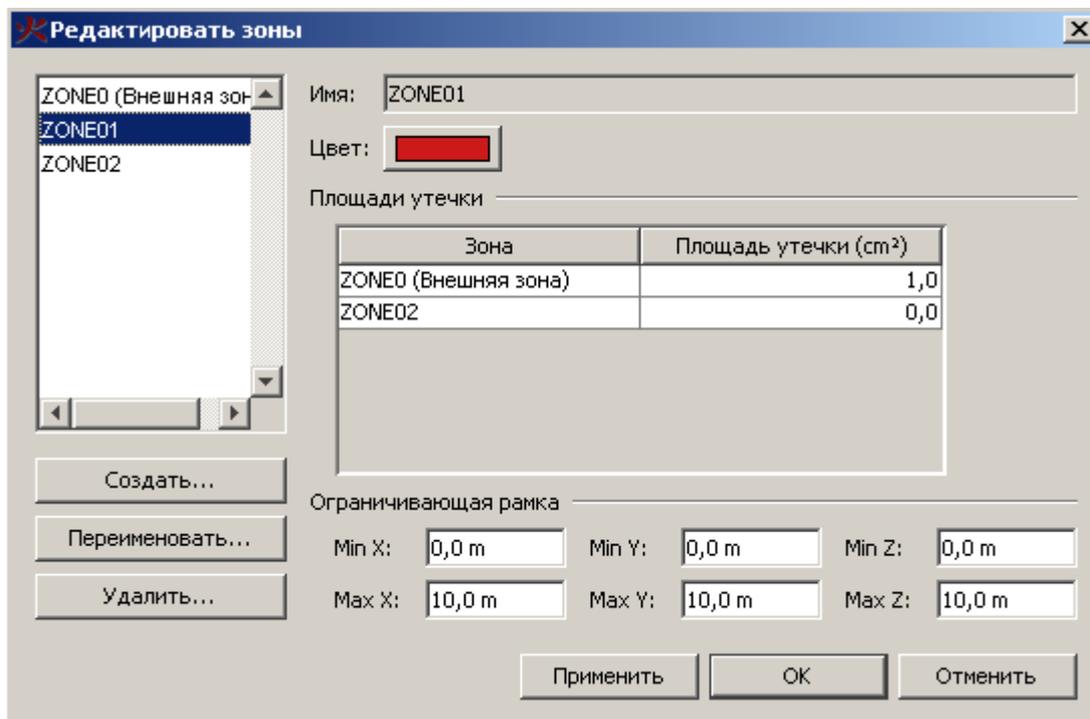
## 16. Зона давления

Давление в FDS состоит из «фоновой» компоненты  $\bar{p}(z,t)$  и возмущения  $\check{p}(x,t)$ . В младших версиях FDS (1-4) фоновое давление было одинаковым для всего вычислительного домена. То есть вычислительный домен представлял собой одну «запечатанную» область с одинаковым фоновым давлением. Вентиляторы и огонь могли повышать/понижать давление в этой области.

Начиная с версии 5, стало возможно создание нескольких «запечатанных» областей, в каждой из которых свое фоновое давление. Эти области – «зоны давления» - могут соединяться между собой протечками и воздушными каналами.

Зона давления должна быть отделена твердыми препятствиями.

Зону давления можно «вскрыть», удалив препятствие в процессе расчета. При этом убедитесь, что зоны соприкасаются.



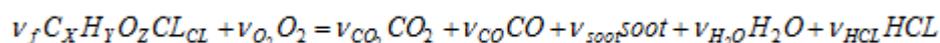
Между зонами можно задать «площадь утечки». Утечку сложно задать непосредственно (с помощью объекта VENT), так как это явление подсеточного масштаба, поскольку площадь утечки обычно очень маленькая. Если же создать вентиляционное отверстие, которое моделирует суммарные протечки, может оказаться, что скорость потока через него очень велика. Так что имеет смысл использовать специальную функцию.

Чтобы указать, где именно происходит утечка между зонами, необходимо для одной из границ зоны задать поверхность «Утечка воздуха» (см. описание соответствующей поверхности).

Подробнее о зонах давления в п.9.7 руководства пользователя [20].

## 17. Реакции

Реакция горения имеет следующий вид:



Необходимо задать, значение X, Y, Z, CL а также  $Y_{so}$  и  $Y_s$  – доля топлива, идущая на производство, соответственно, угарного газа и сажи.

$$X = v_{CO_2} + v_{CO} = \left( \frac{L_{CO_2}}{M_{CO_2}} + \frac{L_{CO}}{M_{CO}} \right) M_f$$

$$Y = 2v_{H_2O} = 2 \frac{(1 + L_{O_2} - L_{CO_2} - L_{CO}) M_f}{M_{H_2O}}$$

$$Z = 2v_{CO_2} + v_{H_2O} + v_{CO} - 2v_{O_2} = \left( 2 \frac{L_{CO_2}}{M_{CO_2}} + \frac{L_{CO}}{M_{CO}} + \frac{(1 + L_{O_2} - L_{CO_2} - L_{CO})}{M_{H_2O}} - 2 \frac{L_{O_2}}{M_{O_2}} \right) M_f$$

$$CL = v_{HCL} = \frac{L_{HCL} M_f}{M_{HCL}}$$

Получение значения  $Y_s$  описывается в отчете [8]:

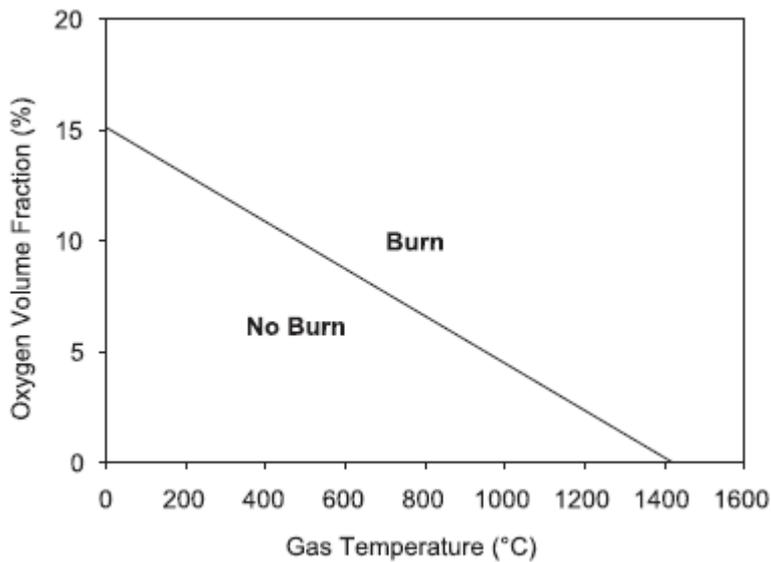
$$Y_s = \frac{D_m}{K_m}$$

$$y_{CO} = \frac{12x}{M_f v_f} 0.0014 + 0.37 y_s$$

Формула для  $Y_{CO}$  приведена в руководстве пользователя:

На вкладке «Топливо» (Fuel) задается формула топлива: углерод, водород, кислород, азот, другие атому (для нас – хлор) – а также содержание кислорода в окружающей среде и доля топлива в горелке.

На вкладке «Подавление горения» описываются параметры прекращения горения при понижении концентрации кислорода или температуры пламени ниже определенного уровня.



Fuel | **Подавление горения** | Скорость тепловыделения | Побочные продукты | Сажа

Включить подавление горения

Предельный кислородный индекс:

Критическая температура пламени:  °C

Если снять галочку, прекращение горения моделироваться не будет.

На вкладке «Побочные продукты» нужно задать теплоту сгорания топлива (кДж/кг), а также выделение CO (угарного газа) и сажи (доля топлива, идущая на образование соответственно CO и сажи).

Fuel | Подавление горения | Скорость тепловыделения | **Побочные продукты** | Сажа

Выделение энергии:

Выделение энергии на единицу массы кислорода:  кДж/кг

Теплота сгорания:  кДж/кг

Идеальная реакция (без учета выработки CO, H<sub>2</sub>, или сажи)

CO выработка (Y<sub>CO</sub>):

H<sub>2</sub> Выработка (Y<sub>H2</sub>):

Выработка сажи (Y<sub>s</sub>):

Вкладка «Сажа» предназначена для описания сажи и параметров видимости. Коэффициент  $C=3$  – для светоотражающих объектов и  $C=8$  для светоиспускающих.

Доля водорода:

Видимость:

$$\frac{C}{K_m \rho Y_s}$$

Максимальная видимость:  m

Коэффициент видимости (C):

Массовый коэффициент экстинкции ( $K_m$ ):  m<sup>2</sup>/kg

## 18. Материал

Материалы могут быть твердыми или жидкими

Редактировать материалы

ID материала:

Описание:

Тип материала:

Свойства

Создать материал

Название материал:

Тип материала:

ОК

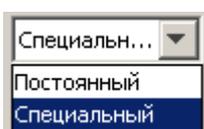
Создать...  
Добавить из библиотеки...  
Переименовать...  
Удалить...

Применить    ОК    Отменить

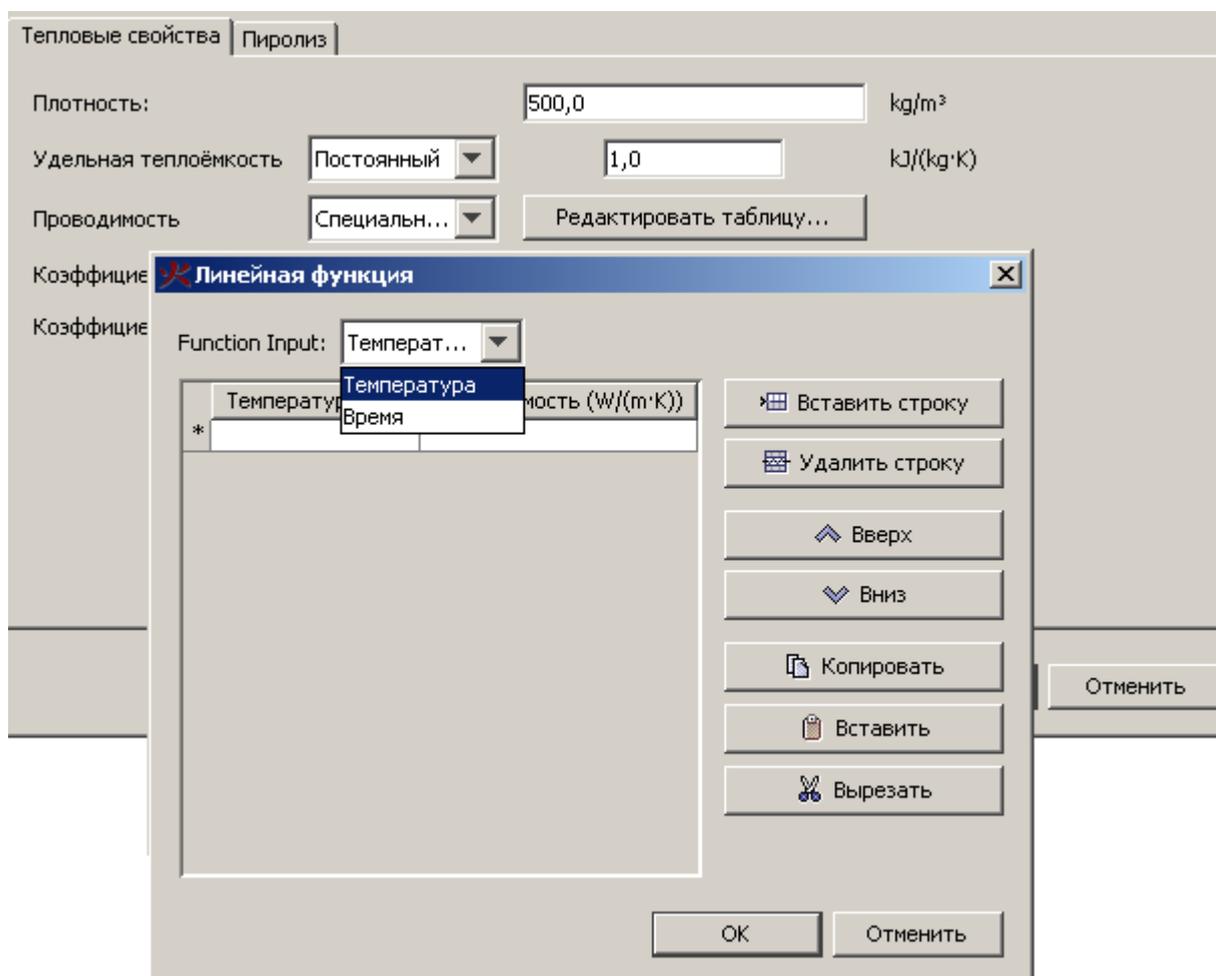
Для твердых материалов указываются теплотехнические свойства: плотность, теплоемкость, теплопроводность. То есть свойства, определяющие, как материал принимает и проводит тепло.



Свойства могут быть как постоянными, так и меняться с изменением температуры или времени.

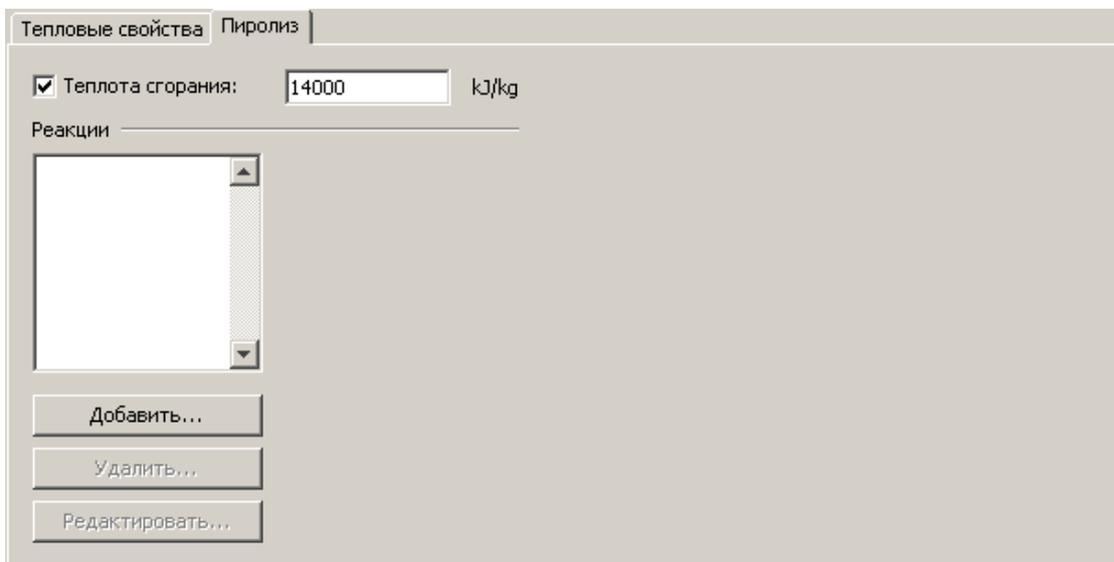


«Постоянный» – свойство не зависит от температуры или времени. Если же зависимость есть, то нужно выбрать «Специальный» и задать таблицу:

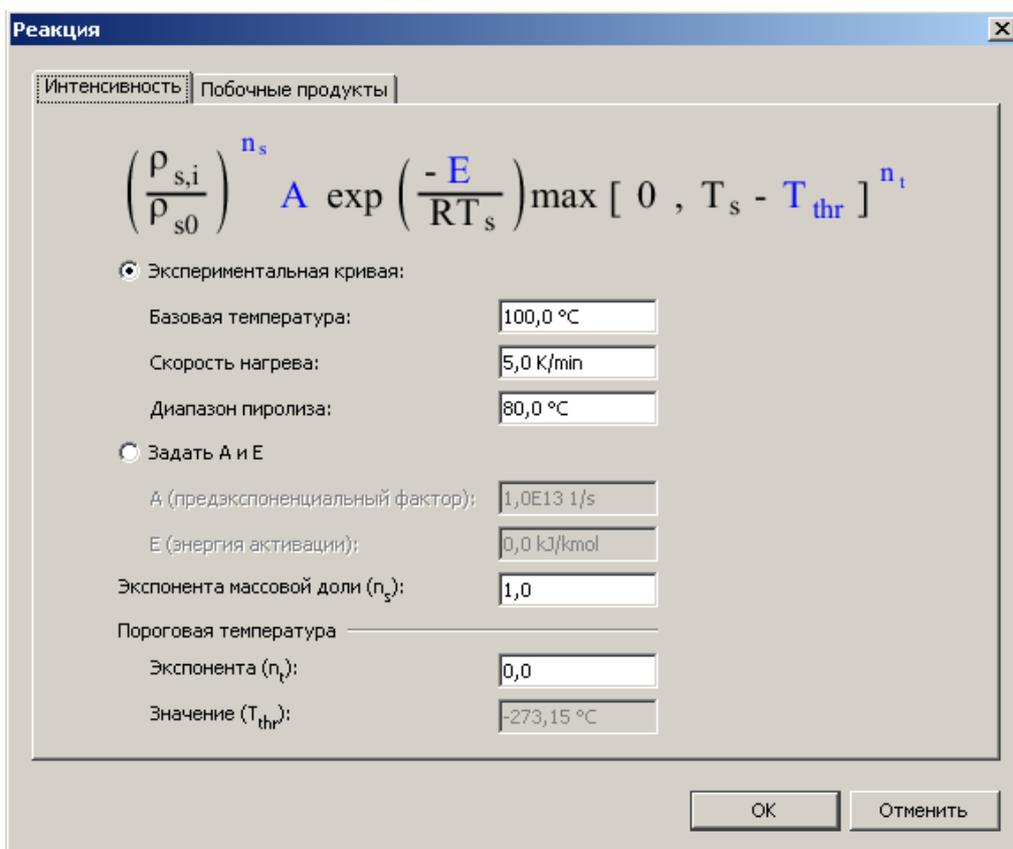


В этом случае в таблице нужно задать температуру (время) и значение функции при выбранной температуре (времени).

Кроме того, на вкладке «Пиролиз» можно описать реакции горения материала. Тогда материал будет гореть не с заданной мощностью или скоростью выгорания, а будут моделироваться непосредственно реакции. Это позволяет более точно и подробно описать горение сложных веществ и материалов, но требуется задание более точных и подробных входных данных.



Нужно добавить реакции пиролиза и описать их параметры.



Здесь можно либо определить зависимость скорости горения от температуры из экспериментов, либо задать величины А и Е – предэкспоненциальный фактор и энергию активации. Где брать данные – вопрос не данного руководства.

Далее описываются продукты реакции:

Интенсивность | Побочные продукты

Теплота реакции:  kJ/kg     Эндотермический     Экзотермический

Доля испаренного топлива:

Доля испаренной воды:

Доля остатка:     Остаток:

В качестве «Остатка» может быть выбран другой материал (который, в свою очередь, также может вступать в реакцию – в результате возможно описание сложной реакции).

Если выбрано жидкое топливо, то вкладка «Пиролиз» имеет следующий вид:

Тип материала:

Тепловые свойства | Пиролиз

Теплота сгорания:  kJ/kg

Температура кипения:  °C

Исходный паровой поток:  m<sup>2</sup>/(см<sup>2</sup>)

Побочные продукты

Теплота испарения:  kJ/kg     Эндотермический     Экзотермический

Доля испаренного топлива:

Доля испаренной воды:

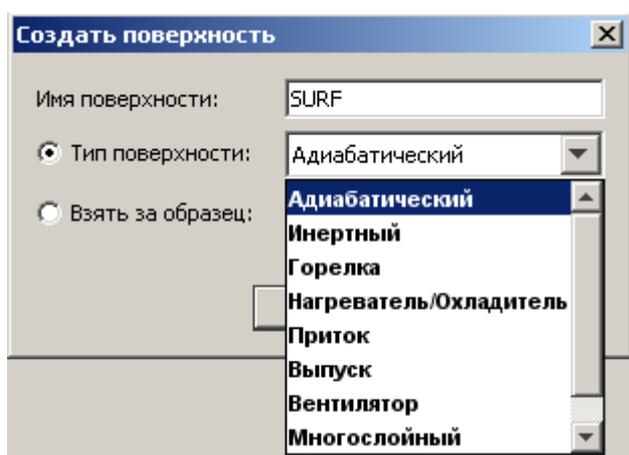
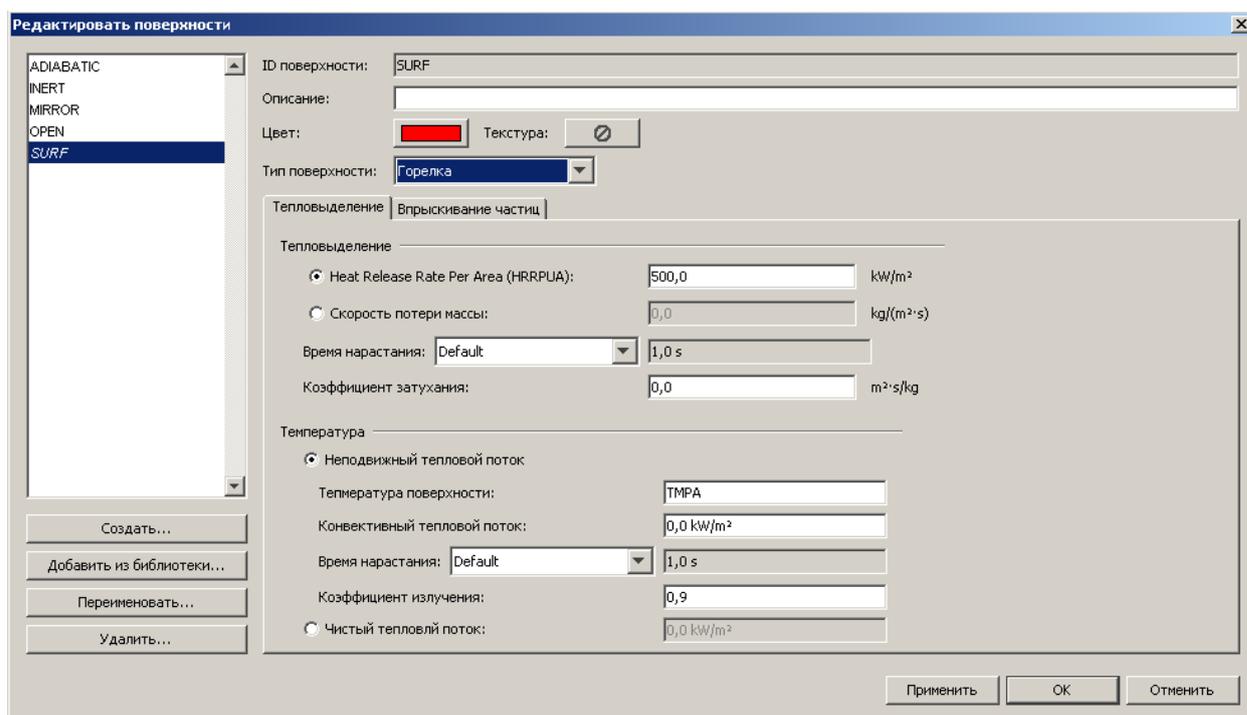
Доля остатка:     Остаток:

## 19. Поверхности

Поверхность – это граничное условие, которое может быть применено к препятствиям и вентиляционным отверстиям в модели (т.е. задать свойства).

Поверхность, используемая по умолчанию, задается в настройках (меню «FDS» - «Настройки» - вкладка «Разное»).

Создание, редактирование и удаление поверхностей выполняется в окне «редактировать поверхности». Чтобы открыть это окно, нужно либо сделать двойной щелчок по одной одному из элементов группы «поверхности» в дереве объектов, либо выбрать «редактировать поверхности» в главном меню.



### 19.1. Адиабатический

На такой поверхности нет теплообмена между газом и твердым телом. Температура стены рассчитывается так, чтобы суммарный тепловой поток к поверхности был равен нулю.

Данная функция используется в основном в тестовых целях, а не для реальных расчетов.

ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Адиабатический

Свойства

Tangential Boundary Condition: Default Slip Roughness: 0,0 m

Default Slip  
Свободное проскальзывание  
Отсутствие проскальзывания

## 19.2. Инертный

Поверхность, не взаимодействующая с газовой средой стена с фиксированной температурой, равной температуре окружающей среды.

ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Инертный

Свойства

## 19.3. Горелка

Используется для моделирования источника пожара.

Можно задать либо удельную скорость тепловыделения (HRRPUA), либо удельную скорость потери массы (скорость выгорания).

ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Горелка

Тепловыделение | Впрыскивание частиц

Тепловыделение

Heat Release Rate Per Area (HRRPUA): 500,0 kW/m<sup>2</sup>

Скорость потери массы: 0,0 kg/(m<sup>2</sup>·s)

Время нарастания: Default 1,0 s

Коэффициент затухания: 0,0 m<sup>2</sup>·s/kg

Температура

Неподвижный тепловой поток

Температура поверхности: TMPA

Конвективный тепловой поток: 0,0 kW/m<sup>2</sup>

Время нарастания: Default 1,0 s

Коэффициент излучения: 0,9

Чистый тепловой поток: 0,0 kW/m<sup>2</sup>

При этом можно задать как постоянную (default), а также нарастание по гиперболическому тангенсу, по квадратичному закону, либо «специальный» - кусочно-линейную функцию.

Default

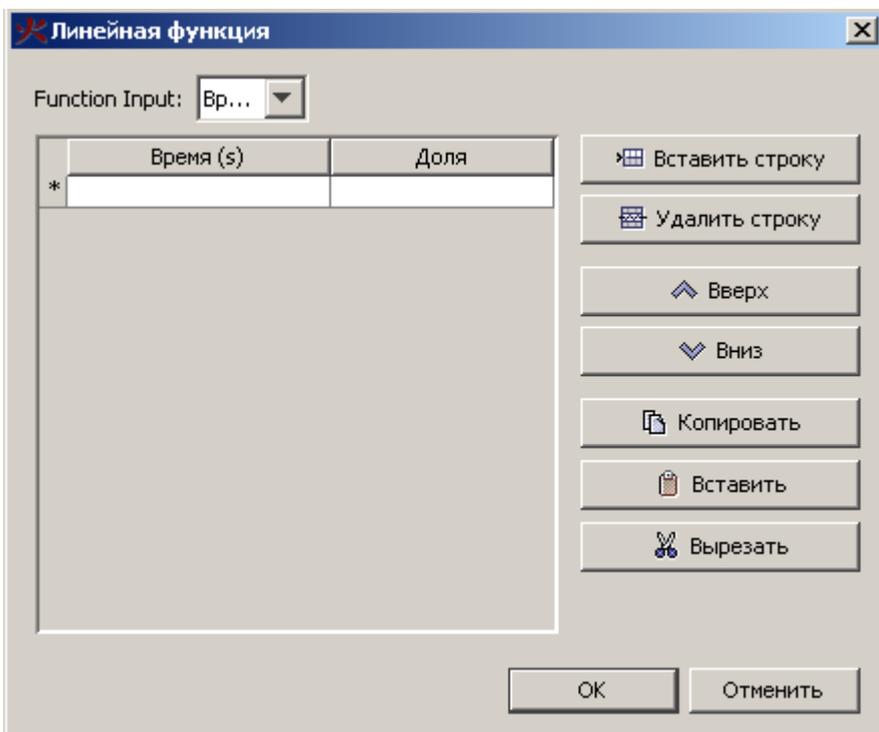
Default

Гиперболический тангенс

T<sup>2</sup>

Специальный

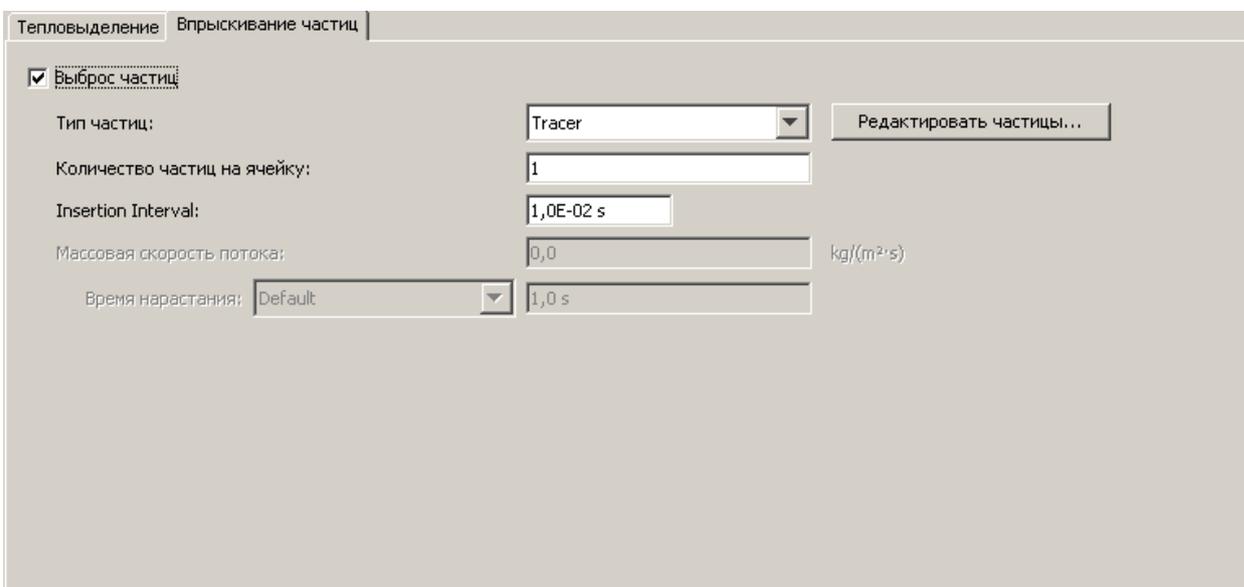
При выборе «специального» в таблице нужно задать время и долю функции в момент времени.



Коэффициент затухания используется для расчета тушения водой. Об этом можно подробнее почитать в руководстве пользователя FDS.

Кроме того, можно задать температуру или тепловой поток для поверхности. Время нарастания – также как и для тепловыделения. Коэффициент излучения – определяет выделение энергии излучением. Единица соответствует абсолютно черному телу.

Также поверхность горения может быть источником частиц.



Количество частиц на ячейку – количество частиц, впрыскиваемых в секунду. Значение «1» соответствует одной частице на одну ячейку в одну секунду.

Интервал впрыскивания – как часто впрыскиваются частицы.

Массовая скорость потока – для частиц, имеющих массу – другой способ задания количества поступающих частиц.

## 19.4. Нагреватель/охладитель

Можно задать температуру или тепловой поток (идентично «горелке» без тепловыделения).

The screenshot shows a configuration window for a surface. At the top, the 'ID поверхности' is set to 'SURF'. Below it is an empty 'Описание' field. The 'Цвет' field has a color selection box, and the 'Текстура' field has a selection box with a 'no' symbol. The 'Тип поверхности' dropdown is set to 'Нагреватель/Охладит...'. Below this are two tabs: 'Температура' (selected) and 'Впрыскивание частиц'. Under the 'Температура' tab, there are two radio button options: 'Неподвижный тепловой поток' (selected) and 'Чистый тепловой поток'. The 'Неподвижный тепловой поток' section includes: 'Температура поверхности' (text box with 'TMPA'), 'Конвективный тепловой поток' (text box with '0,0 kW/m²'), 'Время нарастания' (dropdown with 'Default' and a text box with '1,0 s'), and 'Коэффициент излучения' (text box with '0,9'). The 'Чистый тепловой поток' section includes a text box with '0,0 kW/m²'.

Если температура меньше окружающей среды или тепловой поток отрицательный – происходит охлаждение.

## 19.5. Приток

Обеспечивает поступление воздуха в домен.

Можно задать скорость либо объемный поток, либо массовый поток, либо массовый поток отдельных видов газов (для этого в модели должны быть заданы дополнительные виды газов).



ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: **Приток**

Поток воздуха | Температура | Вентиляционный канал | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Нормальная скорость потока

Задать скорость:  m/s

Задать объемный поток:  m<sup>3</sup>/s

Задать полный массовый поток:  kg/(m<sup>2</sup>·s)

Задать массовый поток отдельных видов газа

Тангенциальная скорость:   m/s

Время нарастания:

Ветровой профиль:

При этом задается нормальная скорость потока (перпендикулярно поверхности). Если нужен поток, направленный под углом к поверхности, задайте тангенциальные составляющие скорости.

«Время нарастания» - аналогично как для поверхности горения.

Ветровой профиль – если нужно учесть изменение скорости ветра с высотой (для моделирования ветра).

Температура аналогична поверхности горения и нагревателю.

Поток воздуха | Температура | Вентиляционный канал | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Температура

Неподвижный тепловой поток

Температура поверхности:

Конвективный тепловой поток:

Время нарастания:

Коэффициент излучения:

Чистый тепловой поток:

Вентиляционный канал позволяет связывать между собой две зоны давления.

Поток воздуха | Температура | Вентиляционный канал | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Активировать вентиляционный канал

Вентиляционный канал: ZONE0 (Внешняя зо... <-> [ ]

Максимальное избыточное давление: 1,0E12 Pa [ ZONE0 (Внешняя зона) ]

Поступление через поверхность дополнительных видов газов описывается на этой вкладке.

Поток воздуха | Температура | Вентиляционный канал | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Массовая скорость фоновых видов: [ 0,0 ]

Линейная функция фоновых видов: [ Default ] [ 1,0 s ]

Виды газов	Массовая скорость потока (kg/(m...	Линейная функция	Значение линейной функции

На последней вкладке описывается поступление частиц через поверхность

Поток воздуха | Температура | Вентиляционный канал | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

**Выброс частиц**

Тип частиц:  Редактировать частицы...

Количество частиц на ячейку:

Insertion Interval:

Массовая скорость потока:  kg/(m<sup>2</sup>·s)

Время нарастания:

## 19.6. Выпуск

Удаление воздуха из домена. Две вкладки, полностью аналогичные притоку.

ID поверхности:

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности:

Поток воздуха | Вентиляционный канал

Нормальная скорость потока

Задать скорость:  m/s

Задать объемный поток:  m<sup>3</sup>/s

Задать полный массовый поток:  kg/(m<sup>2</sup>·s)

Тангенциальная скорость:   m/s

Время нарастания:

Ветровой профиль:

## 19.7. Вентилятор

Полностью аналогичен «выпуску» по параметрам. Отличие в том, что вентилятор может быть прикреплен к тонкому препятствию, разделяющему зоны давления.

При этом отрицательное значение скорости/потока означает, что воздух поступает в домен через поверхность, а положительное – что удаляется.

ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Вентилятор

Поток воздуха: Вентиляционный канал

Нормальная скорость потока

Задать скорость:  m/s

Задать объемный поток:  m<sup>3</sup>/s

Задать полный массовый поток:  kg/(m<sup>2</sup>·s)

Тангенциальная скорость:   m/s

Время нарастания: Default

Ветровой профиль: Цилиндрический (По умолчан...)

## 19.8. Многослойный

Многослойная поверхность используется для описания твердых препятствий (стены и т.п.). Поверхность может содержать в себе несколько (до 20) слоев. Первый слой – самый близкий к поверхности.

ID поверхности: SURF

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Многослойный

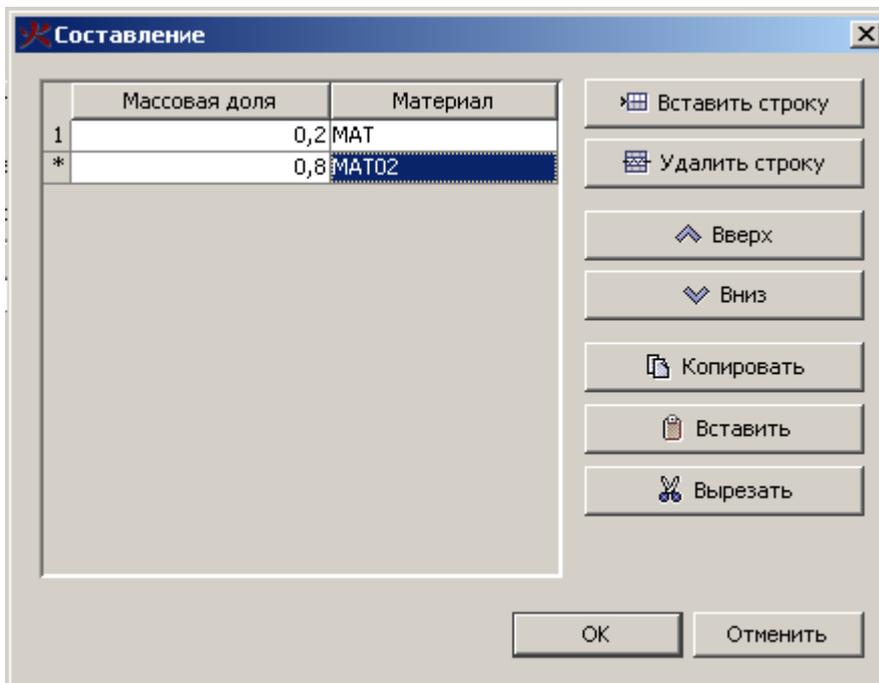
Слой материала: Свойства поверхности | Реакция | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Граница слоя:

Слой материала

	Толщина (м)	Составной материал	Редактировать
*	0,1 m	0,2 MAT; 0,8 MAT02	Редактировать...

Чтобы задать слой, нужно задать толщину, затем нажать «редактировать» и задать составные материалы в открывшейся таблице:



Каждый слой может состоять из нескольких (до 20) материалов.

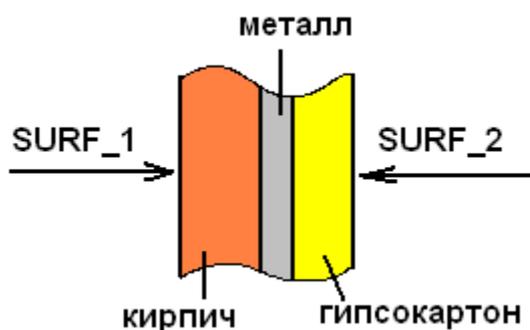
Здесь задается материал и массовая доля этого материала в слое. Например, 90% дерева и 10% воды.

Нужно иметь в виду, что в программе есть две разных «толщины», которые нужно отличать друг от друга, и которые могут не совпадать.

Геометрическая толщина – размер объекта, задается при создании препятствия. Влияет на поток газа, служит препятствием.

Теплотехническая толщина – задается в слоях материала в колонке «толщина». Влияет на теплопередачу в конструкции и прогрев материала.

Пример: моделируем металлическую стену, с одной стороны обшитую гипсокартоном, с другой – кирпичом.



Если нас интересует теплопроводность с обеих сторон стены, то нужно задавать две поверхности, и присваивать каждой стороне стены свою поверхность.

С левой стороны порядок материалов: кирпич, металл, гипсокартон

С правой стороны порядок материалов: гипсокартон, металл, кирпич

Слой материала | Свойства поверхности | Реакция | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Геометрия:

Tangential Boundary Condition:  Roughness:

Пористый (Только тонкие препятствия)

Активировать утечку

Плотность поверхности:

Температура

Начальная внутренняя температура:

Поддержка:  Gap Temperature:

Линейное изменение температуры:

Свойство «Поддержка» («виртуальный» слой материала, расположенный ниже всех заданных пользователем) может быть «воздушный зазор» с определенной температурой, «изолированный» (как будто за материалом располагается толстый слой изолирующего материала, куда отводится все тепло) и «незащищенный» (может использоваться только для препятствия, толщина которого не превышает ячейки сетки – в этом случае через препятствие рассчитывается передача тепла с одной стороны на другую).

Слой материала | Свойства поверхности | Реакция | Впрыскивание газа | Впрыскивание частиц

Определяется материалом

Определяется вручную

Тепловыделение

Heat Release Rate Per Area (HRRPLA):  kW/m²

Скорость потери массы:  kg/(m²·s)

Время нарастания:

Коэффициент затухания:  m²·s/kg

Возгорание

Моментальное возгорание

Возгорание при:  °C

Теплота испарения:  kJ/kg

Разрешить выгорание препятствия

Многослойный материал может гореть. Причем возможен вариант, когда процесс горения определяется реакциями, описанными при выборе материалов (тогда нужно выбрать «определяется материалом»), так и горение с предопределенной мощностью (параметры аналогичны горелке). Можно задать как мгновенное возгорание в начале моделирования, так и температуру, при которой начнется горение. Кроме того, можно задать «разрешить выгорание препятствия», тогда препятствие постепенно исчезает по мере выгорания.

Последние две вкладки аналогичны вентилятору (впрыскивание газа и впрыскивание частиц).

## 19.9. Утечка воздуха

Скриншот диалогового окна «Утечка воздуха» (Air Leakage). В окне заданы следующие параметры:

- ID поверхности: SURF
- Описание: (пустое поле)
- Цвет: [красный]
- Текстура: [иконка]
- Тип поверхности: Утечка воздуха
- Утечка воздуха
  - Путь протечки: ZONE0 (Внешняя зо...)
  - Путь протечки: <-> [синий]
  - Пористый (Только тонкие препятствия):
  - Путь протечки: ZONE0 (Внешняя зона)

Задаёт связь между двумя зонами давления.

## 19.10. OPEN

Связь с окружающей средой.

Может использоваться только на внешних границах сетки.

«Пассивное» отверстие, ведёт из домена во «вне домена», где условия соответствуют т заданным условиям окружающей среды. Часто используется как окно или дверь.

## 19.11. MIRROR

«Зеркальная» поверхность – позволяет уменьшить размер в два раза вычислительного домена в симметричных задачах, т.е. выполняется расчет для одной половины, а вторая абсолютно симметрична. (для практических расчетов используется редко).

Может использоваться только на внешних границах сетки.

## 20. Модель

Несмотря на многообразие инструментов (см. Панель №4), по сути, они сводятся к трем: препятствие (строка OBST в FDS), отверстие (строка HOLE в FDS) и вентиляционное отверстие – за неимением лучшего термина – строка VENT в FDS.

Кроме того, есть инструмент «Область начальных значений» - можно задать область, в которой начальные значения (температура, плотность, концентрация отдельных газов) отличается от значений по умолчанию.

Инструмент «Облако частиц» позволяет задать в определенной области распределение/поступление каких-либо частиц.

## 20.1. Группы

Объекты в области «Модель» можно объединять в группы. Далее с группой можно работать как с целым – копировать, перемещать, удалять. Изменение свойств группы приводит к изменению свойств всех объектов внутри группы.

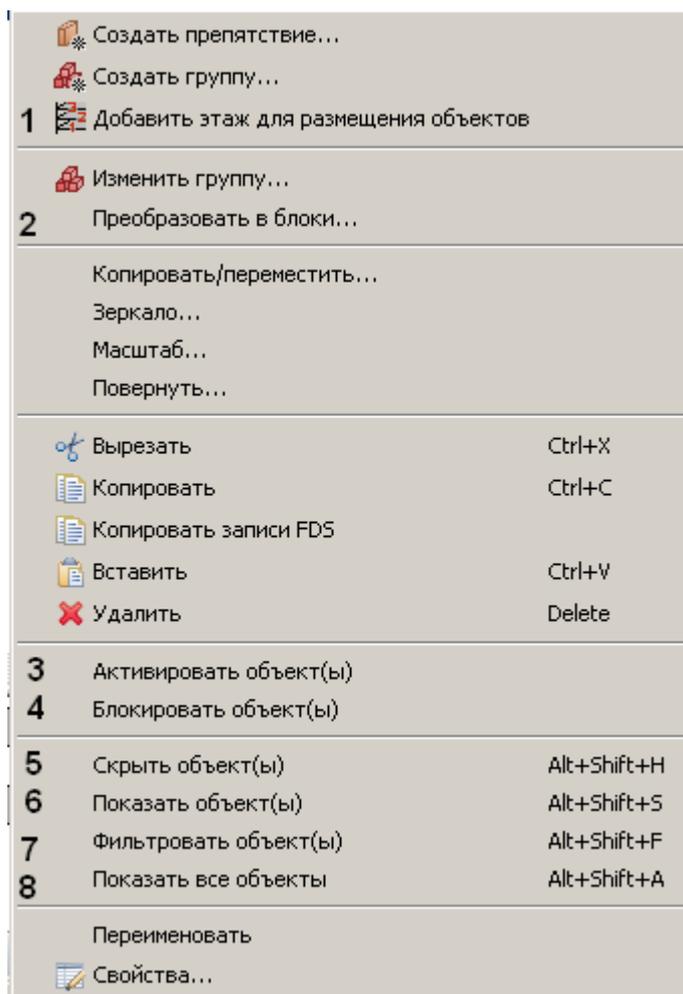
Группы могут быть любой вложенности.

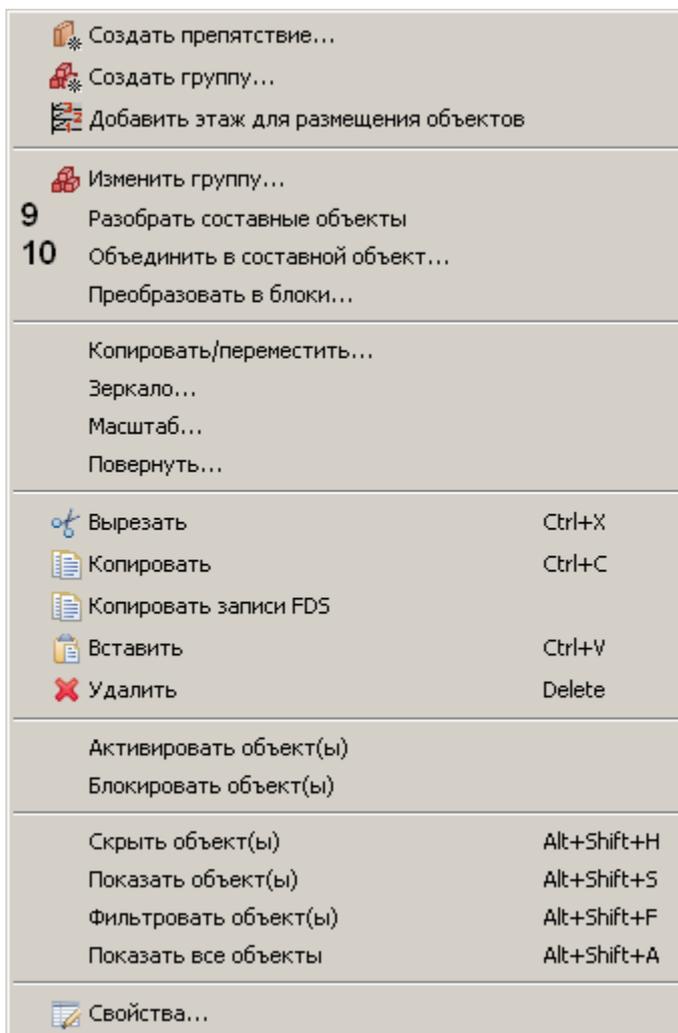
Аналогично можно выполнять групповые операции с любыми выделенными объектами (выделение с Shift и Ctrl)

## 20.2. Контекстное меню объектов

В контекстном меню есть следующие команды:

(в зависимости от того, что выбрано, контекстные меню могут отличаться)





1. Создается этаж в соответствии с параметрами выбранных объектов

2. Преобразовывает объект в набор препятствий для FDS.

3-4. Если объекты блокировать, они не будут участвовать в расчете FDS. Активировать – обратное действие.

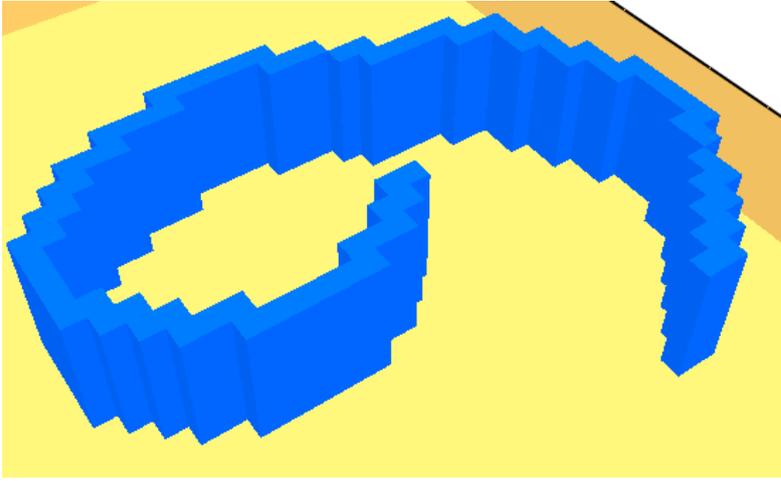
5-8. Скрытые объекты не отображаются в рабочей области и при расчете имеют параметр COLOR='INVISIBLE' (невидимые). При этом в расчете они участвуют. Показать объекты – обратное действие. Команда «Фильтровать объекты» скрывает все объекты, за исключением выделенных.

9-10. Выделенные объекты можно объединить с один сложный (составной) объект, и обратно – разобрать составной на отдельные. Это имеет смысл для упорядочения работы, на расчете не сказывается никаким образом.

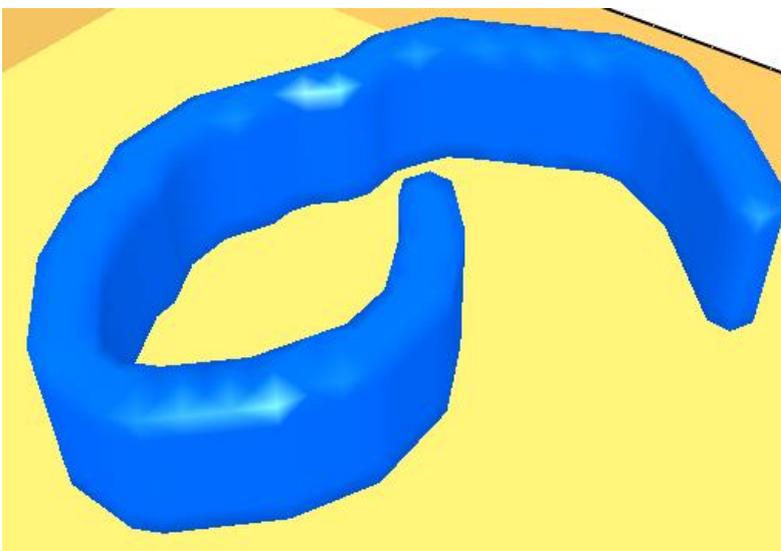
### 20.3. Свойство «Сглаживание»

Сглаживание используется, чтобы «ступенчатые» препятствия не влияли на структуру потока (для стен не так актуально, как для потолков).

Без сглаживания:



Со сглаживанием:



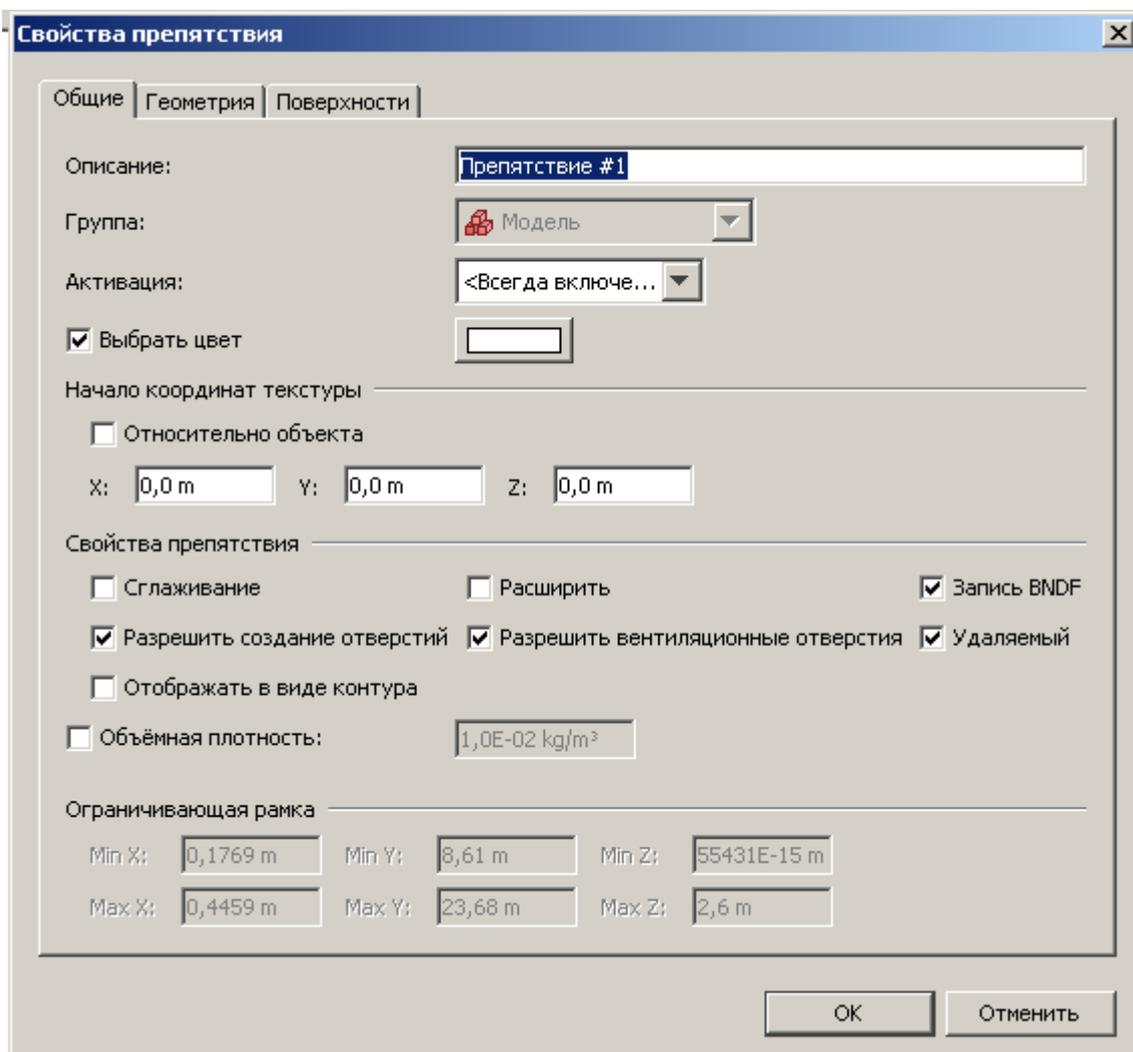
#### **20.4. Свойство «Расширить»**

Свойство «Расширить» определяет, игнорировать ли препятствие, размер которого меньше размера ячейки сетки или расширить до размера ячейки.

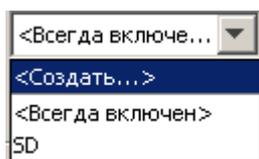
Имейте в виду, что FDS не видит препятствия размером меньше половины ячейки сетки.

#### **21. Препятствие**

На вкладке «Общие» перечислены разнообразные свойства:



«Активация» – будет ли препятствие существовать всегда или же его существование будет определяться элементом управления. Можно выбрать уже существующий элемент управления, а можно нажать «Создать» и создать новый.



«Выбрать цвет» – задать цвет препятствию

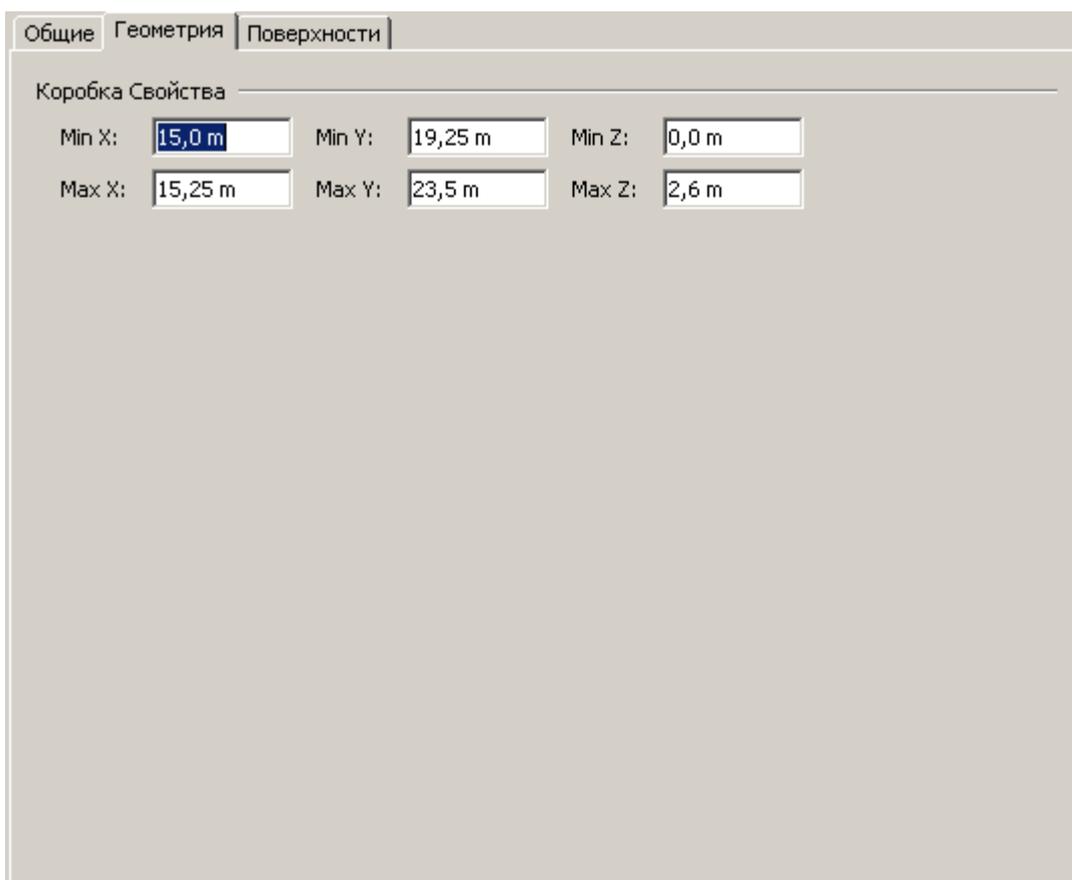
«Текстура» задается для поверхности, а для препятствия, к которому относится эта поверхность, можно задать «Начало координат текстуры» (текстура используется для большей «красоты» сцены).

Свойства препятствия:

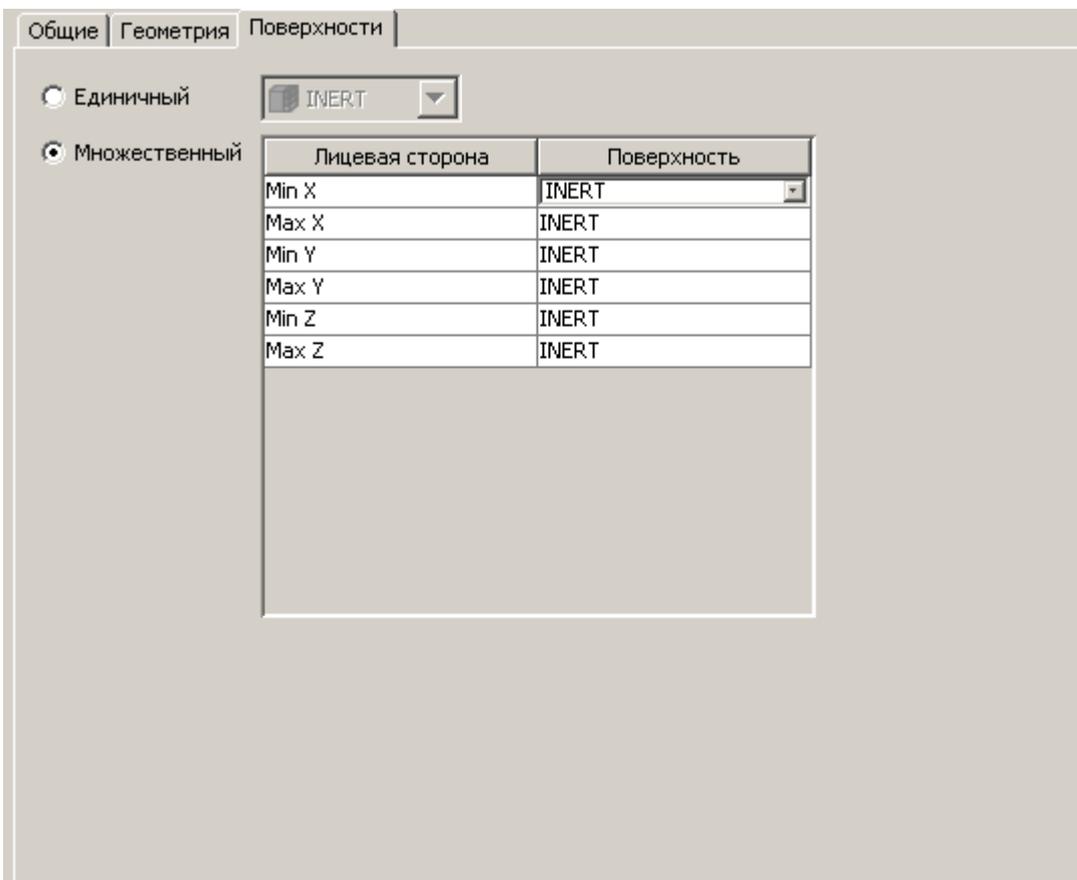
- Сглаживание (20.3)
- Расширить – сделать препятствие толщиной не менее ячейки сетки
- Запись BDNF – если выбран в «выходных данных» файл граничных величин, то можно задать, чтобы на некоторых препятствиях эта выходная величина не вычислялась (для экономии места на диске и времени расчета – если вы уверены, что для этого препятствия не потребуется данной информации)

- Разрешить создание отверстий – указывает, что приоритетнее – отверстие или препятствие.
- Разрешить вентиляционные отверстия – аналогично, показывает, какая поверхность приоритетнее – вентиляционного отверстия или препятствия
- Удаляемый – может ли использоваться для него свойство «выгорание»
- Отображать в виде контура – данное препятствие будет показано на сцене контурными линиями
- Объемная плотность (насыпная плотность) – показывает количество топлива, если объект горит

На вкладке «Геометрия» задаются размеры и положение объекта:



На вкладке «Поверхности» определяется, какие свойства имеют грани препятствия. Можно задать одну поверхность, которая будет применена к каждой грани препятствия, а можно для каждой грани задать свою поверхность.

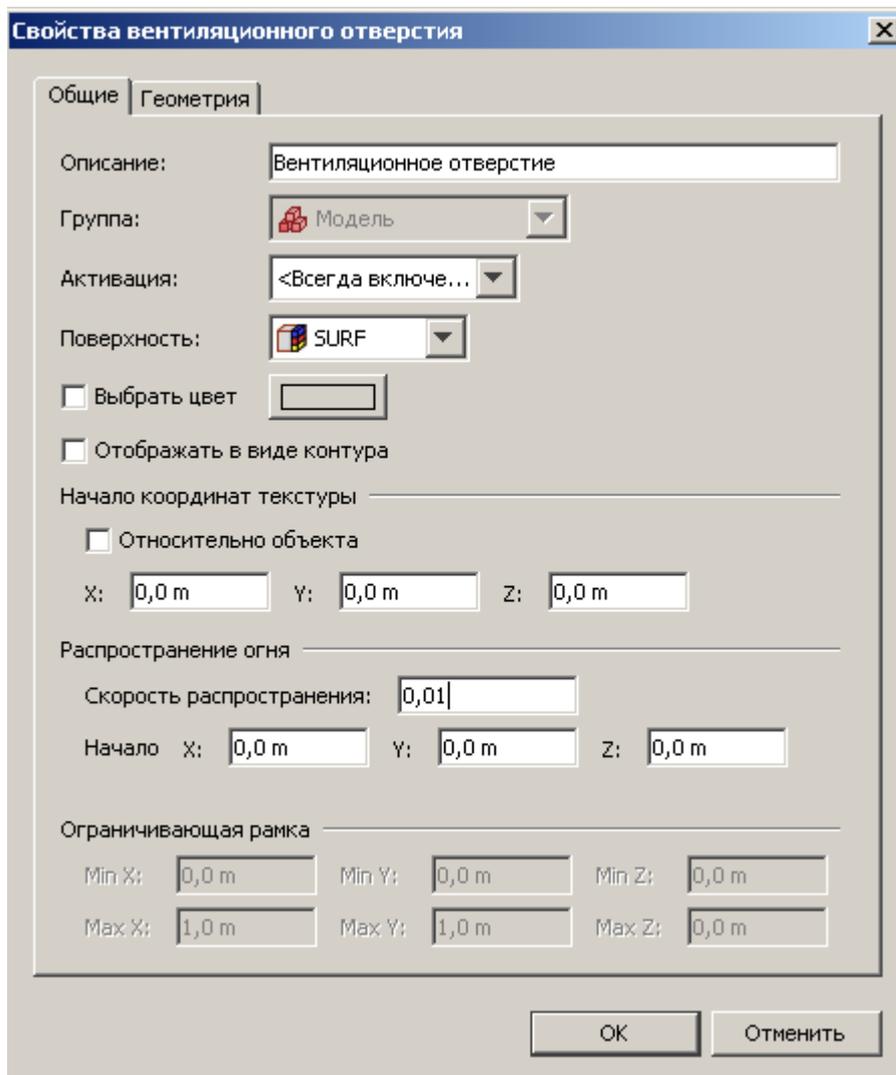


## 22. Вентиляционное отверстие

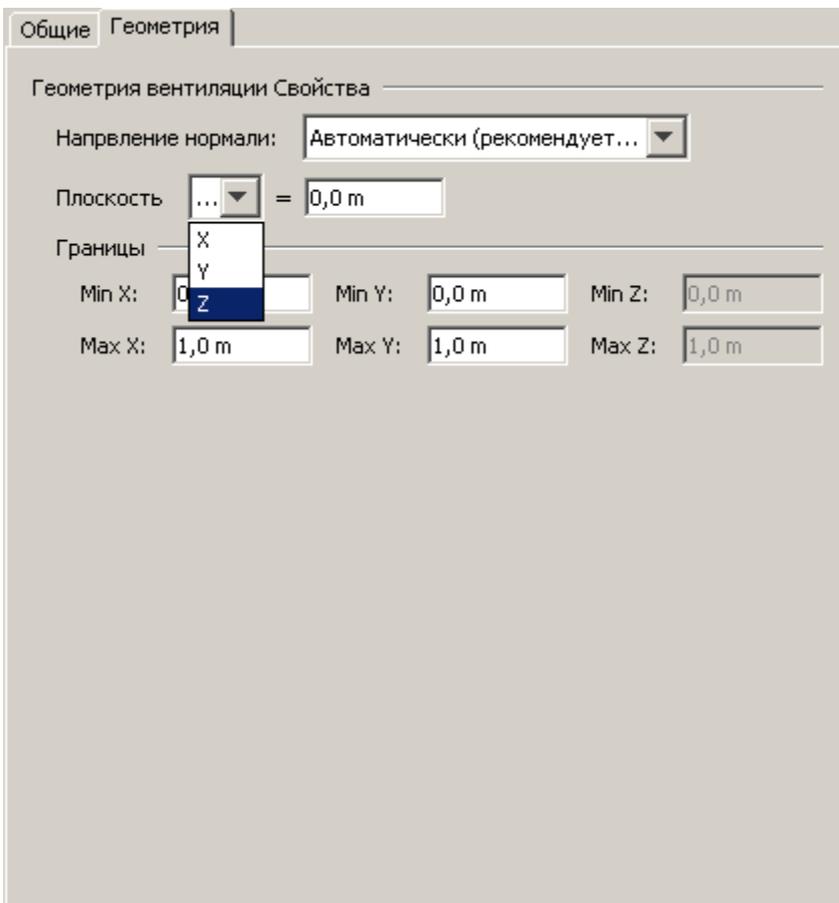
По сути, вентиляционное отверстие (VENT) – это плоскость с заданными граничными условиями. В отличие от препятствия, VENT двухмерный. Он может находиться на границе какого-либо препятствия или на границе сетки.

Большинство свойств аналогичны препятствиям – название, цвет, поверхность, текстура.

Если выбранная поверхность может гореть (горелка или многослойный материал), то появляется свойство «Скорость распространения огня». Если задана скорость и указана точка начала распространения (следите внимательно за координатами, чтобы точка не оказалась вне VENTа), то горение начнется в указанной точке и будет распространяться радиально по поверхности. Обратите внимание, если вы задаете скорость распространения пламени, нет необходимости учитывать увеличение мощности в свойствах поверхности! В этом случае задайте HRRPUA постоянным.



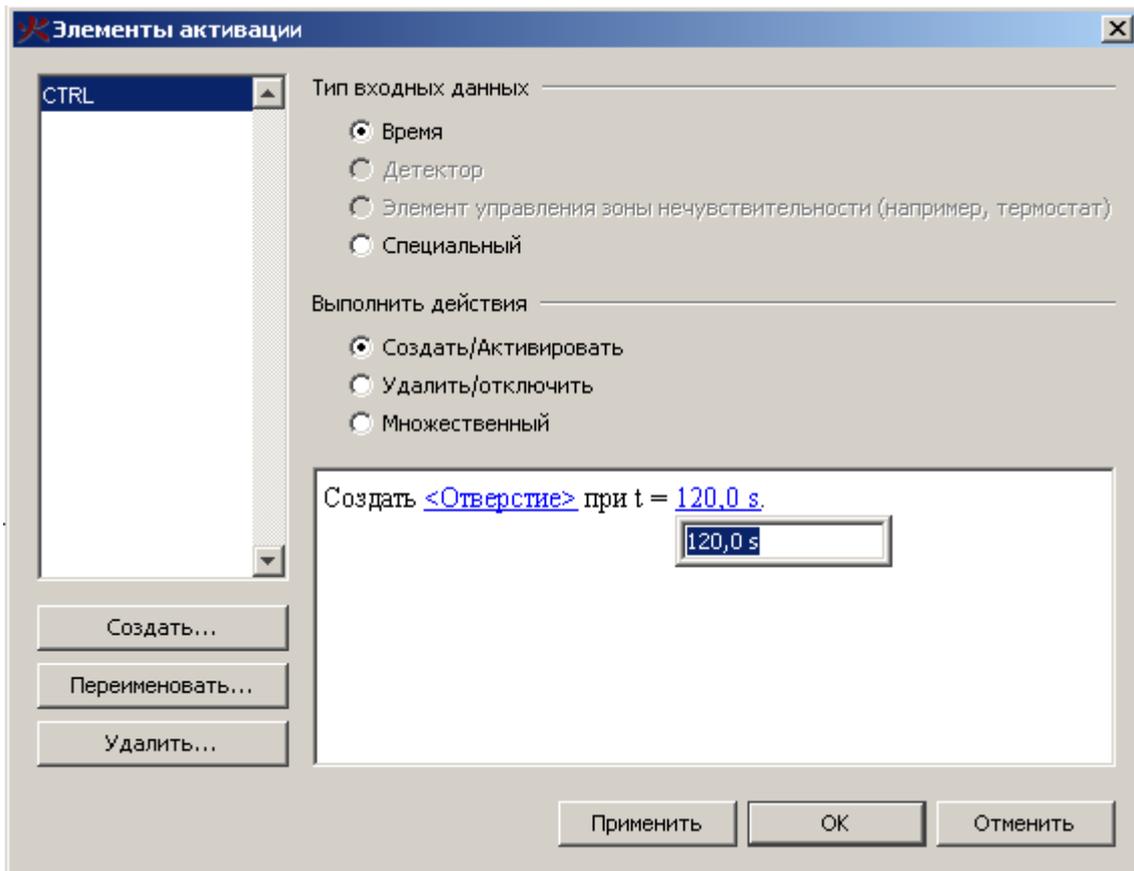
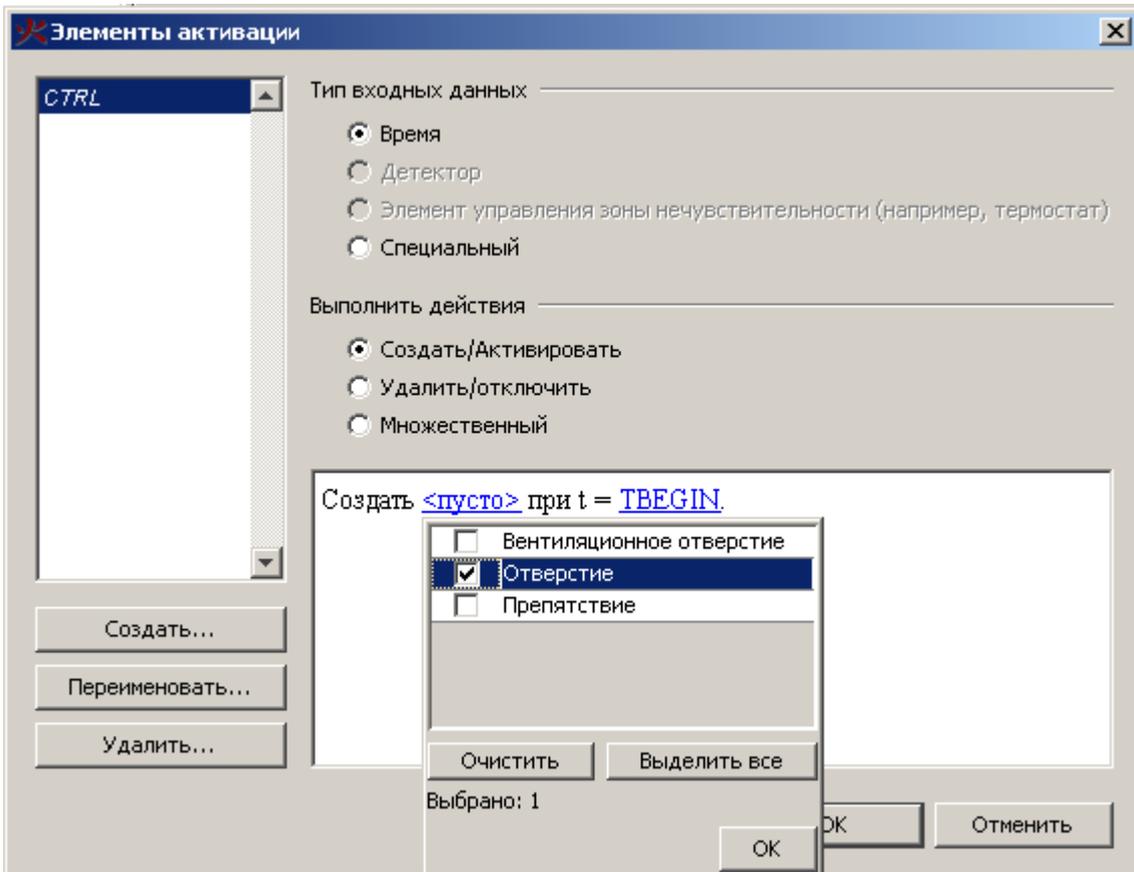
На вкладке «Геометрия» нужно выбрать плоскость, в которой находится VENT и задать размеры.



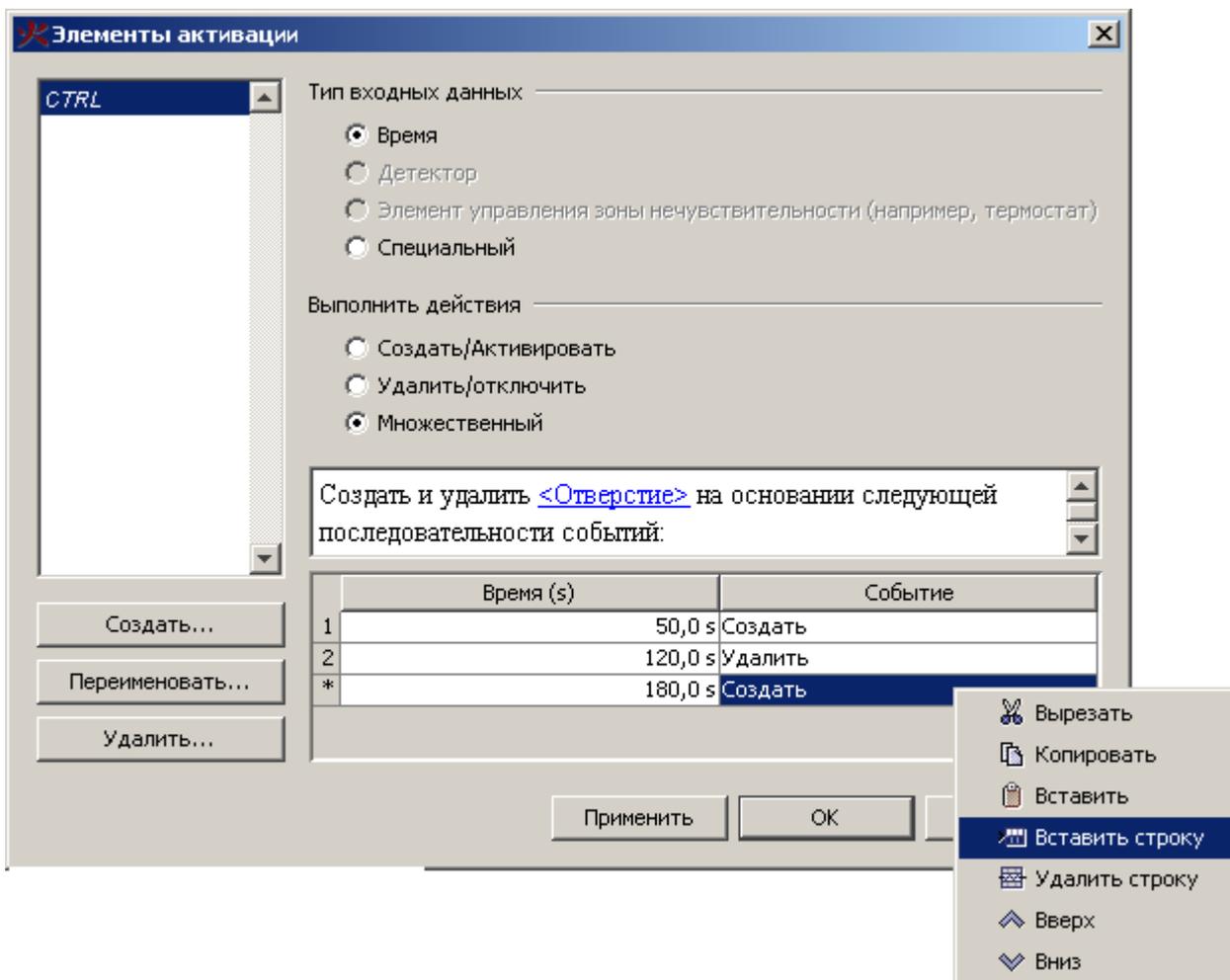
### 23. Элемент управления

Элементы управления позволяют управлять включением/выключением объектов в процессе расчета.

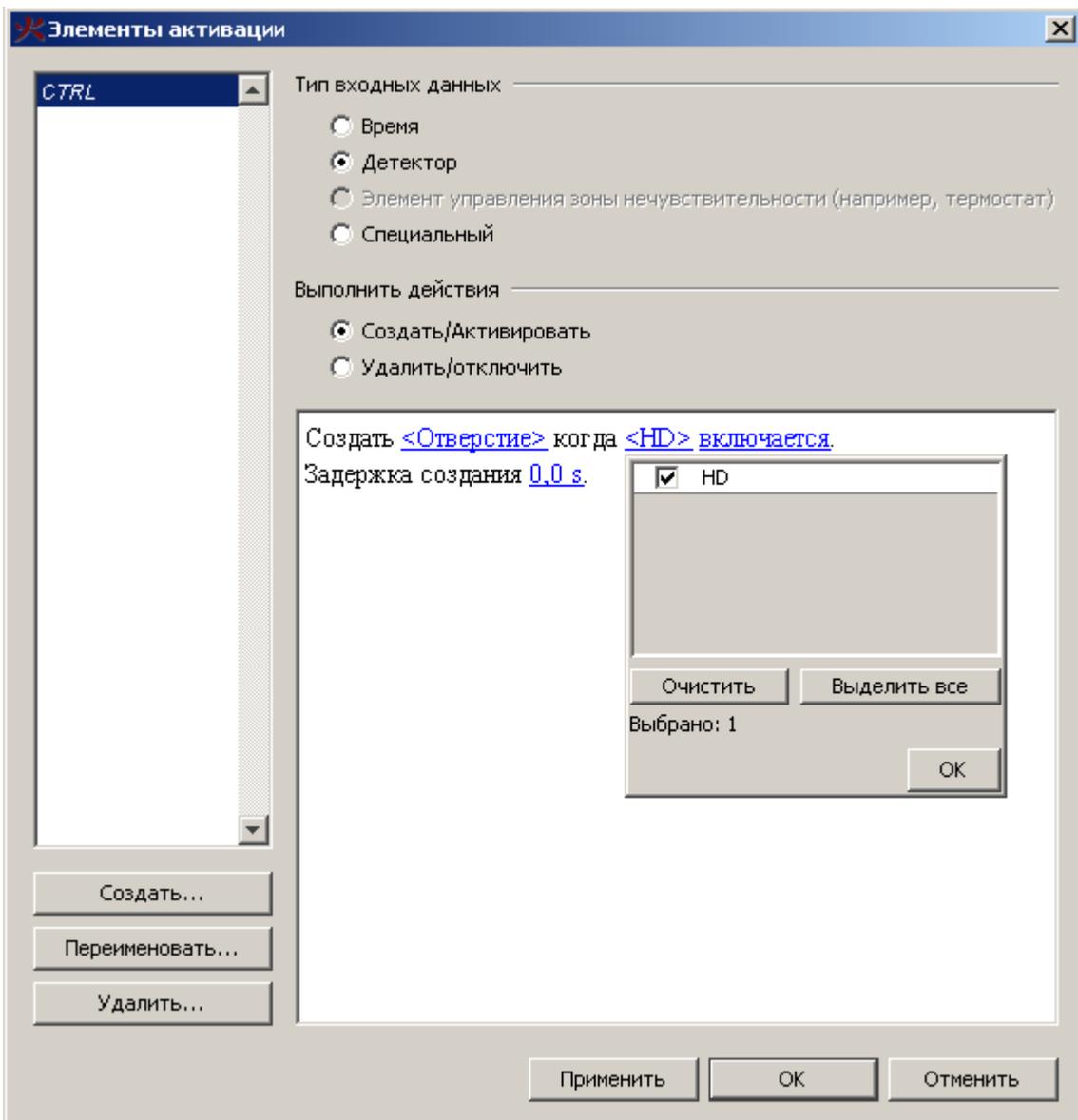
Можно создать или удалить объект в определенный момент времени.



Создать и удалить – единоразовое действие с объектом. Если нужно за время расчета один и тот же объект включить-выключить несколько раз, нужно использовать «множественный».

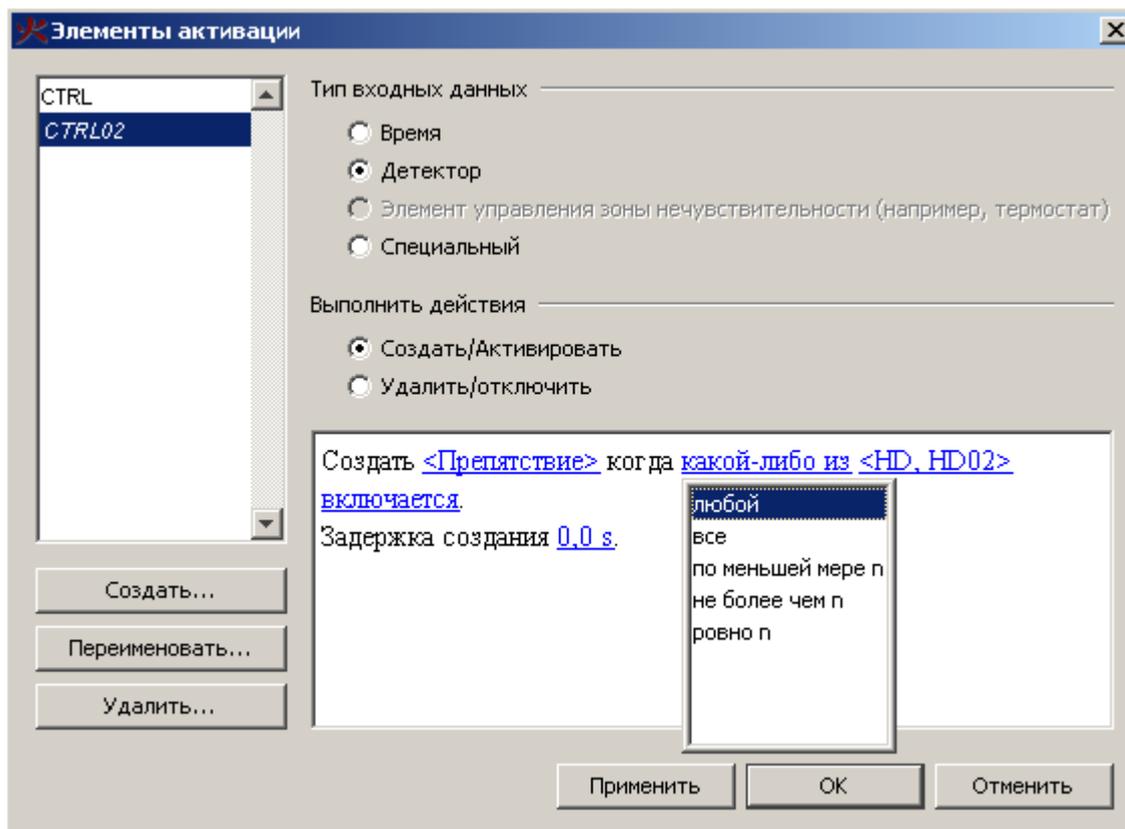


Если в модели есть детекторы (тепловой или дымовой), можно заставить включиться-выключиться при срабатывании детектора (например, при достижении определённой температуры открывается окно/дверь).



«Задержка создания» - время, через которое выполнится событие после срабатывания детектора.

При этом можно использовать логические функции:



Выбор «элемент управления зоны нечувствительности» вызывает экстренное закрытие программы.

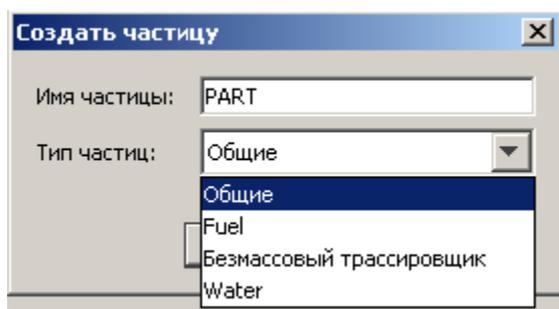
Специальный – позволяет ввести данные вручную, но особого смысла не имеет.

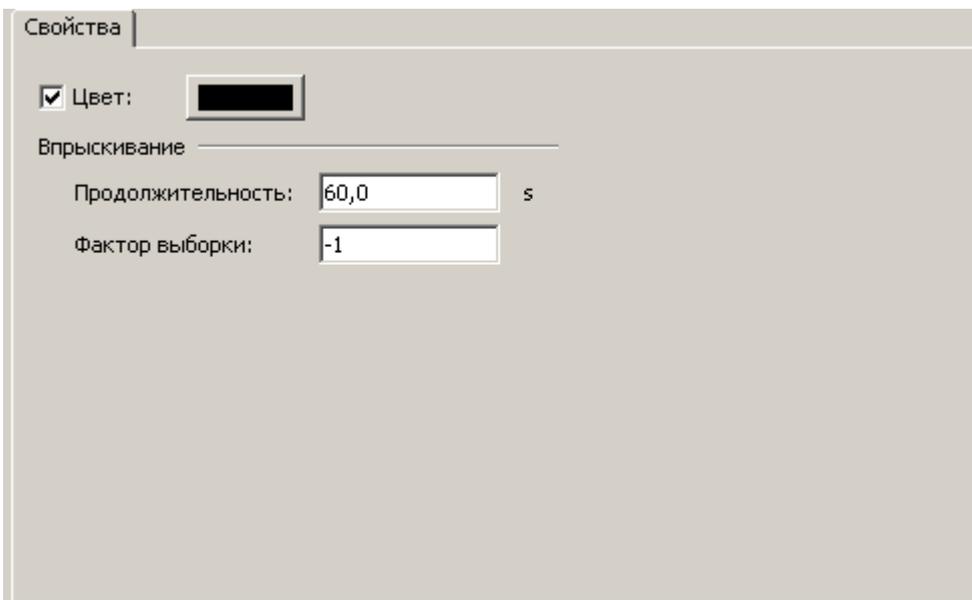
## 24. Частицы

Для расчетов пожарного риска (по крайней мере, на начальном этапе), частицы, скорее всего, не потребуются – это уже более сложное и специфическое моделирование.

Редактирование частиц выполняется через меню «Модель» - «Редактировать частицы».

Есть четыре типа частиц: безмассовые, водяные капли, топливо и общие (по сути – тоже водяные капли).





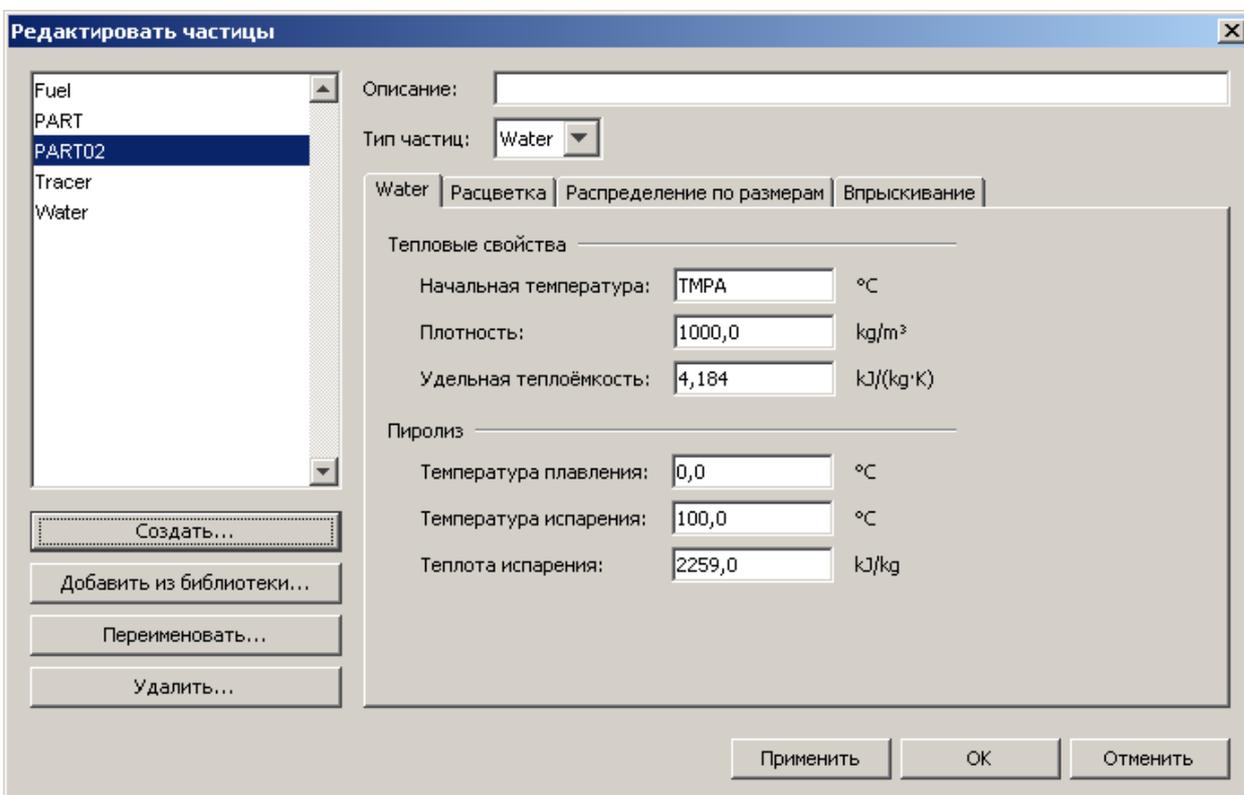
Безмассовые частицы используются для отслеживания движения воздуха в процессе моделирования. Они могут быть добавлены через вкладку «Впрыскивание частиц» для поверхностей «горелка», «приток», «нагреватель/охладитель», «многослойный материал».

«Продолжительность» - время впрыскивания частиц.

«Фактор выборки» - для уменьшения размеров выходных файлов. «-1» - значение по умолчанию. «1» – каждая частица отображается, «2» – каждая вторая и т.п.

Можно использовать «Tracer» по умолчанию, можно сделать свой – задать цвет и параметры впрыскивания.

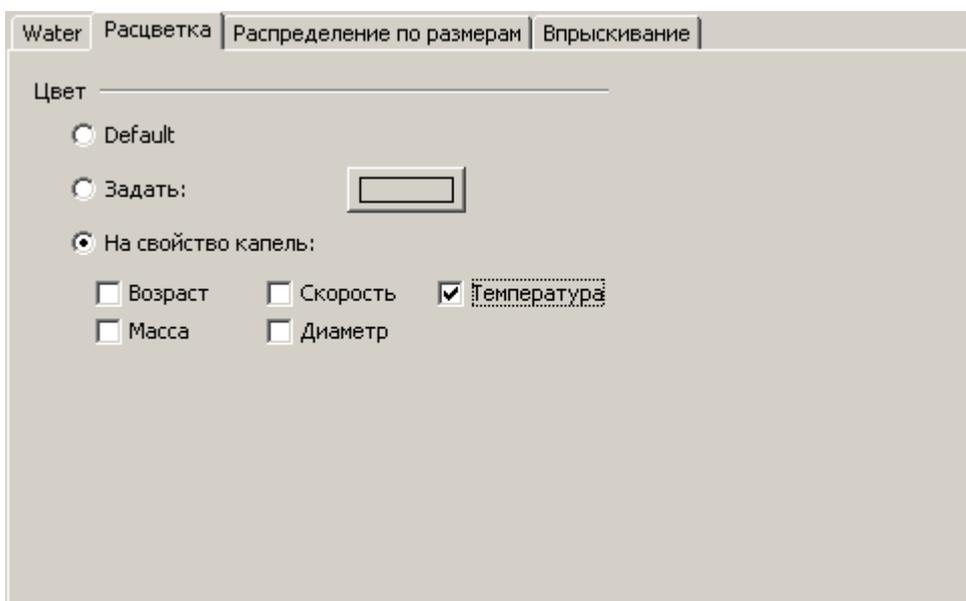
Водяные капли:



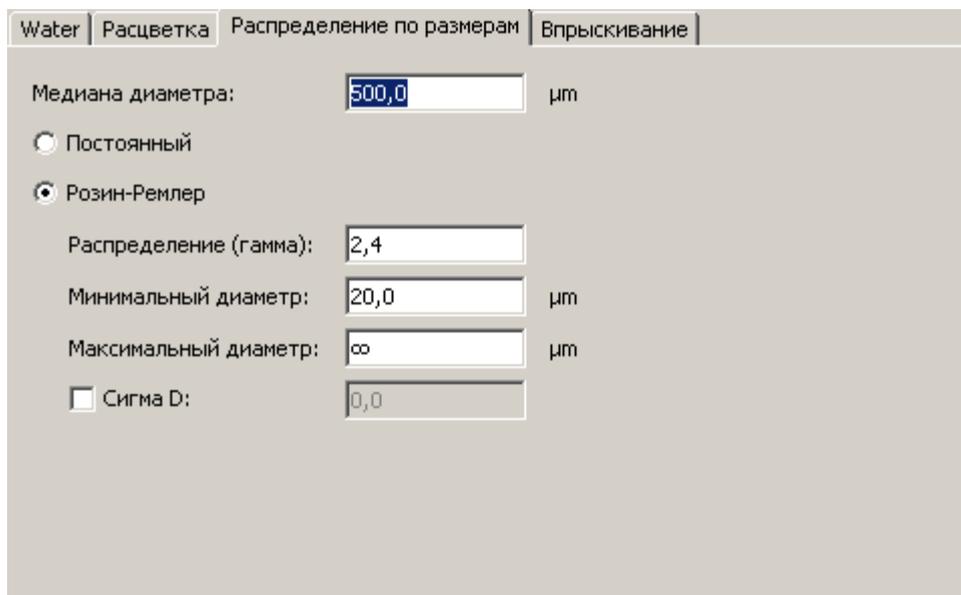
Капли могут использоваться в спринклерах и форсунка, а также как облако частиц и выделение частиц с поверхности.

Можно использовать «Water», заданный по умолчанию, можно задать свои свойства. На первой вкладке задаются физические свойства воды.

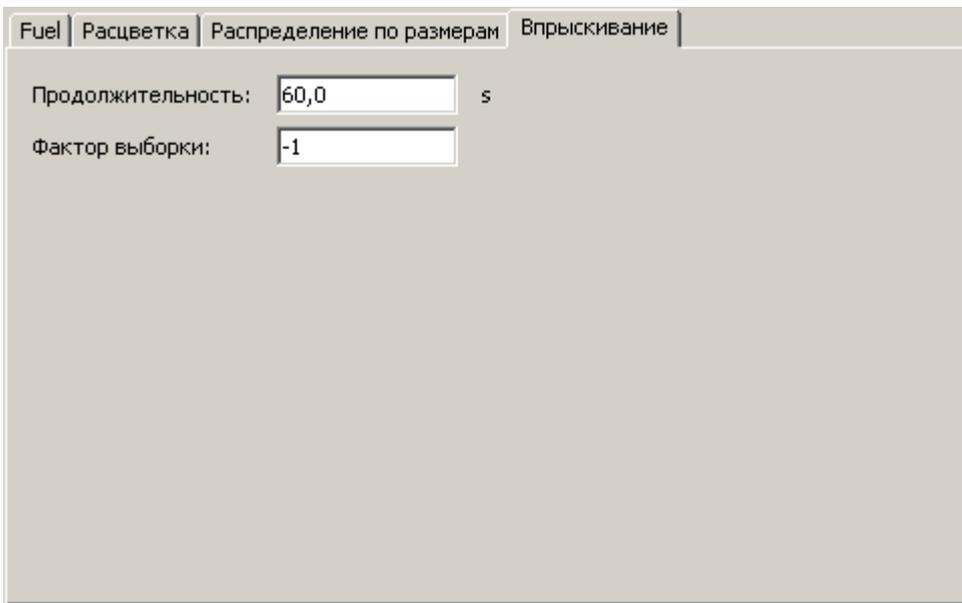
На следующей – расцветка. Цвета капель могут быть как одинаковые для всех, так и отличаться в зависимости от какого-либо параметра – массы, скорости, температуры и т.п.



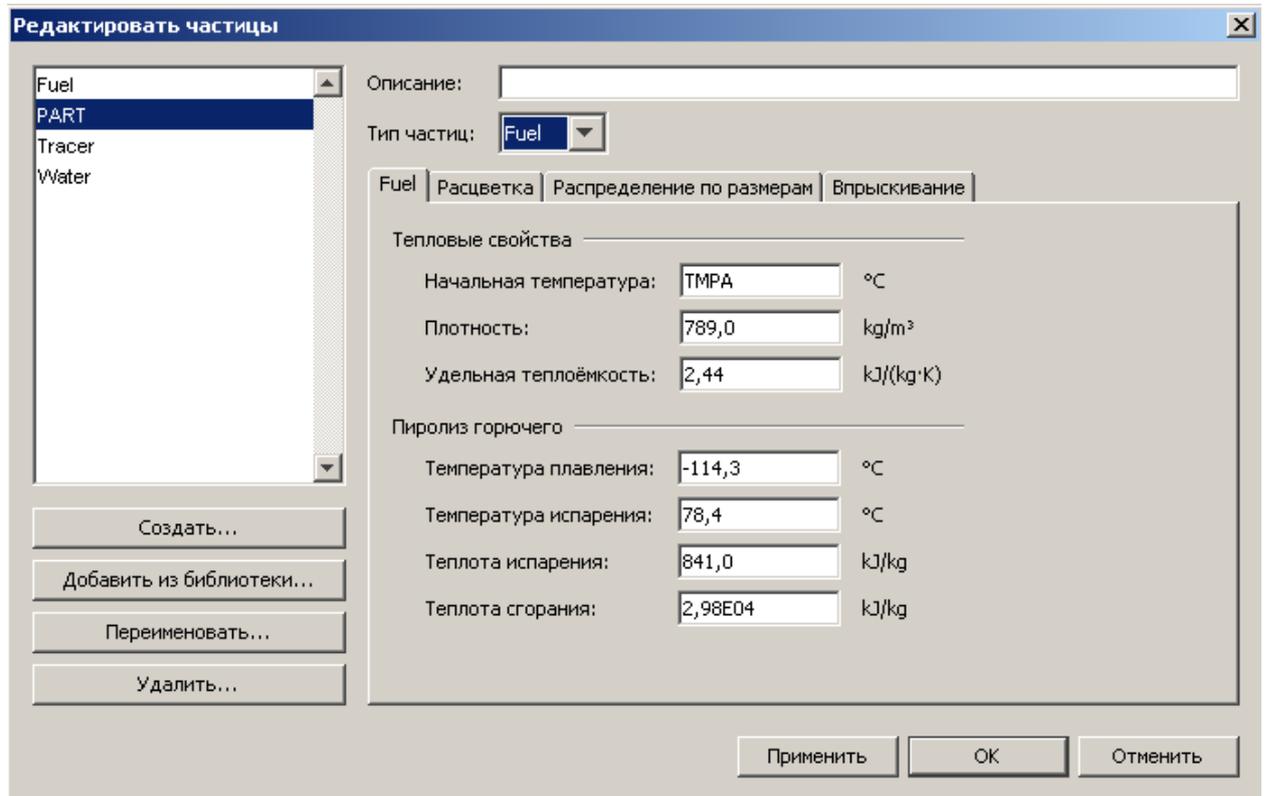
Размер капель может быть как постоянный, так и заданный гамма-распределением.



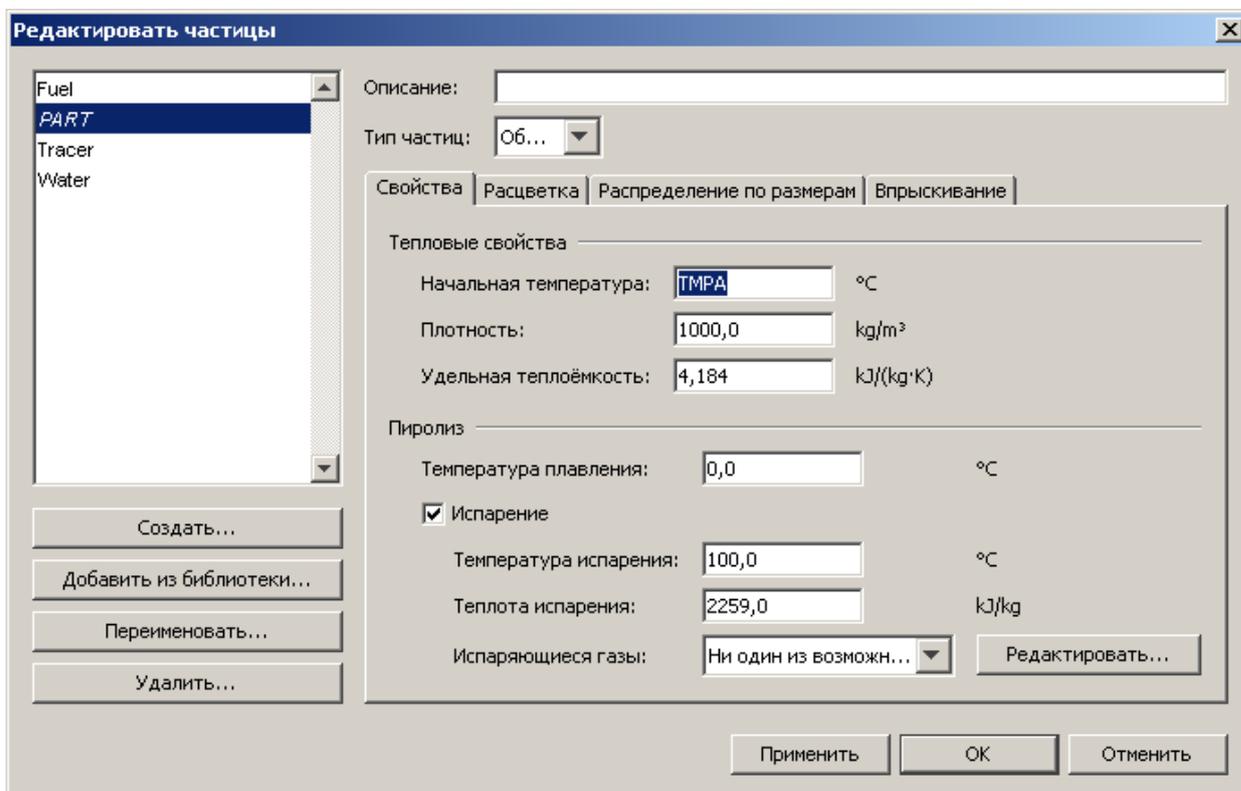
Вкладка «Впрыскивание» аналогична для всех капель.



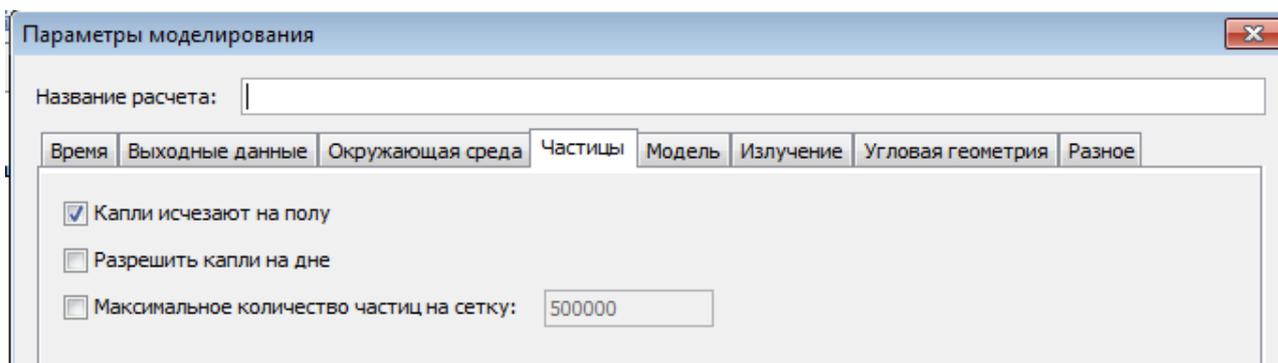
Капли топлива полностью аналогичны водяным, только у них еще есть теплота сгорания:



Свойства капель типа «Общие» также аналогичны, но позволяют задать, какие газы выделяются при испарении капель.



Кроме того, в FDS-параметры моделирования есть несколько глобальных параметров для частиц.



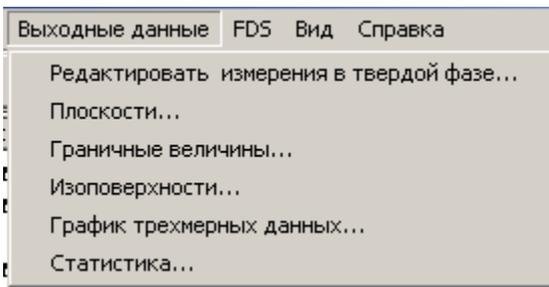
«Капли исчезают на полу» - чтобы достигнув препятствия, капли исчезали, а не образовывали лужу. Если галочку убрать, лужа образуется – это замедляет расчет.

«Разрешить капли на нижней поверхности» - для некоторых специфических приложений капли могут находиться на нижней поверхности препятствия. Это тяжело для расчета и обычно отключено.

«Максимальное количество частиц на сетку» - ограничивает число капель в сетке.

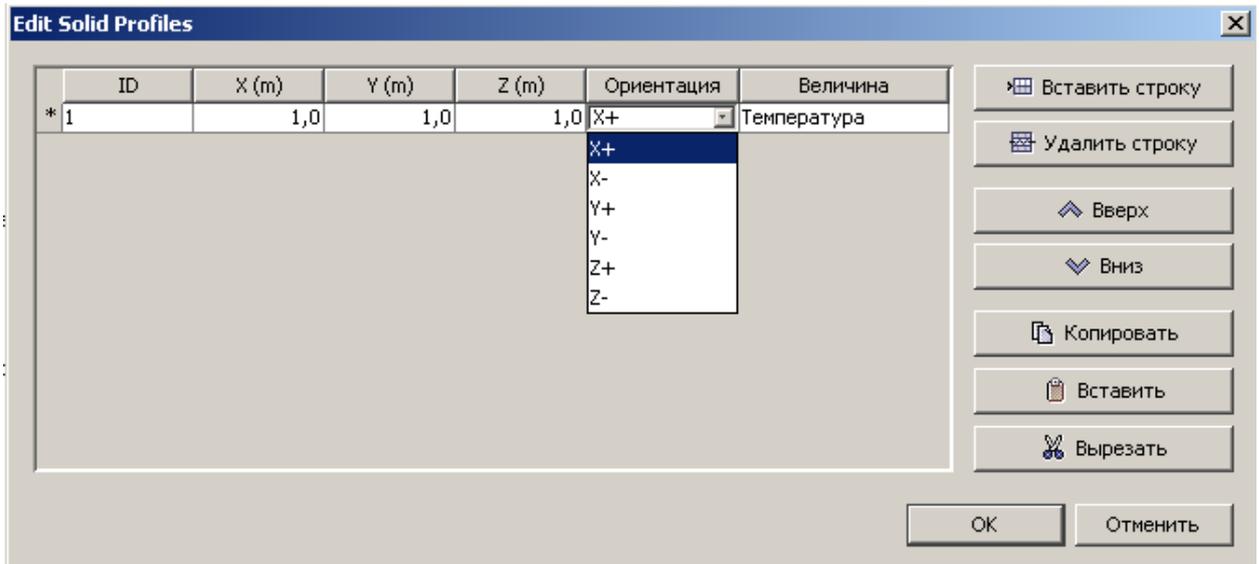
## 25. Выходные данные

Перед запуском расчета необходимо определить, какие выходные данные должны быть сохранены в процессе расчета. Обратите внимание, что после выполнения расчета невозможно получить иные данные, кроме изначально заданных. Если после выполнения расчета вы обнаружили, что каких-то данных не хватает, придется заново указать список выходных данных и выполнить расчет.



### 25.1. Измерения в твердой фазе

Данная группа позволяет изменить некоторые величины (плотность, температуру) непосредственно внутри твердой поверхности (например, для расчета прогрева конструкций).



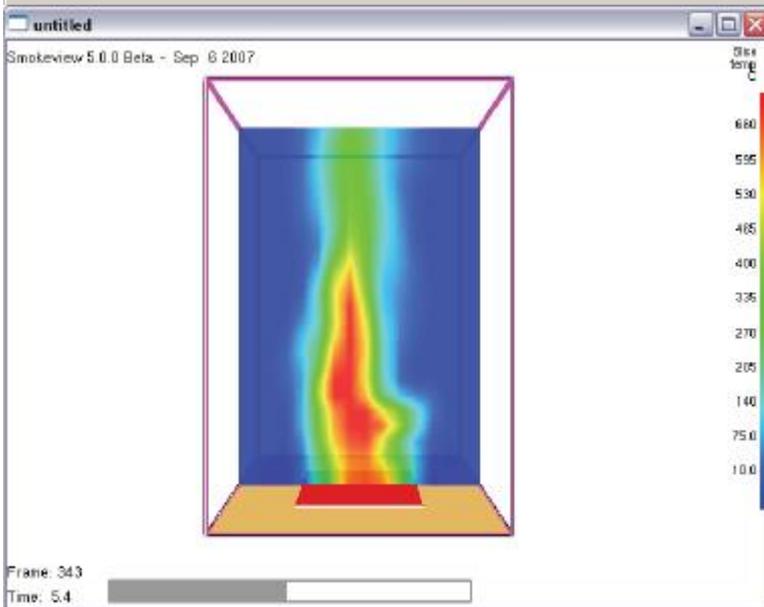
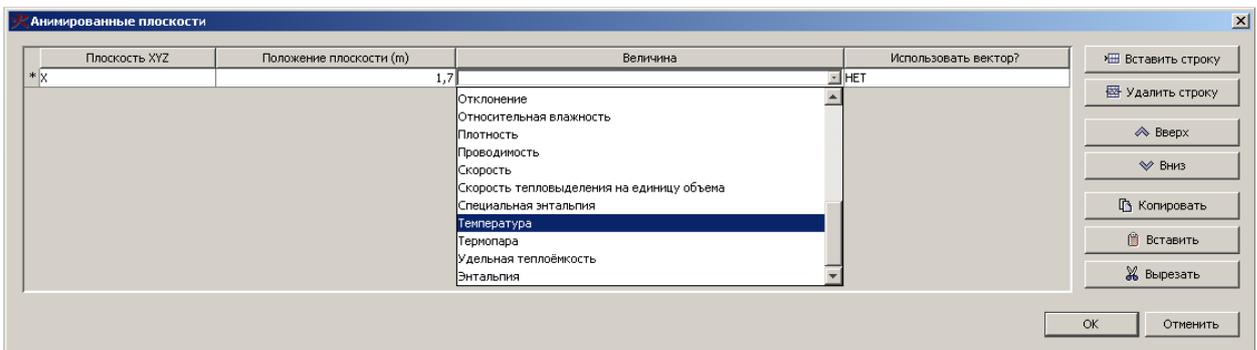
Нужно задать координаты положения точки на поверхности препятствия, ориентацию поверхности, величину.

Ориентация выбирается в направлении «от» поверхности – если, например, интересует температура верха объекта, нужно задавать Z+.

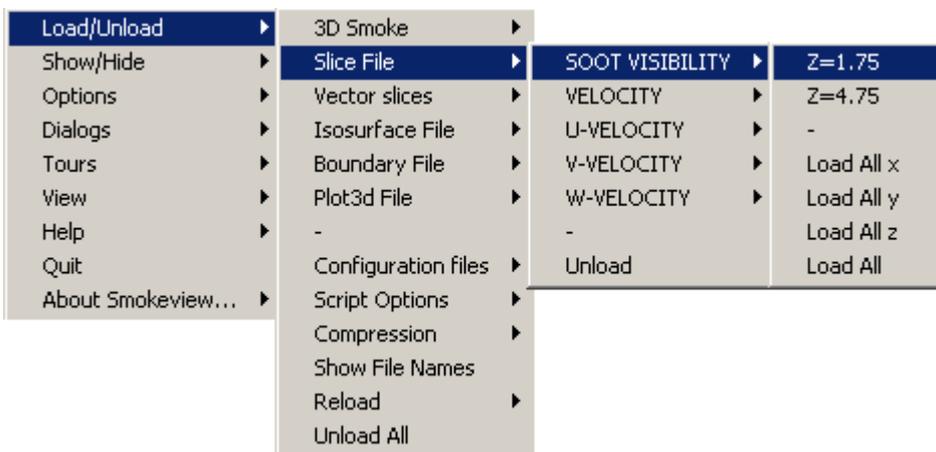
После выполнения расчета результаты можно посмотреть/обработать в файлах \*\*\_prof\_n.csv, где \*\* - название расчета, n – номер измерения.

### 25.2. Плоскости

Отображается значение выбранного опасного фактора в определенной плоскости. Нужно выбрать ось, перпендикулярно которой должна располагаться плоскость, и положение относительно начала координат. «Использовать вектор» - определяет, будет ли показано векторное изображение величины.

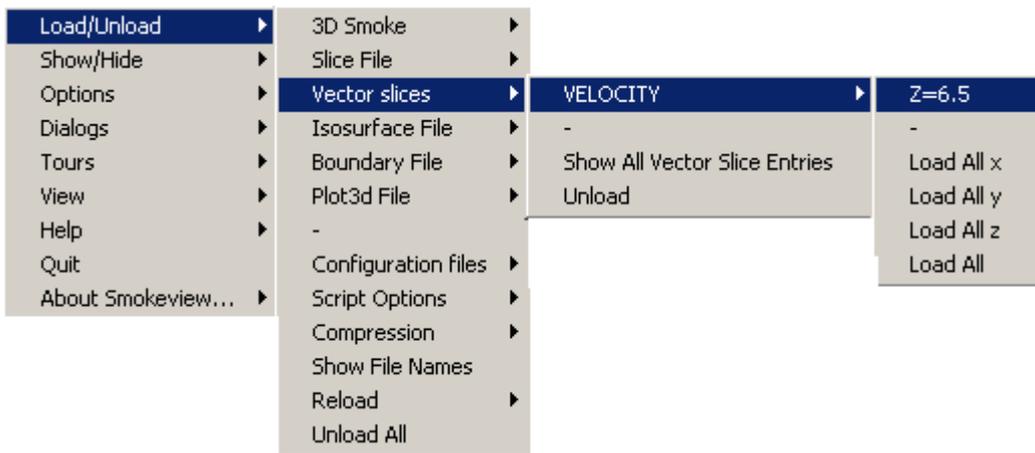


Посмотреть результаты можно в программе Smokeview (файл \*.smv): контекстное меню Load/Unload -> Multi-Slices file (Slice File)-> величина -> положение плоскости



Если для величины было выбрано Вектор=Да, то кроме скалярной величины можно посмотреть векторное изображение величины:

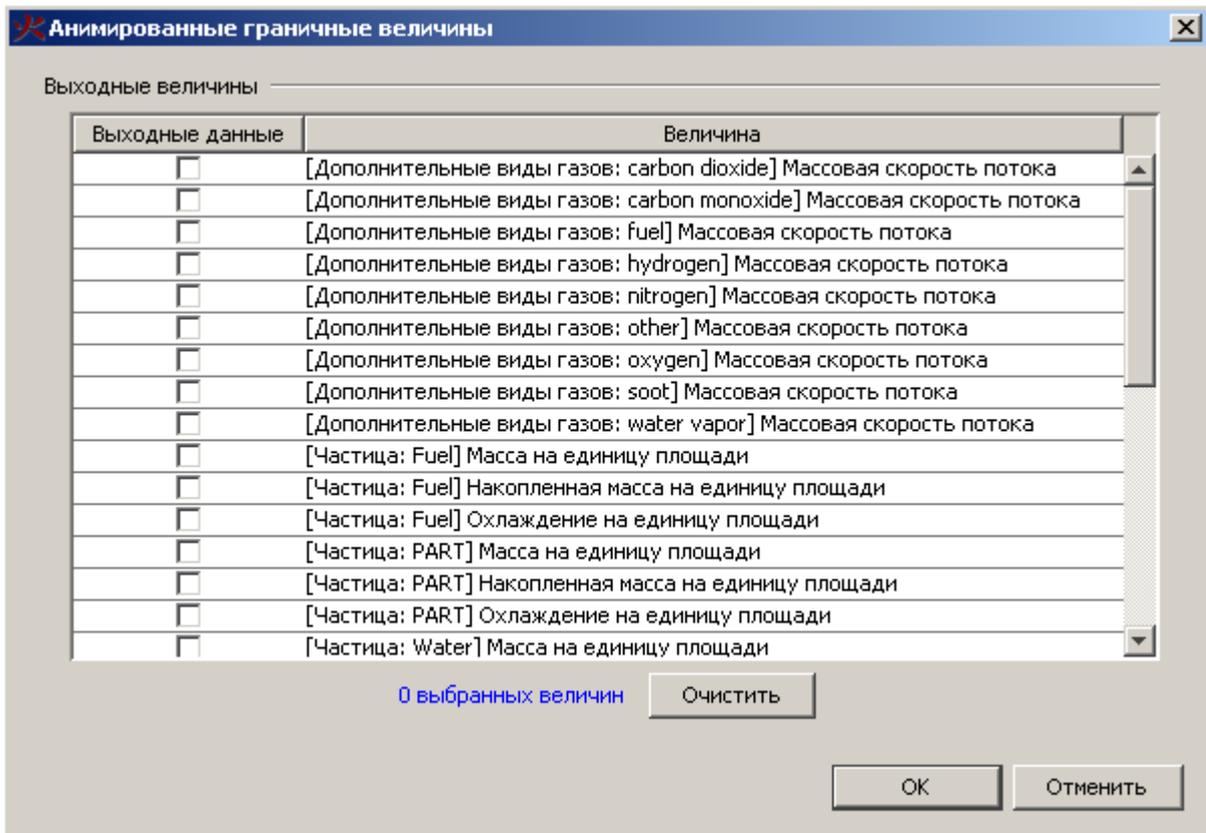
Load/Unload -> Multi-Vector Slices (Vector slices)-> величина -> положение плоскости

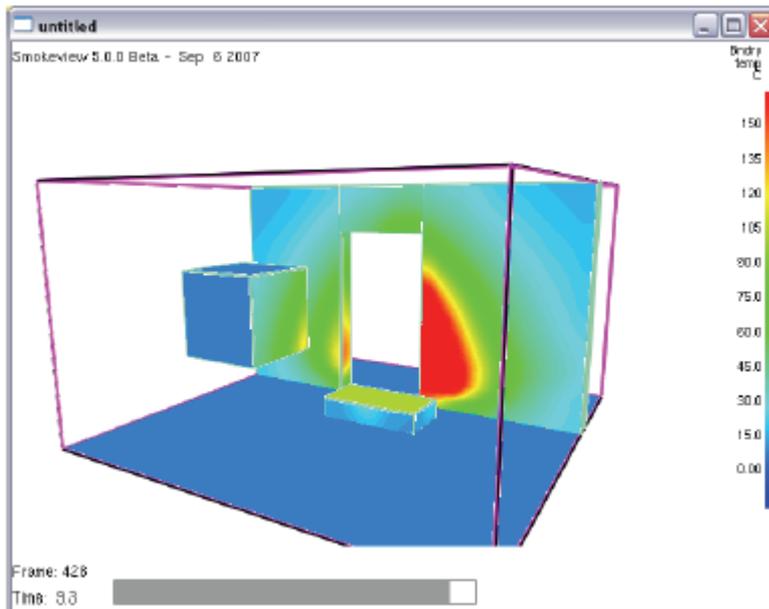


### 25.3. Граничные величины

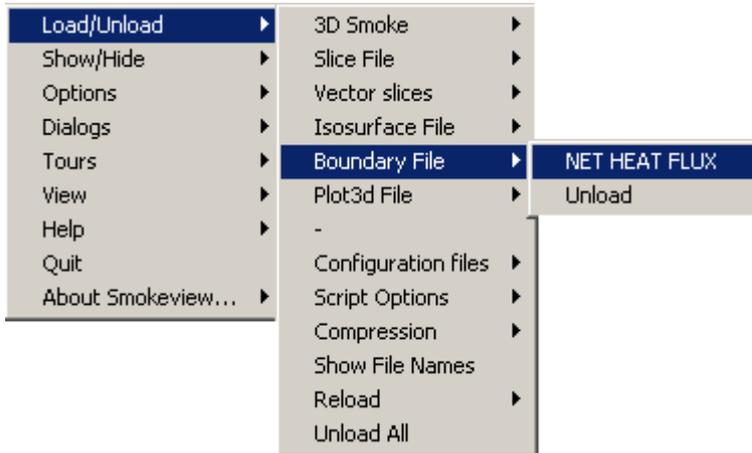
На каждой твердой поверхности (кроме тех, для которых задано свойство «не создавать BNDF»), будет показано изменение выбранной величины со временем.

Нужно отметить галочками нужные величины.



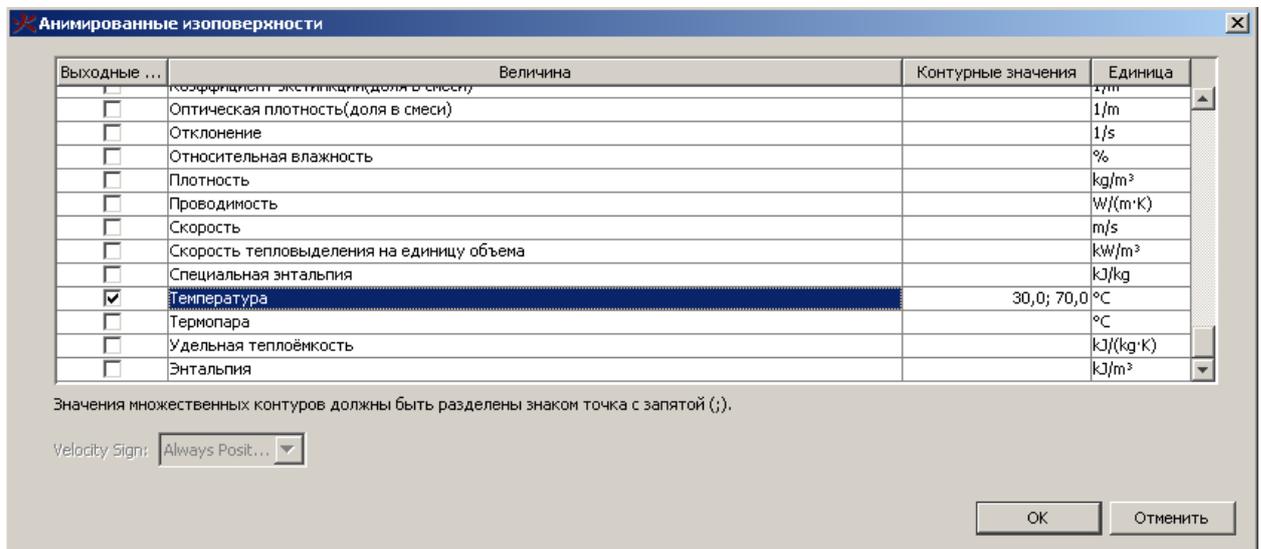


Посмотреть результаты можно в программе Smokeview (файл \*.smv): контекстное меню Load/Unload ->Boundary File-> величина

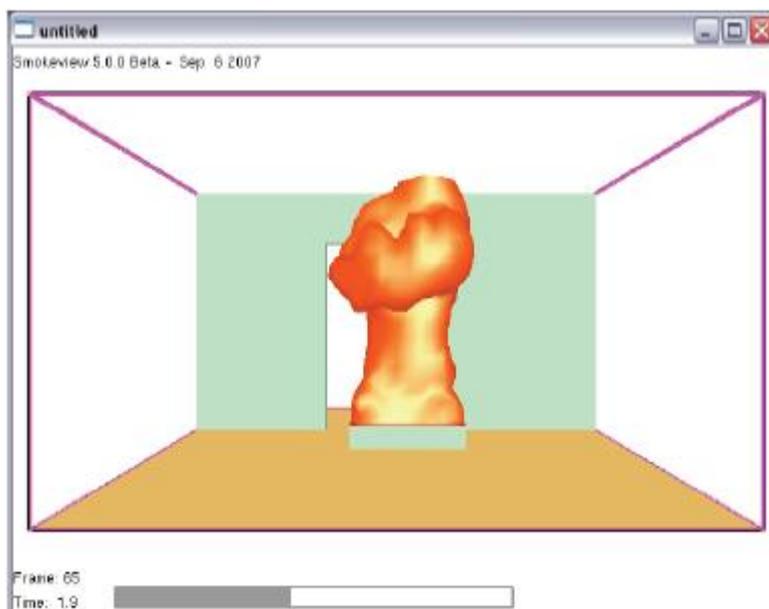


## 25.4. Изоповерхности

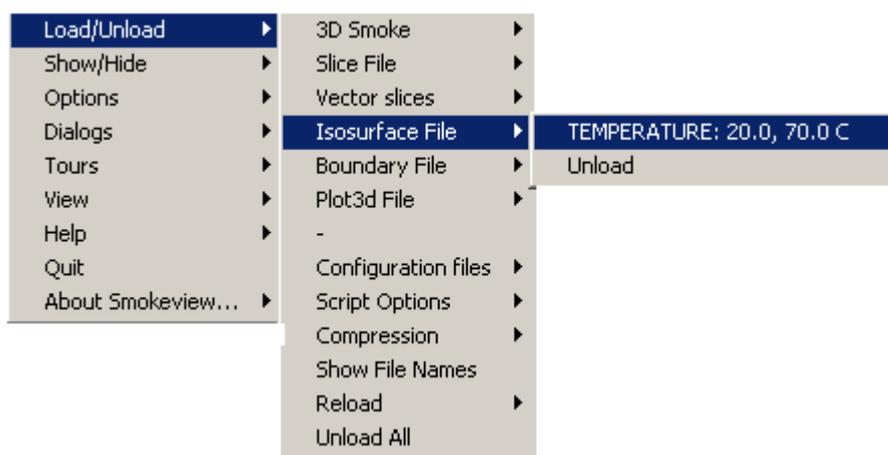
Показывает положение поверхности, в которой выбранная величина имеет определенное значение.



Нужно отметить галочкой конкретную величину и в столбце «контурные значения» через точку с запятой написать набор требуемых значений.



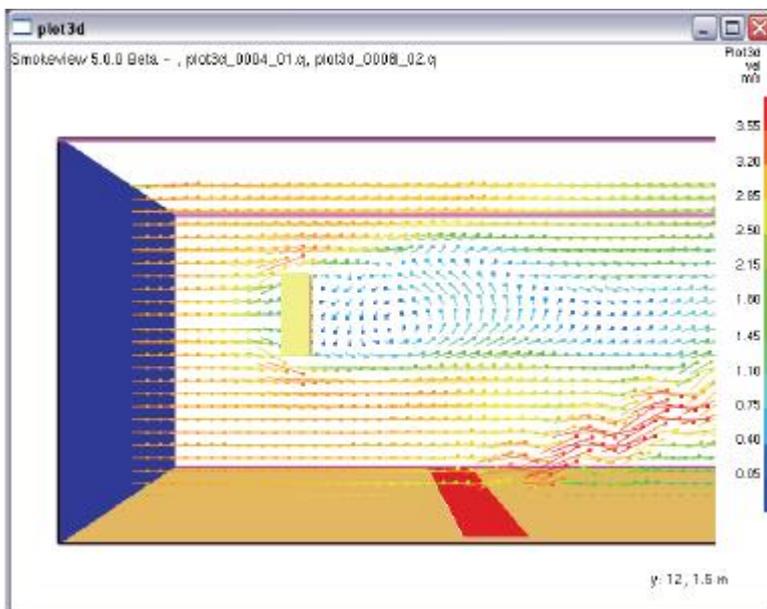
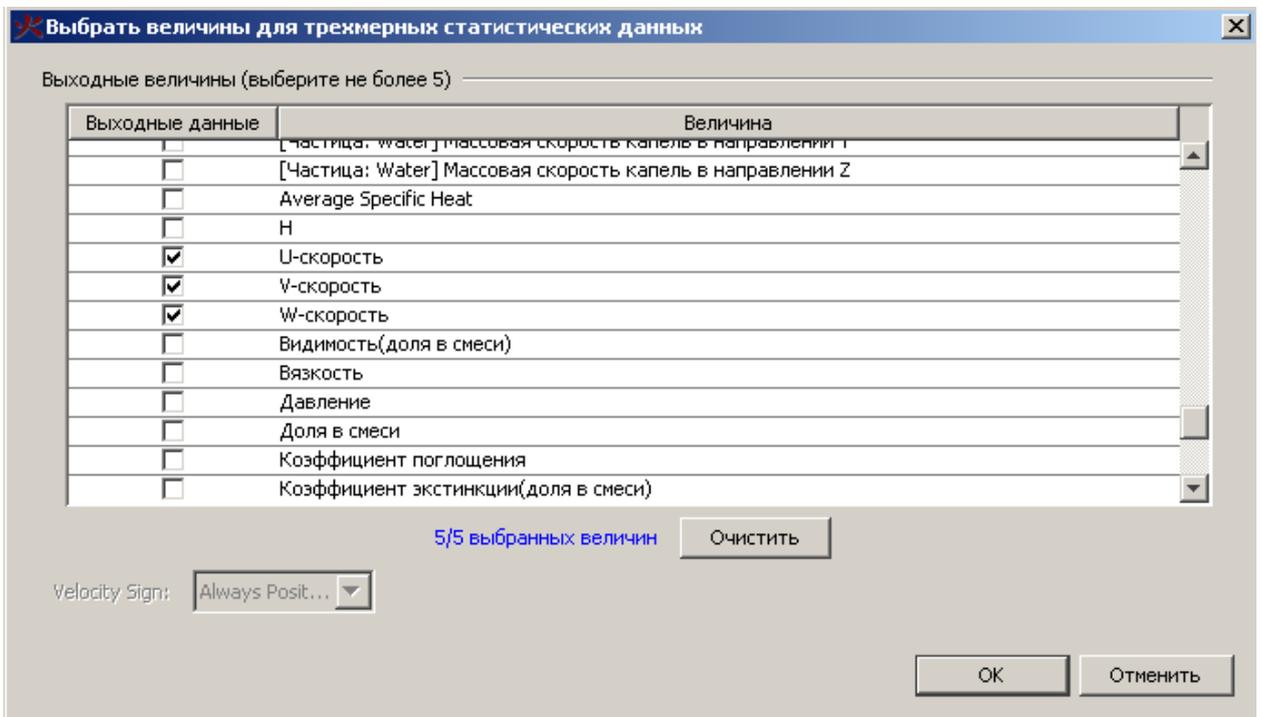
Посмотреть результаты можно в программе Smokeview (файл \*.smv): контекстное меню Load/Unload -> Isosurface File-> величина



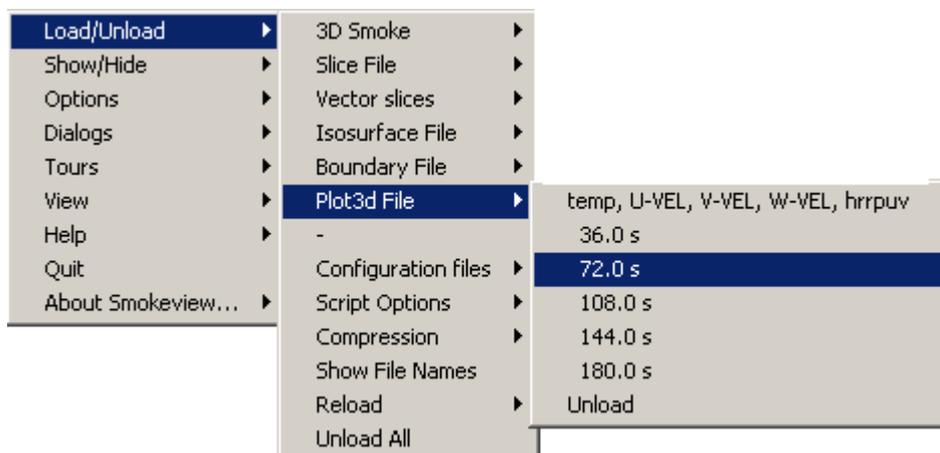
## 25.5. Трехмерные данные

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.

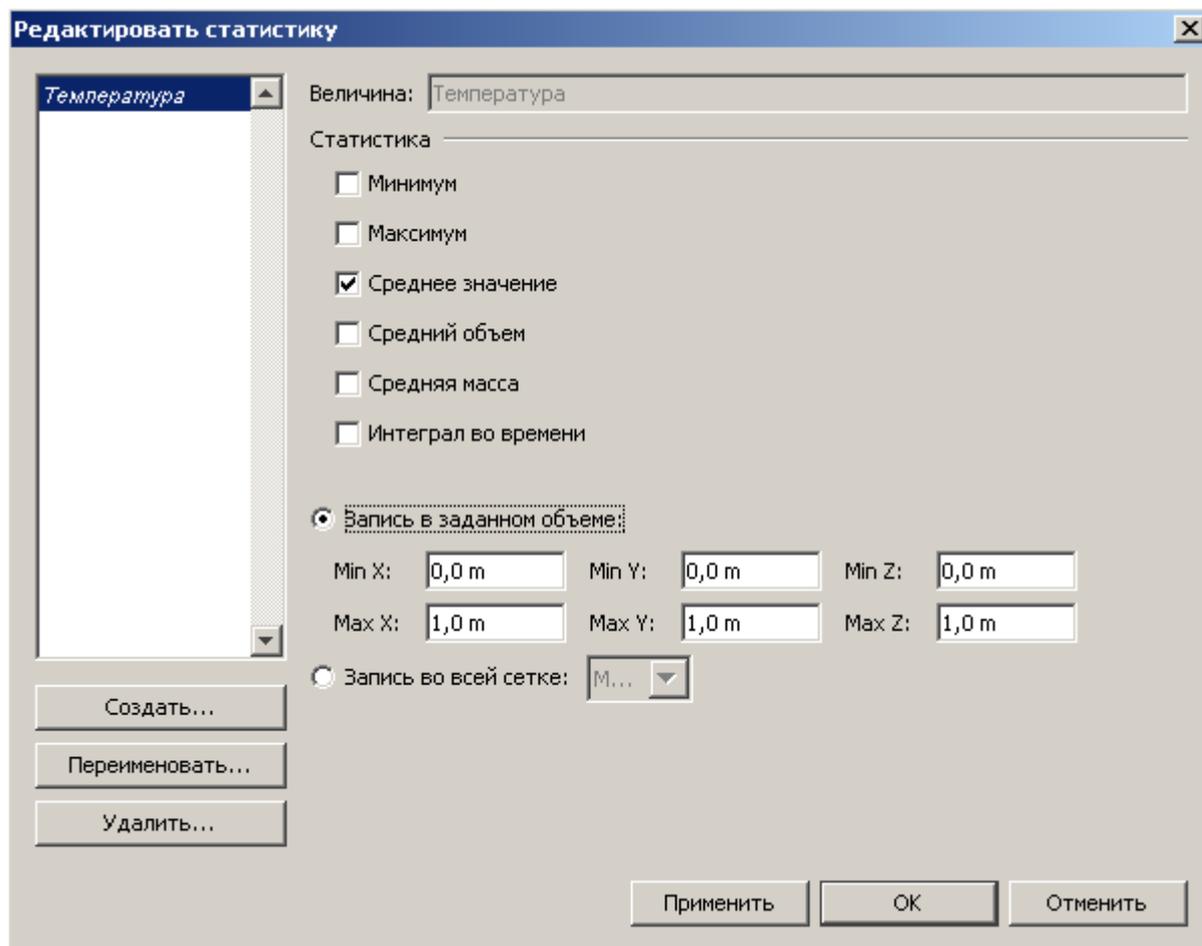


Посмотреть результаты можно в программе Smokeview (файл \*.smv): контекстное меню Load/Unload ->Plot3D -> время



## 25.6. Статистика

Записываются выбранные значения в какой-либо области пространства, причем фиксируется какая-либо статистическая функция – минимум, максимум, среднее и т.д. Можно фиксировать значения в каком-либо объеме, можно отдельно по всей сетке.



Функции:

Минимум – минимальное по времени значение (например, какого минимального значения достигла концентрация кислорода).

Максимум – максимальное по времени значение (например, какого максимального значения достигла концентрация угарного газа).

Среднее – среднее по времени значение (какая средняя температура была во время моделирования).

Среднеобъемное (только для газовой фазы) – аналогично среднему, но каждая ячейка сетки имеет вклад соответственно своему объему.

Среднемассовое (только для газовой фазы) – аналогично среднему, но каждая ячейка сетки имеет вклад соответственно массе газа в ней.

После выполнения расчета результаты можно посмотреть/обработать в файлах `**_devc.csv`, где `**` - название расчета.

## 26. Устройства

В программе есть несколько разнообразных устройств, объединенных в одну группу «устройства». Это спринклеры, датчики управления и измерительные датчики.

После выполнения расчета результаты можно посмотреть/обработать в файлах `**_devc.csv`, где `**` - название расчета.

Результаты устройств можно обрабатывать с использованием программы «СИТИС: Фламмер 3».

### 26.1. Аспирационная система

Аспирационная система представляет собой группу измерителей сажи. Система состоит из сети отборников проб, которые забирают воздух в различных местах и передают в центральную точку, где измеряется затемнение. Нужно задать местоположение отборников проб, расход отборников проб, время передачи каждого образца.

Сначала нужно создать отборники проб, задать расположение и название.

Аспираторный отборники проб

Имя отборника проб: ASAMP

Установить значение: 0,0 kg/m<sup>3</sup>

Запускать только один раз

Изначально активированный

Положение X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 0,0 m

Ориентация X: 0,0 Y: 0,0 Z: -1,0

Вращение: 0,0 °

OK Отменить

Затем создать сам аспиратор:

**Аспиратор** [X]

Имя аспиратора: ASP02

Скорость обводного потока: 0,0 kg/s

Вводные отборники проб

Доступен	Отборник проб	Задержка передачи (s)	Скорость потока (kg/s)
<input type="checkbox"/>	ASAMP	0,0	0,0

Установить значение: 0,0 %

Запускать только один раз

Изначально активированный

Положение X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 0,0 m

Ориентация X: 0,0 Y: 0,0 Z: -1,0

Вращение: 0,0 °

OK Отменить

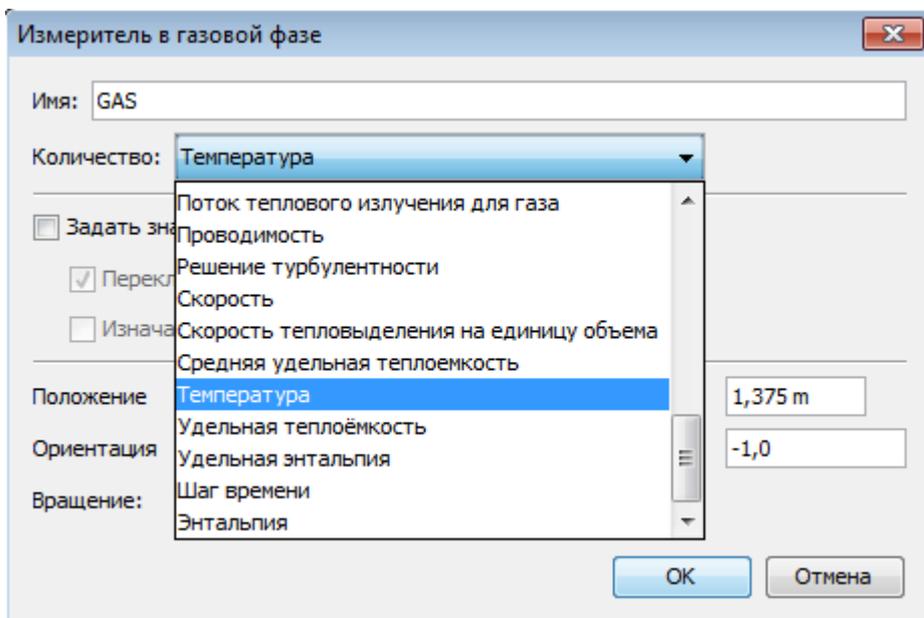
«Скорость обводного потока» - массовая скорость потока извне вычислительного домена в систему (описывает часть системы, лежащей вне вычислительного домена).

Для отборников нужно задать – «задержка передачи» - т.к. время поступления пробы от отборника до датчика, и «скорость потока» - массовая скорость забора пробы.

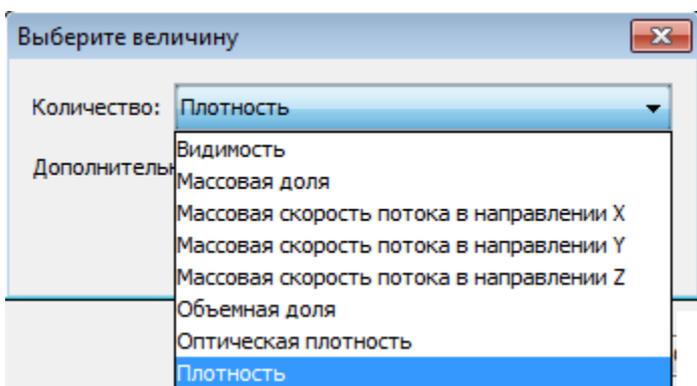
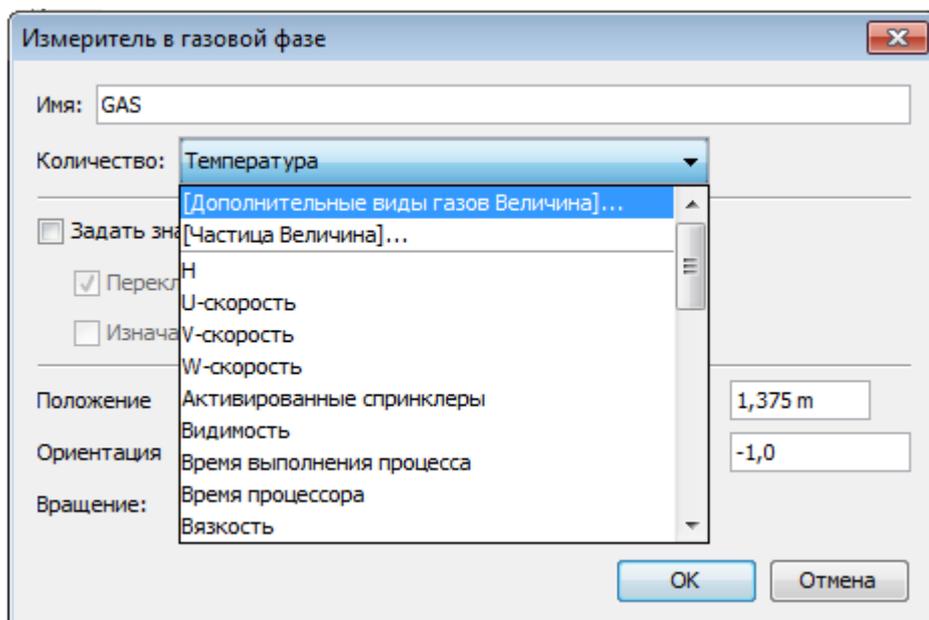
## 26.2. Измеритель в газовой фазе

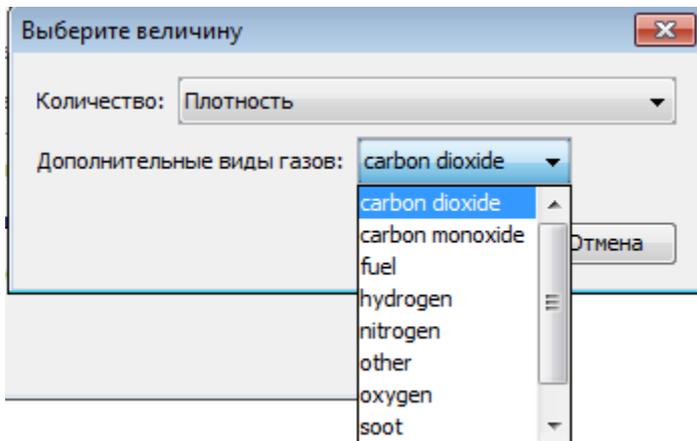
Измеритель в газовой фазе – основной датчик, который используется для получения значений ОФП в конкретной точке. Датчик может измерять любые параметры газовой среды.

Нужно задать ему название, величину, которую он будет измерять.



Обратите внимание, что для отдельных газов или частиц нужно сначала выбрать «дополнительные виды газов» или «частицы» - первые две строки величин, и только потом указать газ и величину:

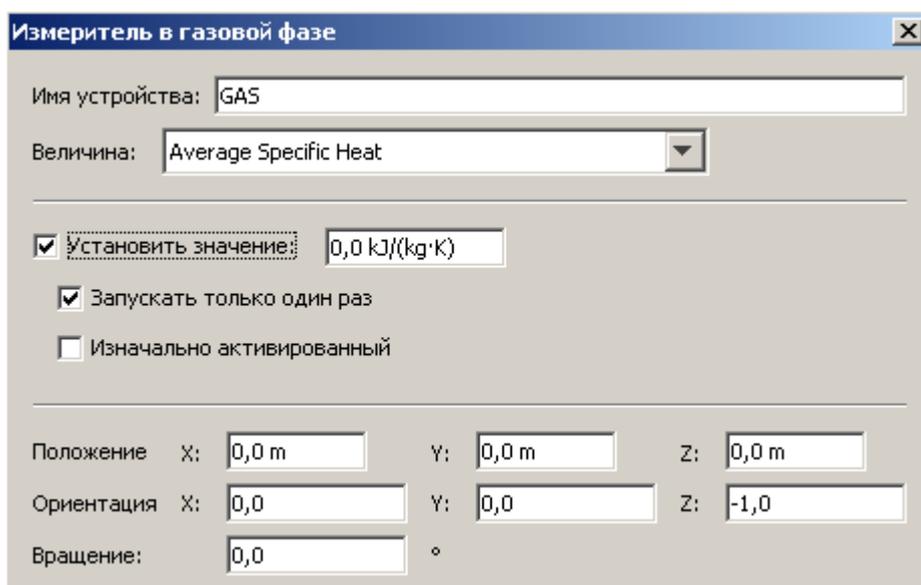




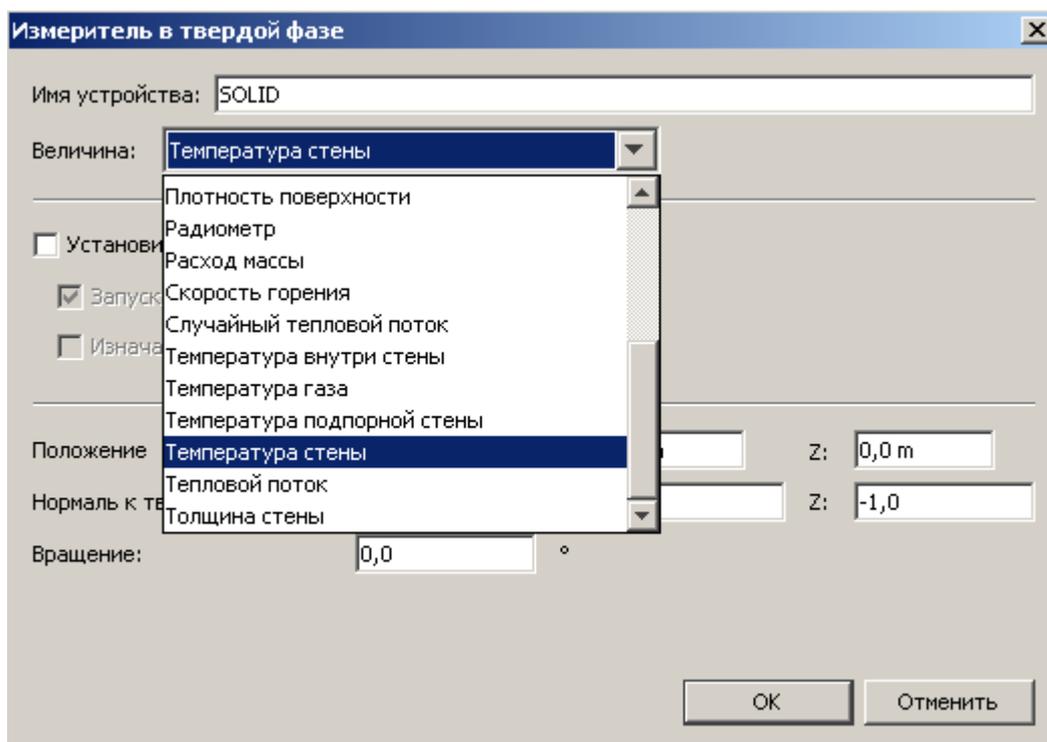
Для измерения опасных факторов пожара необходимо создать 7 датчиков:

- Carbon dioxide - Плотность
- Carbon monoxide - Плотность
- Oxygen - Плотность
- Other – Плотность (датчик для измерения концентрации хлороводорода)
- Температура
- Видимость
- Поток теплового излучения для газа

Кроме того, можно установить значение, при котором датчик будет «срабатывать» - тогда датчик можно будет использовать для управления объектами (исчезать препятствия, включаться вентиляторы и т.д.).

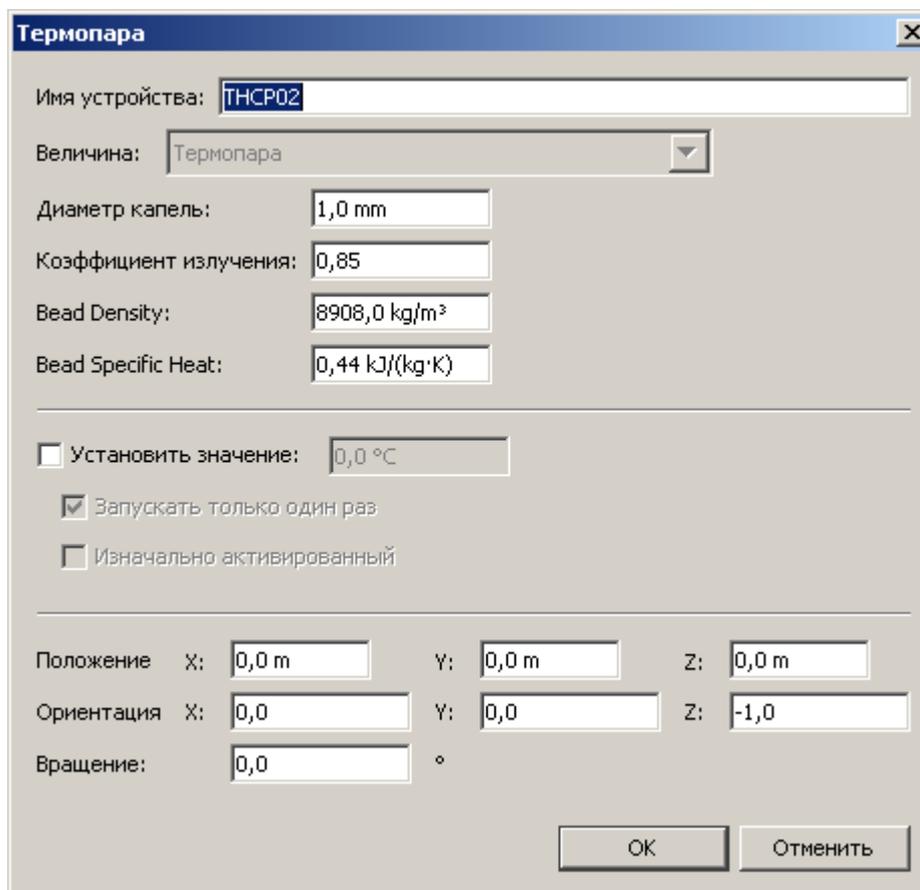


### 26.3. Измеритель в твердой фазе



Параметры имеет аналогичные газовому измерителю, но меряет величины в твердом теле. «Нормаль к твердой фазе» - это внешняя нормаль к поверхности, на которой расположен датчик.

### 26.4. Термопара



Здесь идет речь о моделировании реальной термопары, например, для сравнения с результатами эксперимента. Нужно задать плотность, теплопроводности, коэффициент излучения и диаметр измерительного датчика термопары.

## 26.5. Измеритель потока

Имя устройства: FLOW02

Величина: Массовый поток

Направление потока: Оба

Установить значение: 0,0 kg/s

Запускать только один раз

Изначально активированный

Плоскость: ... = 0,0 m

Границы

Min X: 0,0 m    Min Y: 0,0 m    Min Z: 0,0 m

Max X: 1,0 m    Max Y: 1,0 m    Max Z: 1,0 m

OK    Отменить

Меряется поток через какую-либо плоскость. Нужно задать положение и размеры плоскости, а также величину, которую нужно измерить (массовый, объемный или тепловой поток) и направление, в котором выполняется измерение потока.

## 26.6. Измеритель скорости выделения тепла

Имя устройства: HRR02

Установить значение: 0,0 kW

Запускать только один раз

Изначально активированный

Границы

Min X: 0,0 m    Min Y: 0,0 m    Min Z: 0,0 m

Max X: 1,0 m    Max Y: 1,0 m    Max Z: 1,0 m

OK    Отменить

Нужно задать область пространства, в которой будет измеряться скорость выделения тепла.

## 26.7. Зонный измеритель

Имя устройства: LAYER

Измерение уровня слоя  
 Установить значение: 0,0 m  Запустить только один раз  Изначально активированный

Измерение температуры верхнего слоя  
 Установить значение: 0,0 °C  Запустить только один раз  Изначально активированный

Измерение температуры нижнего слоя  
 Установить значение: 0,0 °C  Запустить только один раз  Изначально активированный

Путь

Конечная точка 1 X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 0,0 m

Конечная точка 2 X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 3,0 m

OK Отменить

Служит для сравнения с двухзонными моделями. Позволяет измерить высоту дымового слоя и температуру в нижнем и верхнем слоях.

## 26.8. Световой измеритель

Имя устройства: BEAM02

Установить значение: 0,0 %/m

Запустить только один раз

Изначально активированный

Путь

Конечная точка 1 X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 0,0 m

Конечная точка 2 X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 3,0 m

OK Отменить

Измеряет затемнение между двумя заданными точками.

Точки должны лежать в одной сетке.

## 26.9. Датчик измерения повреждений кабеля

Предполагается, что повреждения кабеля из-за высокой температуры можно предсказать с помощью модели одномерной передачи тепла – кабель рассматривается как идеальный цилиндр. Эксперименты с кабелями из ПВХ показали, что такое допущение является разумным, и результаты можно распространить на другие типы кабелей.

Предполагается:

- кабель идеально круглого сечения
- кабель однородный по составу

- тепловые свойства кабеля не зависят от температуры
- реакции, воспламенение и горение кабеля в модели не рассматриваются
- кабель выходит из строя, когда внутри него достигается критическое значение

**Измеритель кабеля**

Имя устройства:

Масса кабеля на длину:

Температура повреждения кабеля:

Диаметр кабеля:

Толщина оболочки кабеля:

Запускать только один раз

Изначально активированный

Положение X:  Y:  Z:

Ориентация X:  Y:  Z:

Вращение:  °

## 26.10. Тепловой измеритель

### Модель прибора

**Пожарный тепловой извещатель**

Название детектора:

Соединение:

Запускать только один раз

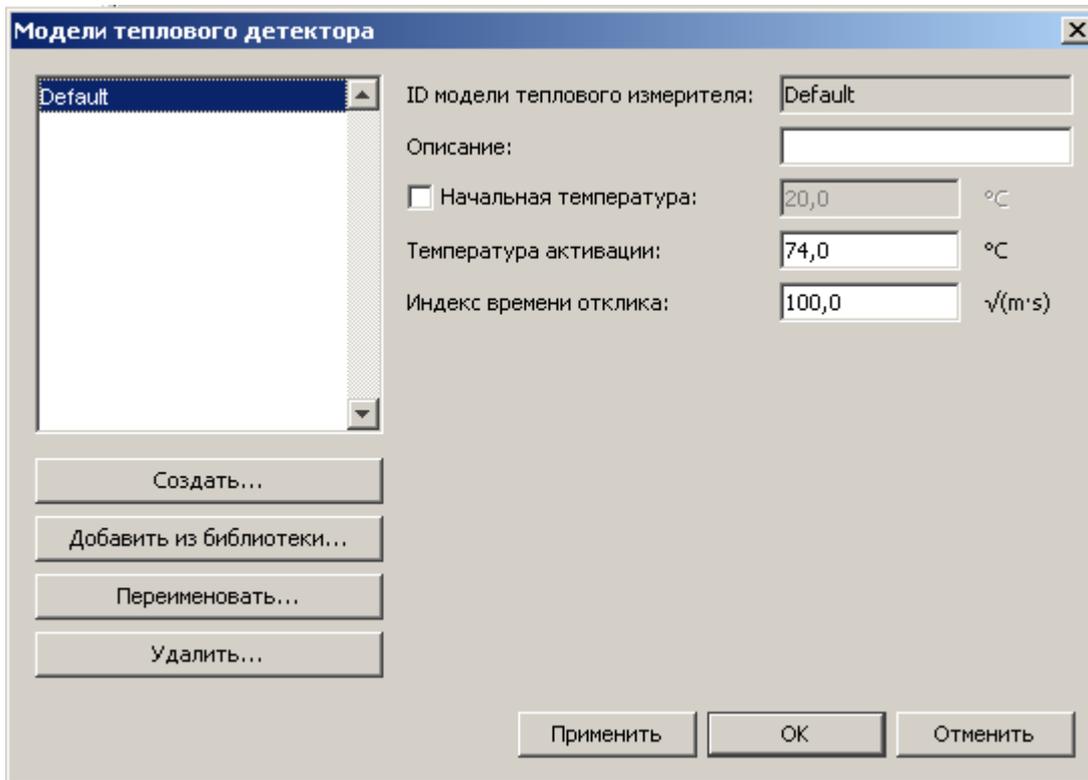
Изначально активированный

Положение X:  Y:  Z:

Ориентация X:  Y:  Z:

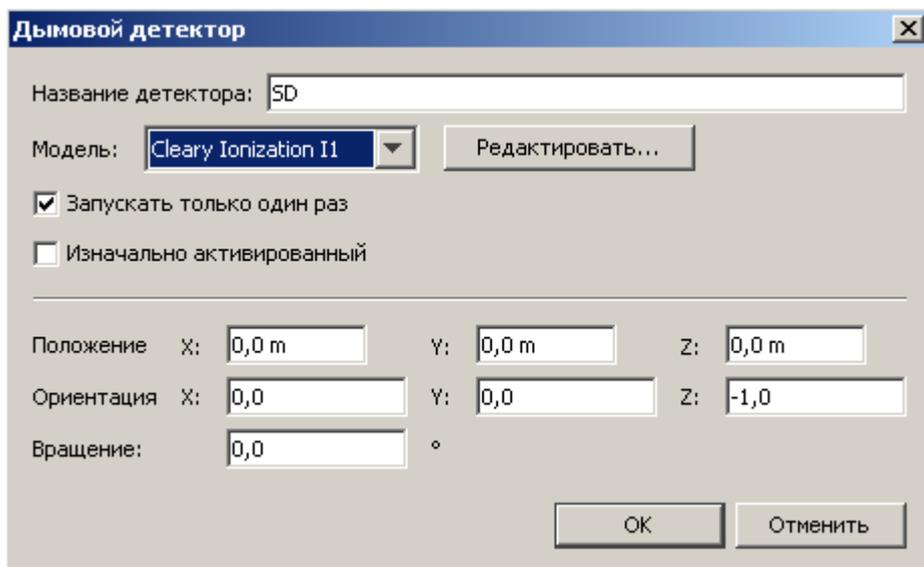
Вращение:  °

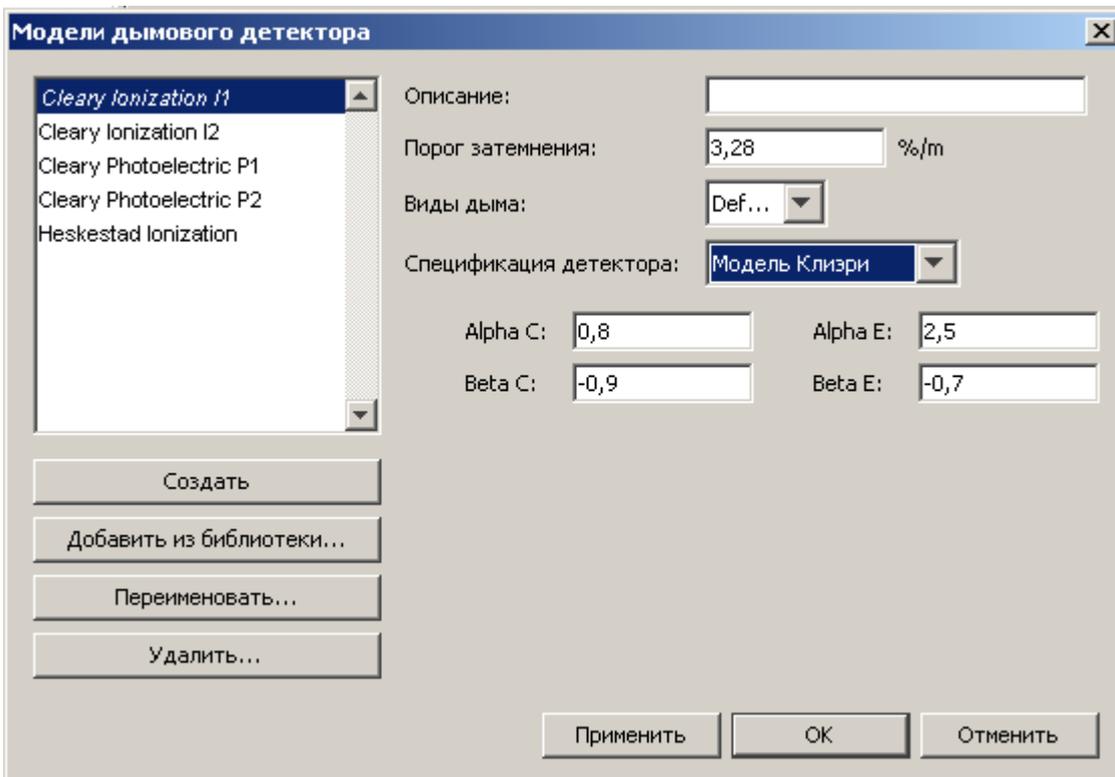
Кроме обычных настроек можно настроить модель срабатывания



То есть при какой температуре и с каким временем отклика будет себя вести извещатель.

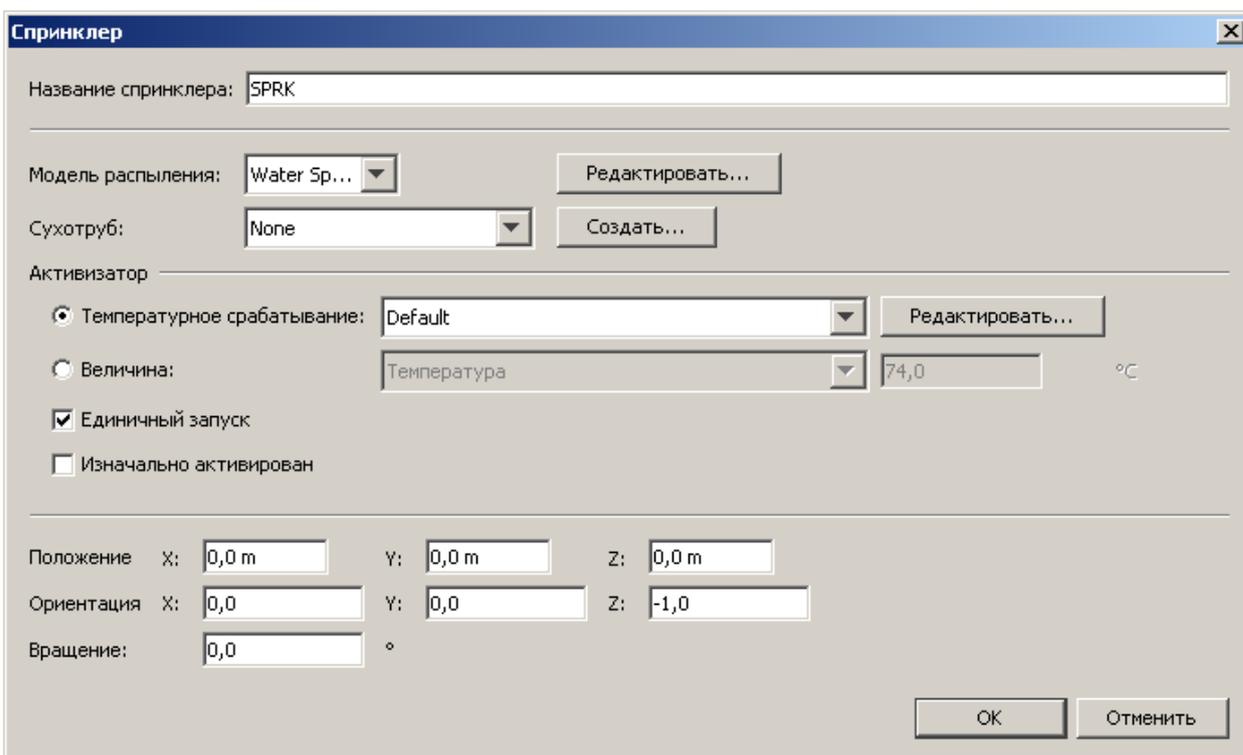
### 26.11. Дымовой измеритель





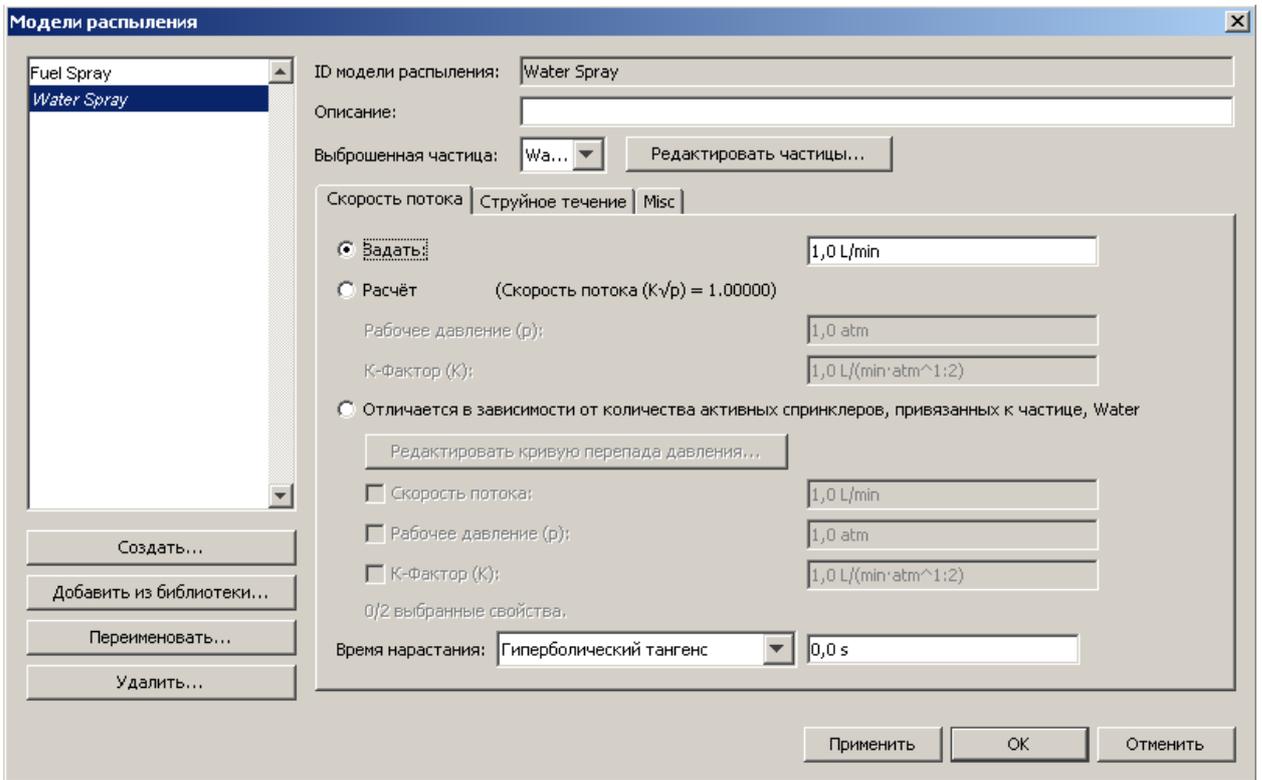
Задается модель срабатывания и некоторые параметры

## 26.12. Спринклер

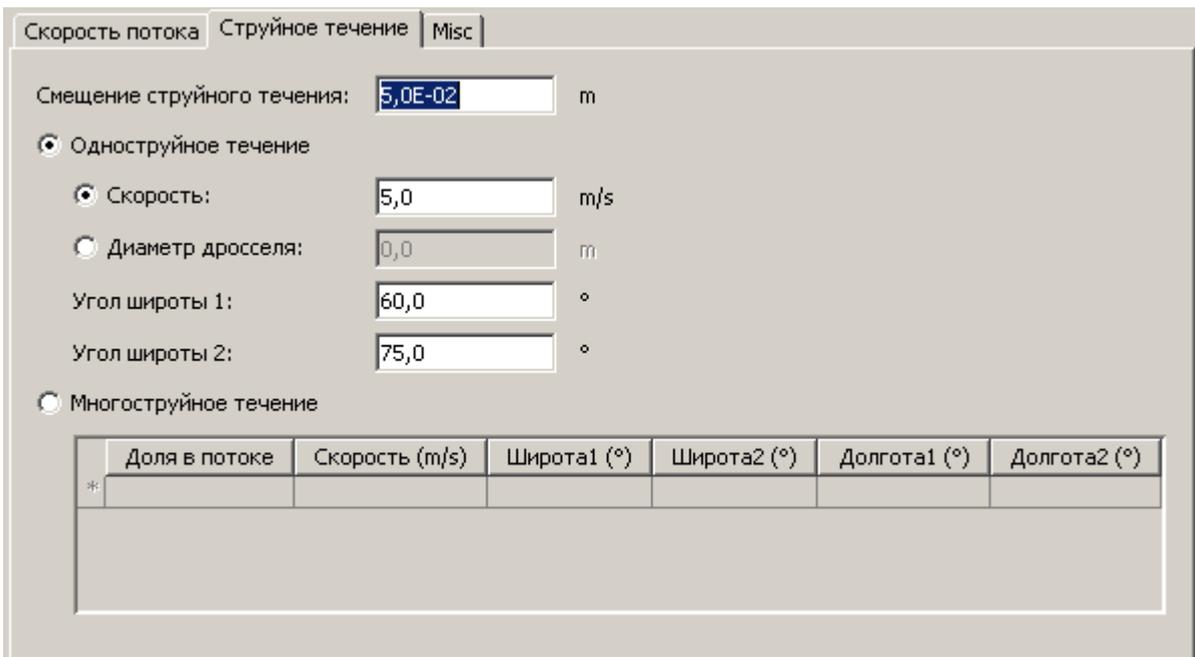


Спринклер распыляет частицы воды или топлива.

Можно выбрать и отредактировать модель распыления.



Можно задать количество воды литров в минуту, можно задать давление и к-фактор, из которых количество воды будет рассчитано. Можно также менять параметры в зависимости от количества спринклеров, чтобы приблизить модель к реальности.



Смещение – радиус сферы, окружающей спринклер, в которой изначально размещаются капли.

Течение может быть одноструйным и многоструйным.

Для одноструйного течения нужно задать скорость капель либо диаметр дросселя. Широта 1 и 2 – границы телесного угла, измеренные в градусах относительно южного полюса (0 – южный полюс, 90 – экватор, 180 – северный полюс). Это не общепринятый способ описания широты, но он основан на том факте, что спринклер обычно направлен вниз, поэтому за начала отсчета выбран юный полюс (отрицательное направление оси z).

Для многоструйного течения нужно задать для каждой струи отдельно.

Каждая строка таблицы описывает сферическое распределение распыления внутри телесного угла. Параметры долгота 1 и 2 – границы телесного угла (также в градусах), где 0 – это (-x) и 90 – это (-y). скорость – скорость капель в точке впрыскивания. Доля – доля полного потока жидкости, возникающая в этом телесном угле.

Количество капель.

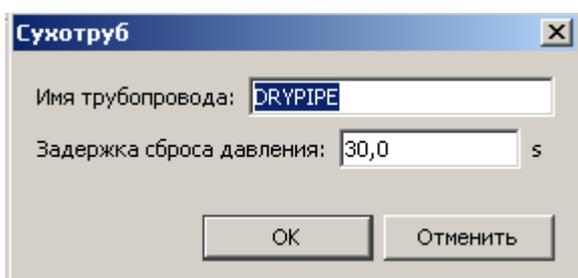


Скорость потока | Струйное течение | Misc

Droplets Per Second: 5000

Insertion Interval: 1,0E-02 s

Следующий параметр спринклера (а не модели распыления) – сухотруб.



Сухотруб

Имя трубопровода: DRYPIPE

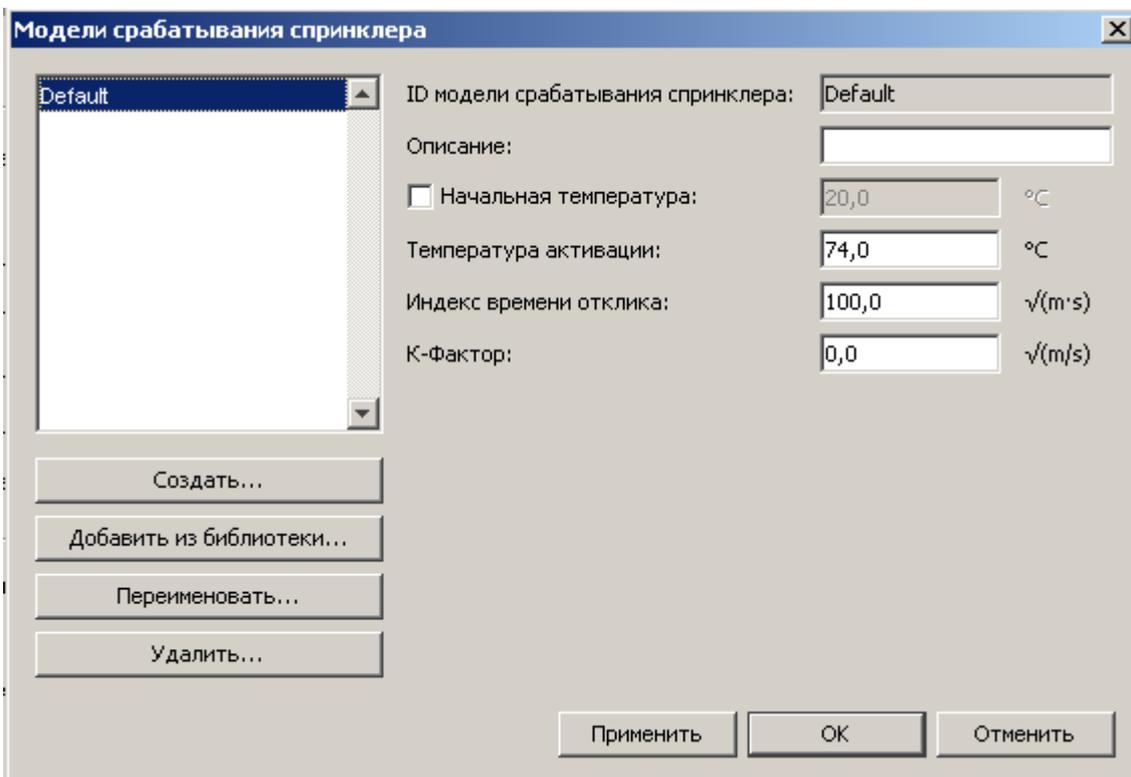
Задержка сброса давления: 30,0 s

OK Отменить

Здесь можно задать время, которое требуется, чтобы из сухотруба вышел газ и пошла вода.

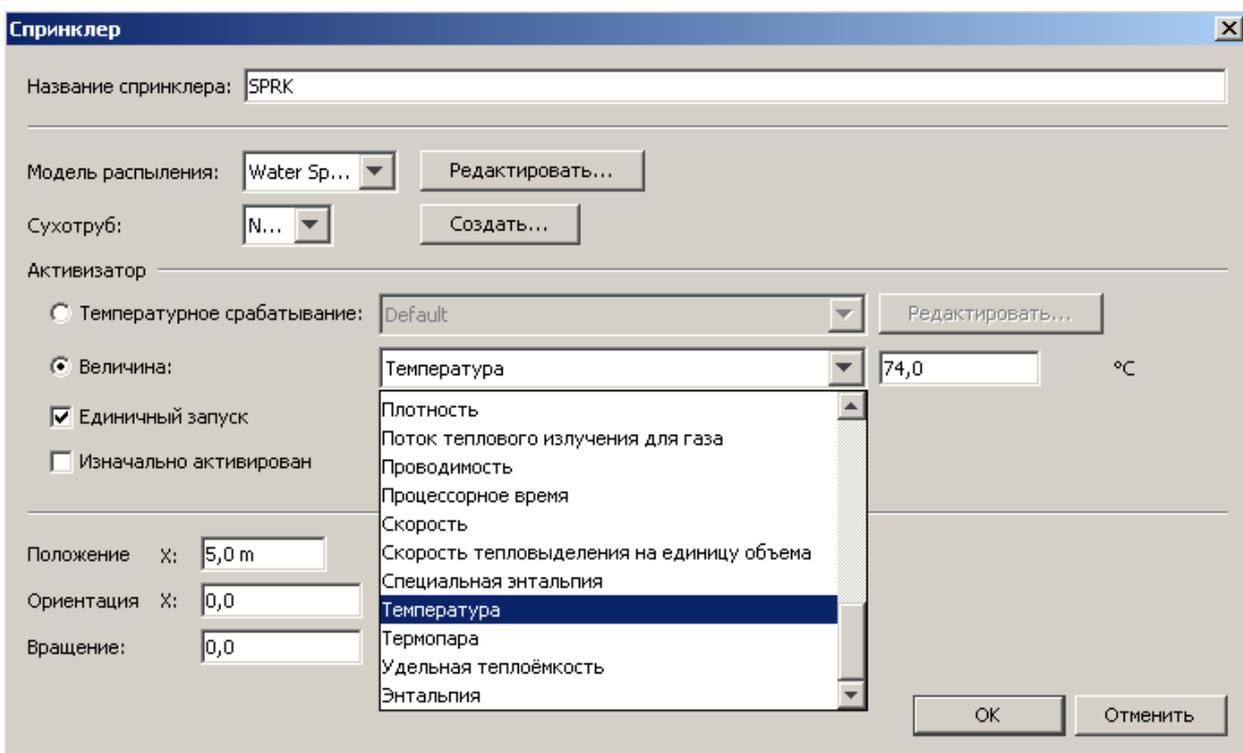
Далее – параметры активации спринклера.

Температурное срабатывание



Здесь задается температура активации и индекс времени отклика (RTI).

Другой вариант – задать значение срабатывания для выбранной величины (не обязательно температуры).

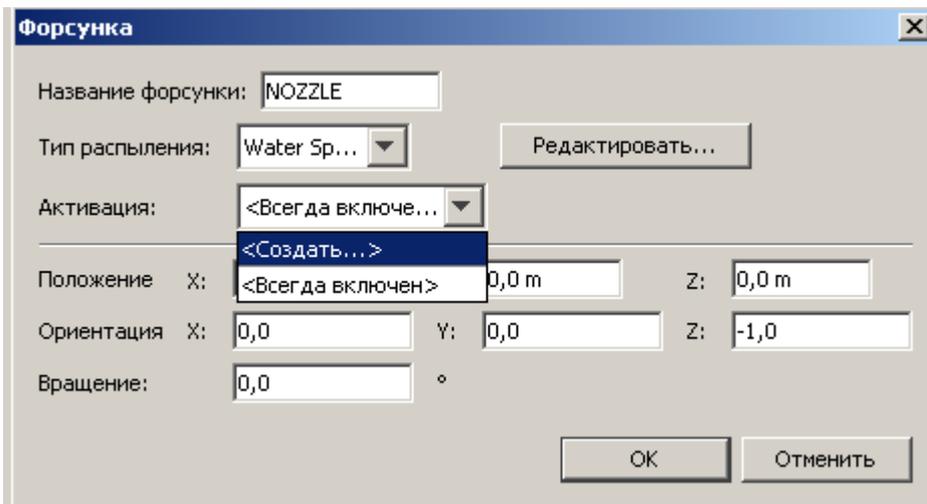


«Единичный запуск» показывает будет ли спринклер включаться-выключаться при новом достижении порогового значения.

«Изначально активирован» - спринклер будет работать с начала моделирования.

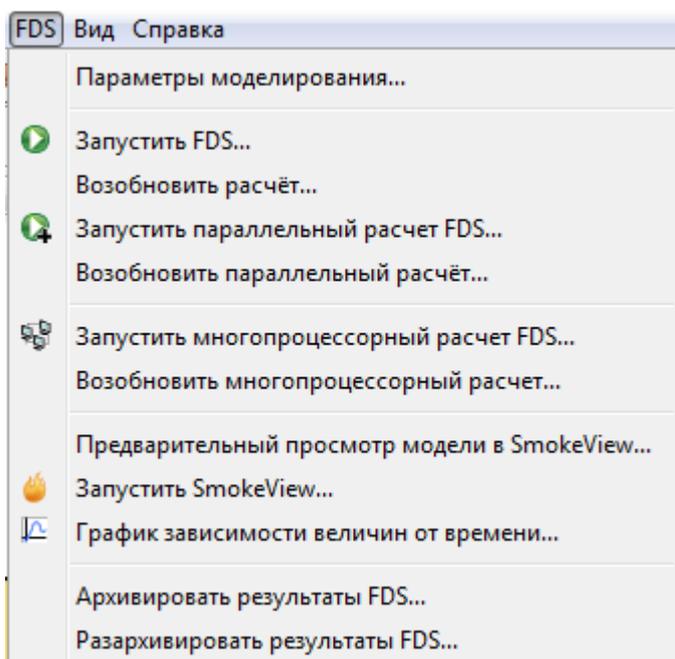
### 26.13. Форсунка

Форсунка отличается от спринклера тем, что является просто распылителем воды/топлива, без включенных измерителей. Активировать форсунку можно элементами управления, также как препятствие или отверстие.



## 27. Запуск на расчет

Запуск на расчет осуществляется через главное меню «FDS»:



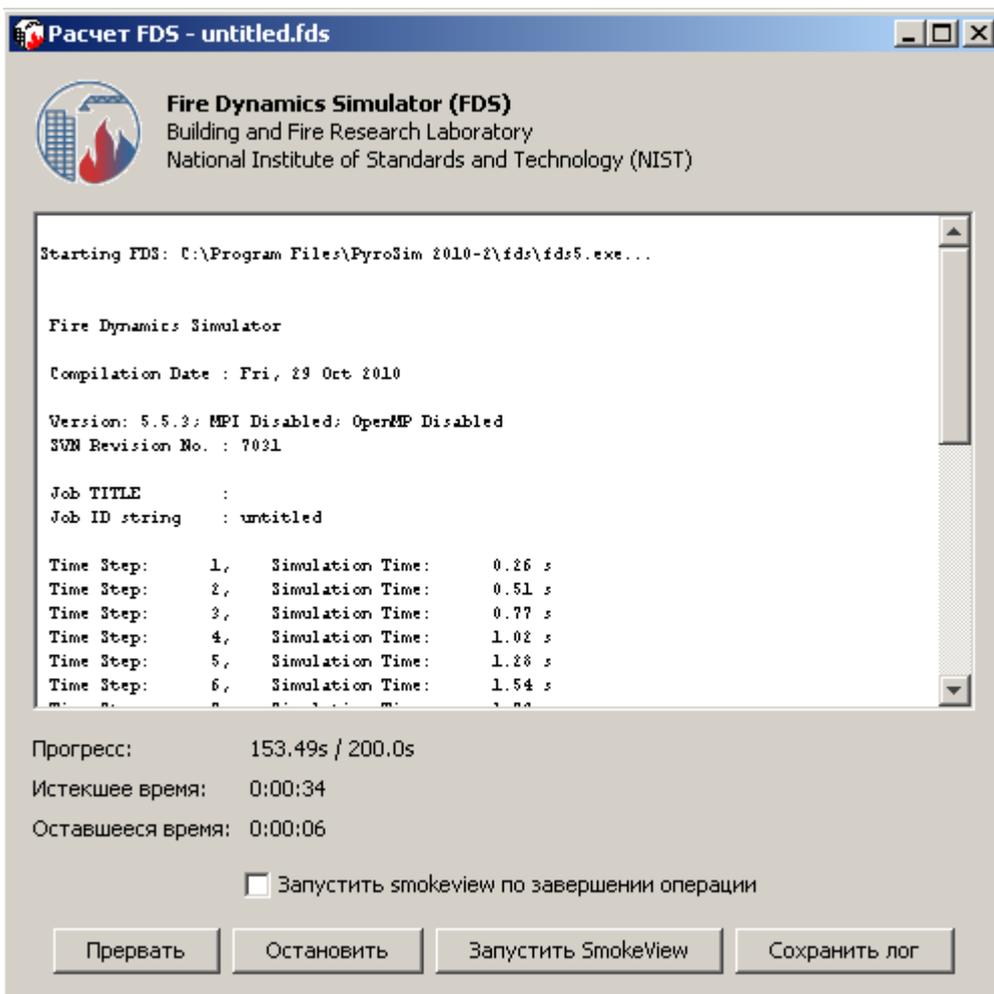
Здесь «Запустить FDS» - запуск однопроцессорной версии FDS. С помощью этой команды можно выполнять расчет как модели с одной сеткой, так и с несколькими, но в последнем случае моделирование выполняется последовательно для каждой сетки, и сокращения времени расчета не получается.

«Возобновить расчет» можно, если ранее запущенный расчет был остановлен с сохранением файлов restart.

«Запустить параллельный расчет FDS» используется для запуска многопроцессорной версии FDS для распараллеливания вычислений. Для параллельных вычислений в модели обязательно должно быть несколько (>1) сеток.

Запустить параллельный расчет можно на компьютере с несколькими ядрами.





«Прервать» — быстрое завершение расчета без сохранения файлов для перезапуска.

«Остановить» — корректное завершение расчета с сохранением restart-файла и возможностью перезапуска.

«Запустить SmokeView» - запуск программы визуализации результатов SmokeView в процессе расчета, чтобы посмотреть результаты на данный момент моделирования.

«Сохранить лог» - сохранение лога моделирования в виде текстового файла.

Кроме запуска расчета непосредственно из PyroSim можно запустить расчет FDS из командной строки.

Запуск на одном процессоре выполняется следующим образом:

**fds5.exe example.fds**

где `fds5.exe` – путь к исполняемому файлу FDS (например, “C:\Program Files\PyroSim\fds\fds5.exe”),

а `example.fds` – путь к исходному файлу FDS (например, “C:\Works\example.fds”).

При этом файлы будут сохраняться в той папке, откуда выполнялась команда вызова на расчет.

Запуск на нескольких процессорах выполняется с использованием MPI.

Сначала нужно запустить MPI с помощью команды:

**smpd.exe –install**

Затем запустить выполнение расчета:

**mpіехес.ехе –n <количество сеток> fds5\_mpi.exe example.fds**

где smpd.exe, mpіехес.ехе, fds5\_mpi.exe, example.fds – путь к соответствующему файлу.

## 28. Работа с программой SmokeView

### 28.1. Введение

Программа SmokeView предназначена для визуализации результатов расчета FDS.

Программа работает с файлами с расширением smv (основной файл) и подгружает информацию из других файлов для визуализации.

На данный момент программа SmokeView имеет только английский интерфейс и только английское руководство пользователя.

Данный раздел предназначен для начального знакомства с программой SmokeView, а также для облегчения работы пользователей, не знающих английский язык.

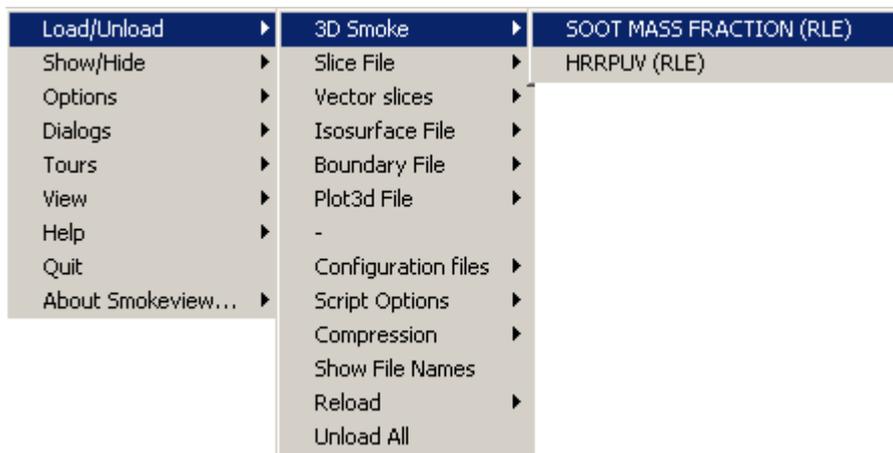
### 28.2. Загрузка данных для просмотра

Загрузка данных для просмотра осуществляется с помощью меню «**Load/Unload**» (загрузить/выгрузить). Нужно выбрать данное меню, затем выбрать из списка тип выходных данных (подробнее о выходных данных см.п.25). Если какой-то тип данных не был задан в исходном файле, то и в SmokeView его выбрать будет нельзя.

Ниже в таблице описаны типы данных.

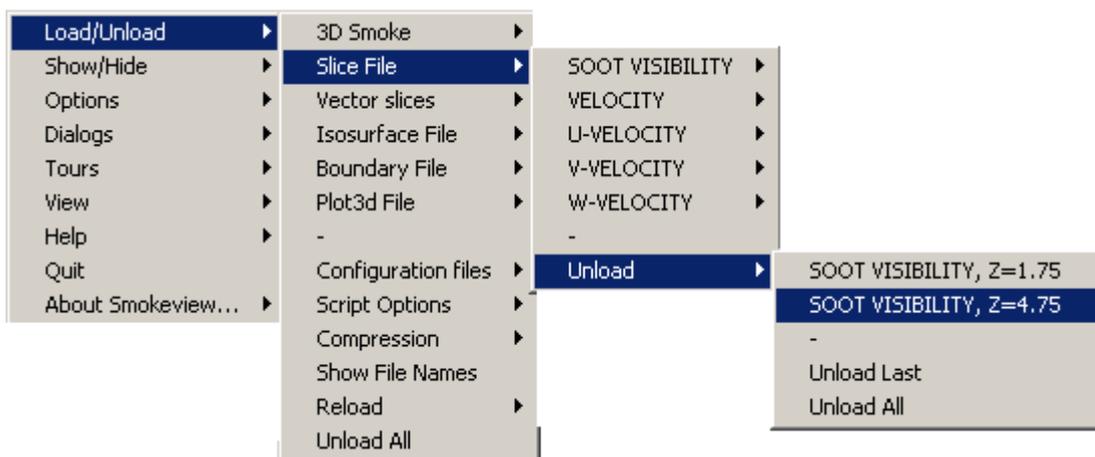
Название раздела в SmokeView	Перевод/описание	Ссылка
3D Smoke	Трехмерная визуализация В этом разделе только две величины: <b>Soot Mass Fraction</b> - визуализация дыма <b>HRRPUV</b> – визуализация пламени	
Multi-Slices File	Плоскости для нескольких сеток (если плоскость проходит через несколько сеток, то показываются данные для всех сеток)	25.2
Multi-Vector slices	Векторные плоскости для нескольких сеток (если плоскость проходит через несколько сеток, то показываются данные для всех сеток)	25.2
Slice File	Плоскости для одной сетки (можно выбрать, в какой именно сетке будет происходить визуализация)	25.2
Vector slices	Векторные плоскости для одной сетки (можно выбрать, в какой именно сетке будет происходить визуализация)	25.2
Isosurface File	Изоповерхности	25.4
Boundary File	Данные на поверхности твердых тел	25.3
Particle File	Визуализация частиц (в т.ч. спринклеров)	24
Plot3d File	Трехмерные данные	25.5

**Load/Unload (загрузить/выгрузить) -> тип величины -> величина:**

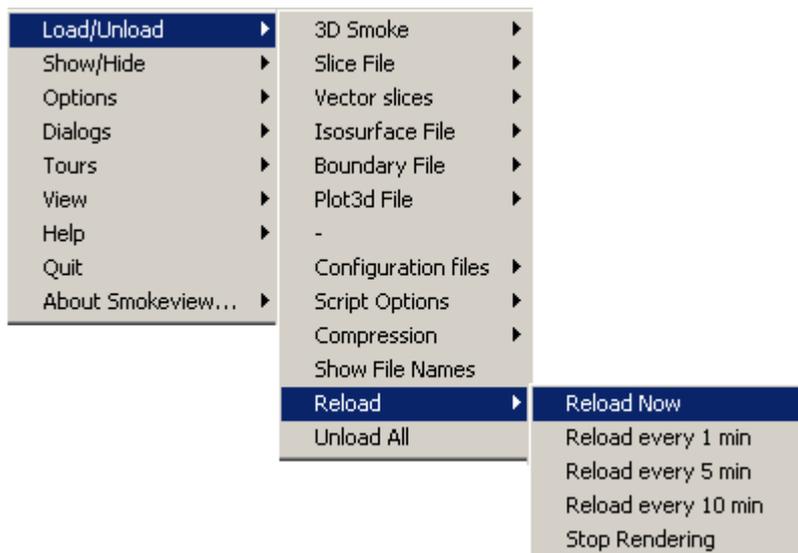


Одновременно для визуализации можно загрузить несколько величин.

Чтобы убрать одну из загруженных величин, выберите **Unload** (выгрузить) в соответствующем разделе. Чтобы убрать все загруженные данные, выберите **Unload All** (выгрузить все).



Перезагрузить визуализацию можно с помощью меню **Reload** (перезагрузить).



Это полезная функция, если вы просматриваете визуализацию прямо в процессе расчета (функция позволяет обновить данные, не выходя из программы).

### 28.3. Настройка вида сцены.

Иногда какие-то поверхности/препятствия мешают посмотреть визуализацию (например, перекрытие закрывает выше- или нижележащий этаж). В меню **Show/Hide** (показать/скрыть) можно выполнить некоторые настройки вида сцены.

Первый пункт меню **Geometry** (геометрия), в нем можно управлять видом препятствий (**Obstacles**), поверхностей (**Surfaces**) и сеток (**Grid**).

Для препятствий (**Obstacles**) можно настроить их видимость:

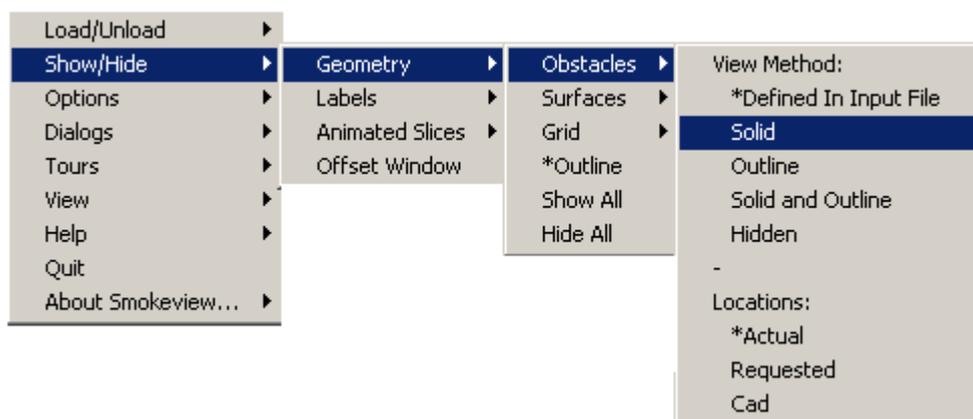
**Defined In Input File** – как настроено во входном файле

**Solid** – показывает поверхности препятствий

**Outline** – показывает контуры препятствий

**Solid and Outline** – показывает и поверхности, и контуры препятствий

**Hidden** – скрывает препятствия



Для поверхностей (**Surfaces**) можно выбрать, какие поверхности будут показываться, а какие нет:

**Open** – открытые поверхности

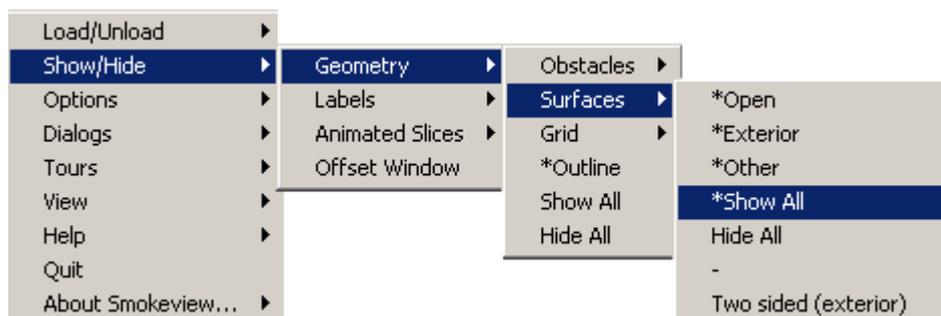
**Exterior** – наружные поверхности (границы сеток)

**Other** – остальные поверхности

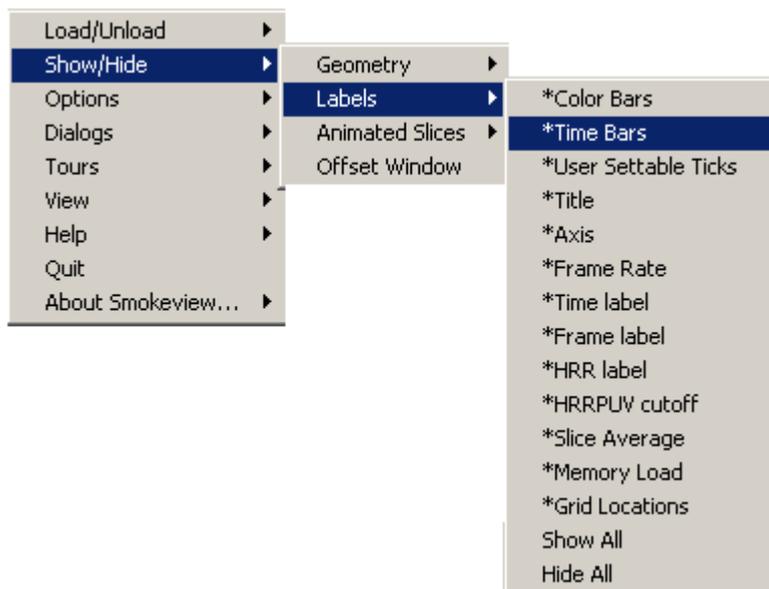
**Show all** – показать все

**Hide All** – скрыть все

**Two sided (exterior)** – показывать наружные поверхности двухсторонними (в этом случае не будет видно, что происходит внутри домена).



Пункт меню **Label** (метки) – подписи и шкалы данных.



Следующий пункт меню **Option** (опции).

Пункт **Colorbars/Shades** (цветовые шкалы/оттенки):

- можно выбрать цвет шкал:

Rainbow - радуга,

Rainbow2 - радуга2,

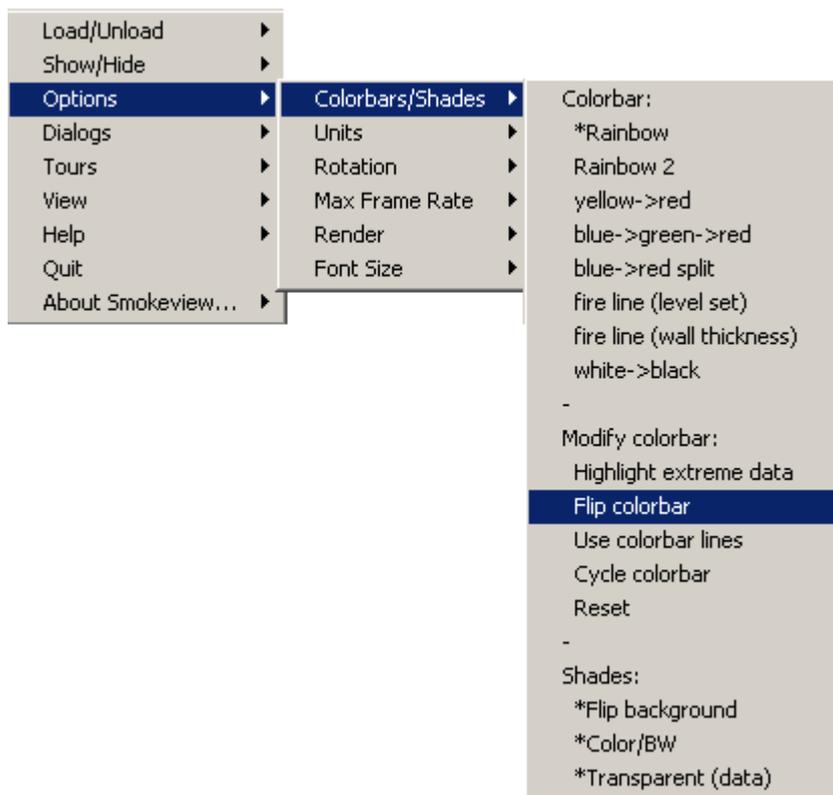
Yellow -> red - от желтого к красному,

Blue -> green -> red - от синего через зеленый к красному,

Blue -> red split - от синего к красному разделенная,

Fire line – линия пламени,

White -> black – черно-белая.



Highlight extreme data – подсветить области значений, выходящих за пределы установленной шкалы

Flip colorbar - перевернуть шкалу. Цвет, который соответствовал минимальному значению, будет соответствовать максимальному, и наоборот.

Use colorbar lines – использовать не сплошную шкалу, контурные линии для отдельных значений.

Cycle colorbar – сдвинуть цвета шкалы.

Для Shades:

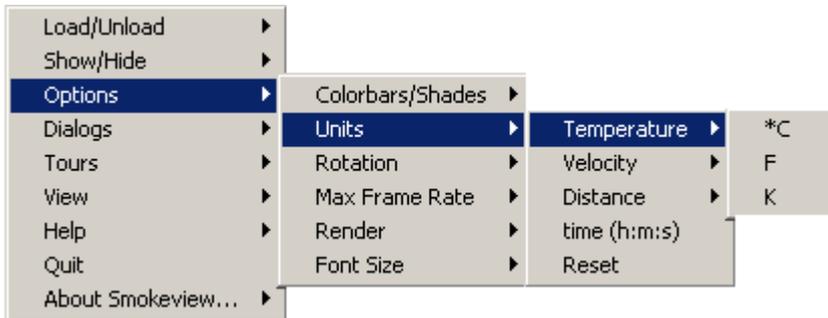
Flip background – отразить цвет фона

Color/BW – переключение цветов объектов на сцене с черно-белого на цветной.

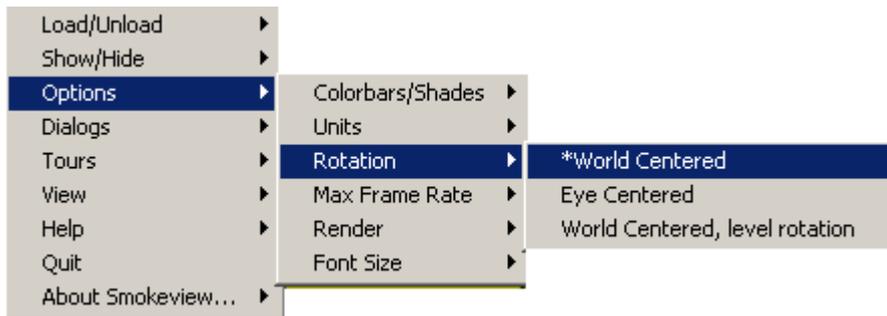
Transparent (data) – сделать плоскость данных прозрачной

В меню Units (единицы измерения) можно настроить, в каких единицах измерения будут отображаться данные для некоторых величин, а именно:

- температура – в градусах Цельсия, Фаренгейта или в Кельвинах
- скорость – м/с, мили в час, футы в секунду
- расстояние – метры, футы
- время – секунды, часы:минуты:секунды

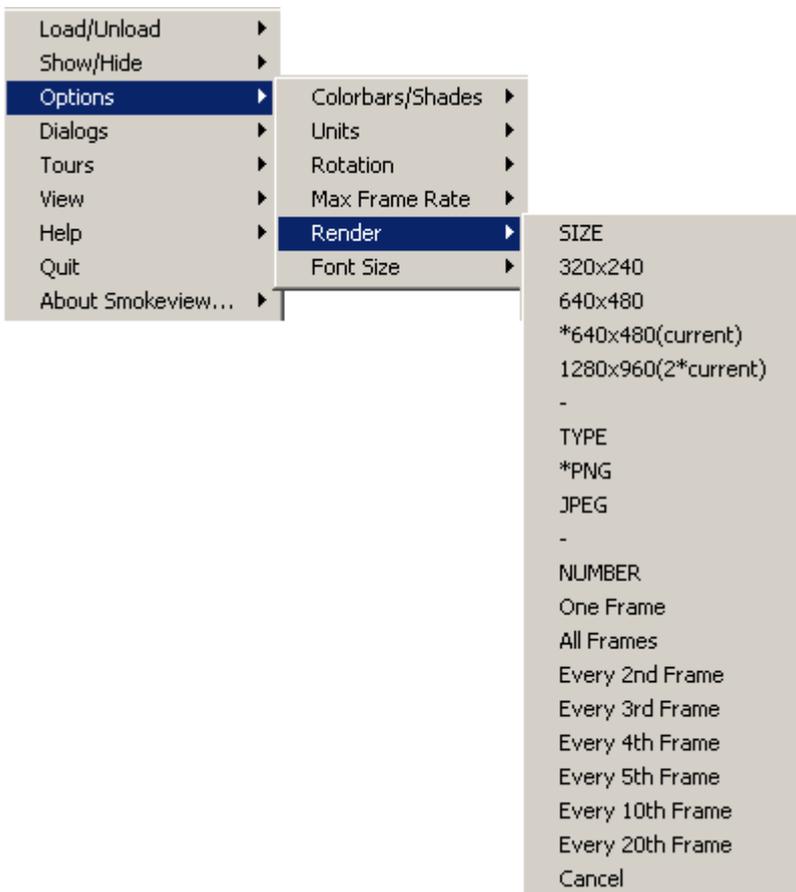


В меню Rotation (вращение) можно задать, будет ли модель вращаться вокруг своего центра (World Centered), либо в центре вращения – глаз наблюдателя (Eye Centered).



В меню «Max Frame Rate» (максимальная частота кадров) задается частота кадров и скорость визуализации.

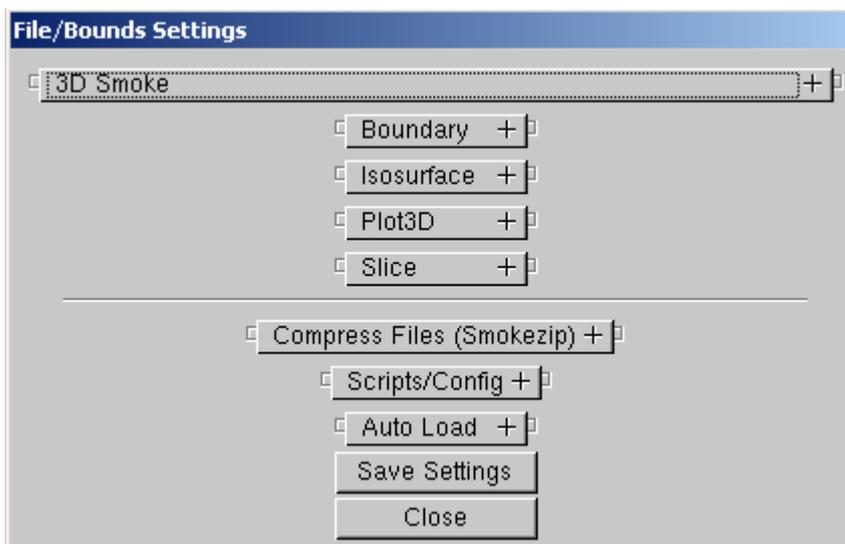
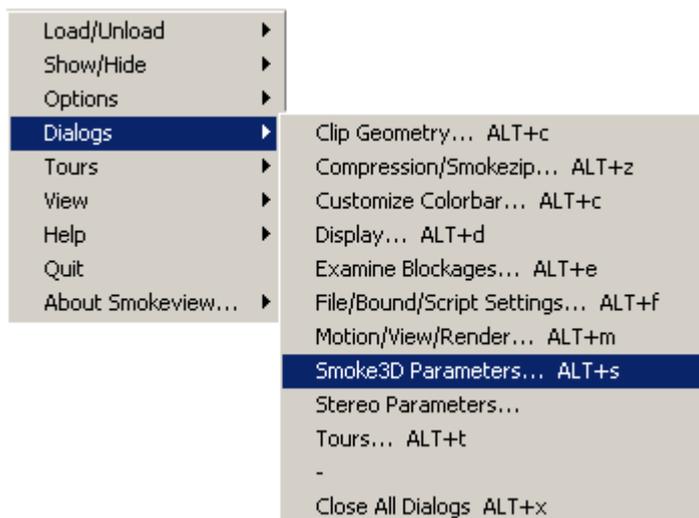
В меню Render задаются настройки сохранения кадров – размер, тип файла и частота сохраняемых файлов. «One Frame» означает сохранить один текущий кадр.



В меню Font Size можно увеличить размер шрифта.

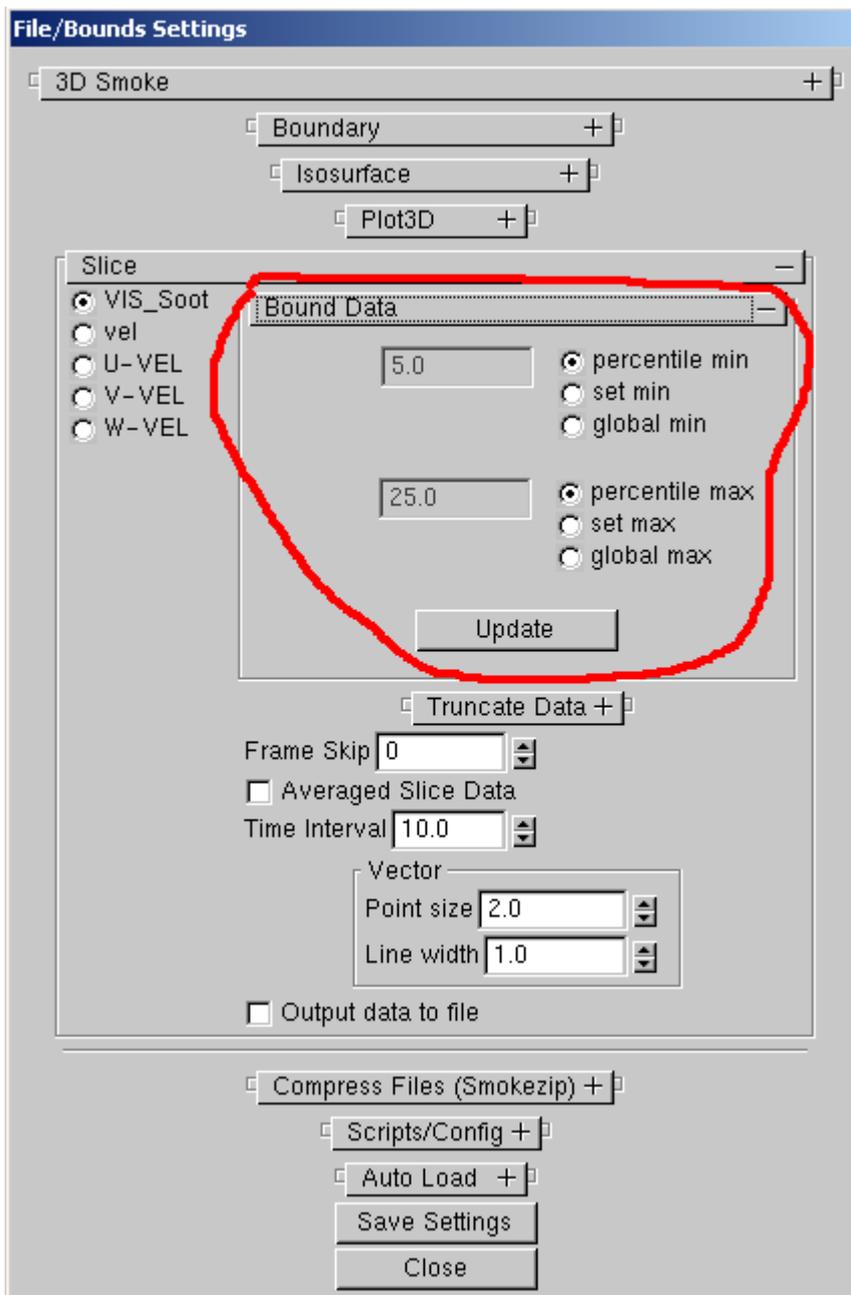
Следующее меню Dialogs – в нем можно выполнить множество разных настроек. Большинство настроек достаточно сложные и позволяют настраивать движение камеры, вращение объекта, отображение геометрии и т.д. Подробнее можно прочитать в руководстве пользователя.

Нас интересует только Smoke3D Parameters (параметры дыма).



Нажатие на + позволяет развернуть окно для настройки определенной выходной величины.

Наиболее необходимое для настройки окно это Bound data (граничные величины).



Данное окно нужно для настройки границ шкалы:

Percentile min/max – минимум или максимум перцентиля

Set min/max – заданный минимум или максимум (т.е. пользователь сам устанавливает границы диапазона)

Global min/max – глобальный минимум или максимум (т.е. минимумом является наименьшее значение параметра за все время расчета в любой точке, максимумом – максимальное).

Например, если температура в помещении достигает 300 градусов, то шкала становится достаточно грубой, и различия в несколько градусов выражены не наглядно. Если же задать максимальное значение 70 градусов (критическое значение по температуре), то различия становятся более наглядными.

После установки значений нужно нажать кнопку Update (обновить) и, если хотите сохранить настройки – Save Settings. Закрывается окно кнопкой Close.

#### **28.4. Управление сценой**

- движение мыши с нажатой левой кнопкой – вращение модели
- движение мыши при нажатой клавише Ctrl – движение влево-вправо и изменение масштаба
- движение мыши при нажатой клавише Alt – движение по вертикали.

## 29. Численная обработка результатов

Результаты расчетов хранятся, в основном, в собственных файлах FDS различных форматов (csv, sf, bf, sz, q, prt5). Чтобы преобразовать эти данные в понятный формат, необходимо воспользоваться одной из программ для постобработки результатов. В своей работе мы используем программы `fds2ascii.exe` и СИТИС: Фламмер.

Программа `fds2ascii` является бесплатной и устанавливается вместе с FDS5. Данная программа используется для получения численных данных из таких выходных данных как плоскости, граничные величины, трехмерные графики. Программа имеет примитивный интерфейс и не слишком удобна в использовании.

Кроме того, FDS создает несколько выходных файлов формата csv, которые можно непосредственно импортировать для дальнейшей работы, например, в Excel. Это файл энергий название `_расчета_hrr.csv` (скорость тепловыделения, потери на излучение, конвекцию и теплопередачу, скорость выгорания, давление); файл масс название `_расчета_mass.csv` (значения масс различных видов газов); файл состояния название `_расчета_state.csv` (массовые доли различных газов в зависимости от значения доли в смеси); файлы состояния устройств название `_расчета_devs.csv` и название `_расчета_ctrl.csv`, в которых фиксируется время изменения устройством состояния (например, активация датчика). Чтобы открыть эти файлы в привычном табличном виде, импортируйте выбранный файл в Excel (Данные -> Импорт внешних данных -> Импортировать данные), указав в качестве разделителя колонок запятую.

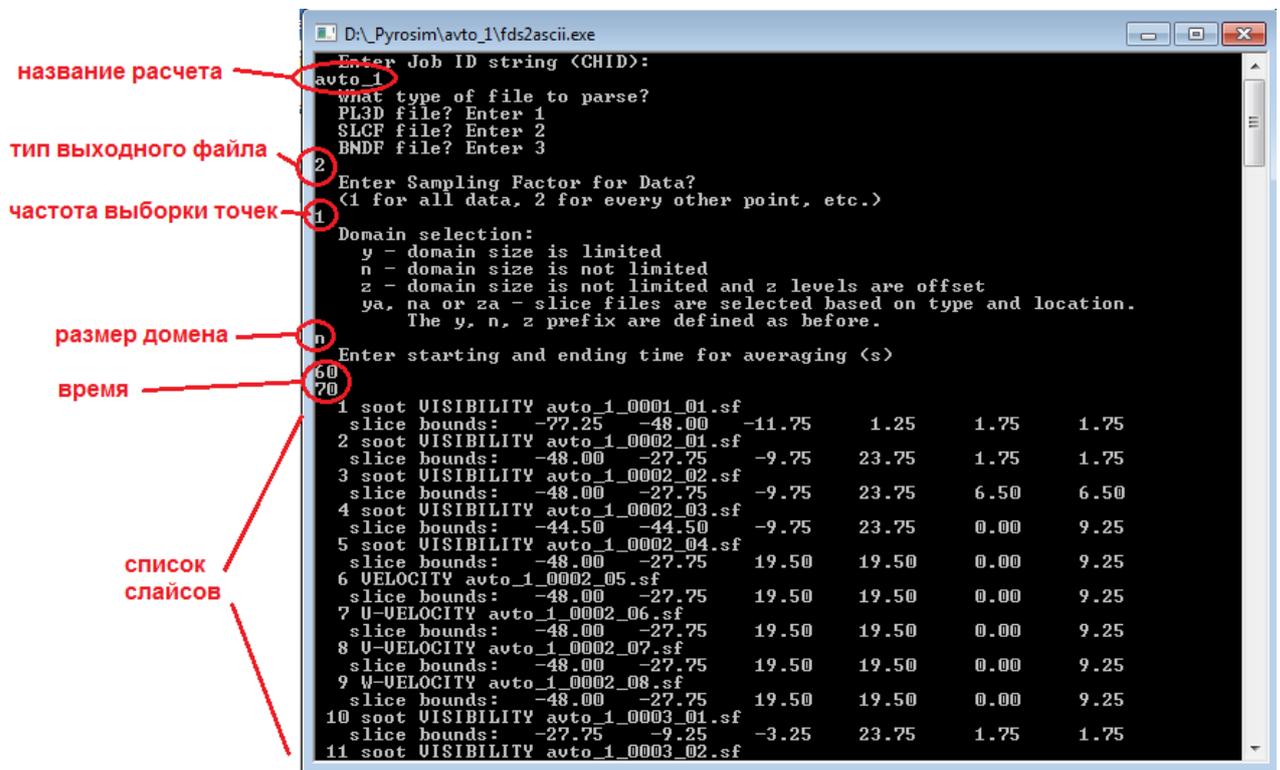
Программа «СИТИС: Фламмер 3» также предназначена для работы с файлами формата csv. Программа позволяет построить графики, сформировать отчет, а также приводит данные расчета к формату, используемому в остальных программах комплекса «СИТИС: Спринт». Таким образом, можно выполнить расчет индивидуального риска, используя данные расчета FDS.

### 29.1. Работа с `fds2ascii`

Поместите файл `fds2ascii.exe` в папку с вашим расчетом и запустите его.

Следуя подсказкам введите:

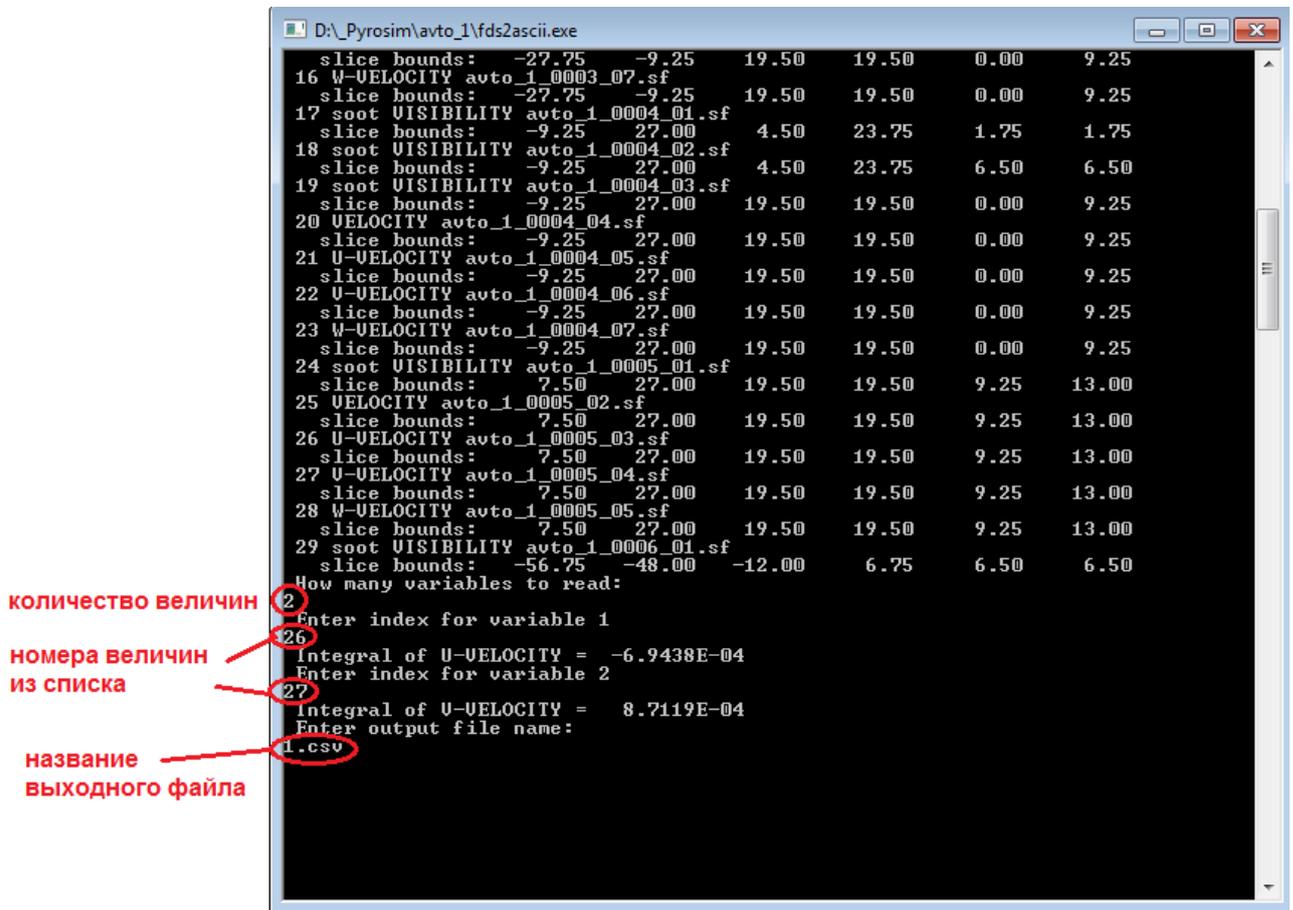
- название расчета (параметр `chid` вашего расчета)
- тип выходного файла (программа работает со всеми выходными файлами FDS – трехмерными, плоскостями-слайсами и граничными)..
- частота выборки точек (если зададите 1 – будет выведена информация во всех точках, если 2 – в каждой второй и т.д. Это стоит использовать для уменьшения объема выводимых данных).
- выбор размера домена (y – ограниченный, n – неограниченный, z – неограниченный со смещенным уровнем, ua, na, za – предлагается дополнительный выбор по типу слайса)
- время для усреднения (программа усреднит данные между двумя заданными временами. Следите, чтобы время не превысило время вашего расчета, иначе программа выдаст сообщение об ошибке и закроет окно).



После этого программа выведет список слайсов (поскольку выбрали 2).

Далее следует ввести:

- количество переменных, которые будут выведены в один файл. Это можно использовать только для слайсов с одним геометрическим расположением (расположенных в одной сетке в одном месте)
- по очереди ввести номера слайсов, которые должны быть выведены в файл
- название файла, в который будут выгружены результаты.



Окно закроется и будет сформирован файл, в котором будут приведены значения всех выбранных переменных, усредненные за указанное время. Значения будут приведены в каждой точке. Помните, что в один файл могут быть выведены переменные, относящиеся к одному срезу.

В первых двух колонках приведены координаты точки (в нашем случае, x и y), в остальных – значения выбранных параметров в этой точке.

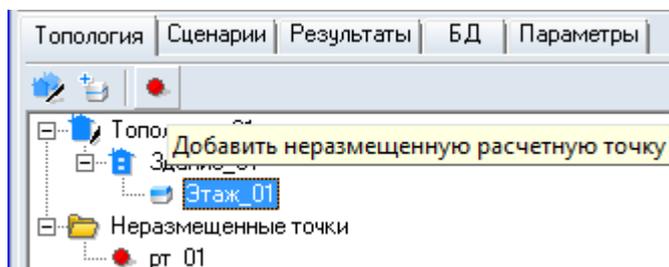
	A	B	C	D	E	F	G
1	X	Y	TEMPERATURE	soot VISIBILITY	carbon dioxide VOLUME FRACTION	oxygen VOLUME FRACTION	carbon monoxide VOLUME FRACTION
2	m	m	C	m	mol/mol	mol/mol	mol/mol
3	14	0	21.713	30	0.00027688	0.20685	7.9784E-06
4	14.5	0	21.535	30	0.000216	0.20693	6.2241E-06
5	15	0	21.209	30	0.00015751	0.207	4.5386E-06
6	15.5	0	21.275	30	0.00015581	0.20701	4.4897E-06
7	16	0	21.126	30	0.000096183	0.20708	2.7715E-06
8	16.5	0	20.601	30	0.000026479	0.20717	7.6298E-07
9	17	0	20.435	30	0.000013938	0.20719	4.0161E-07
10	17.5	0	20.419	30	0.000018142	0.20718	5.2276E-07
11	18	0	20.407	30	0.000018007	0.20718	5.2045E-07

## 29.2. Работа с «СИТИС: Фламмер 3»

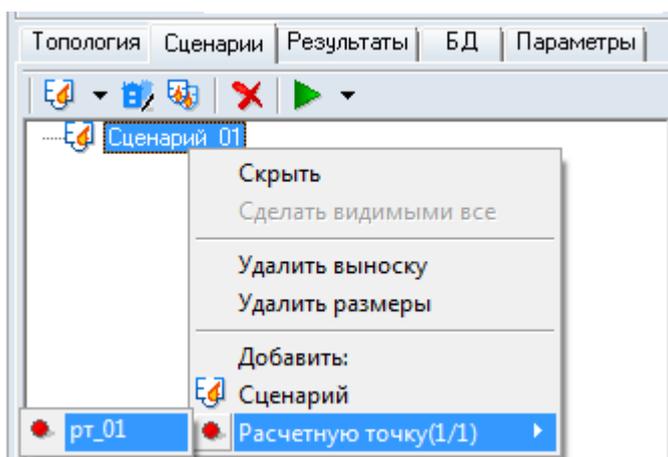
В программе «СИТИС: Фламмер 3» можно работать как с уже существующими файлами с созданной топологией, так и с новыми файлами.

Откройте «СИТИС: Фламмер 3» и откройте существующий либо создайте новый файл.

Если в файле уже есть нужные расчетные точки, то в сценарии вы можете использовать их. Если топология еще не создана, то на вкладке «Топология» можно добавить неразмещенную расчетную точку:

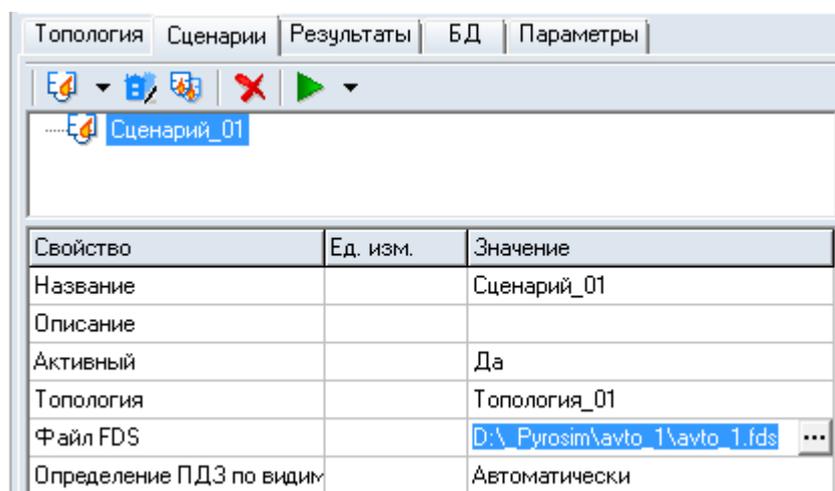


После того, как созданы необходимые точки, нужно перейти на вкладку «Сценарий» и добавить расчетные точки.



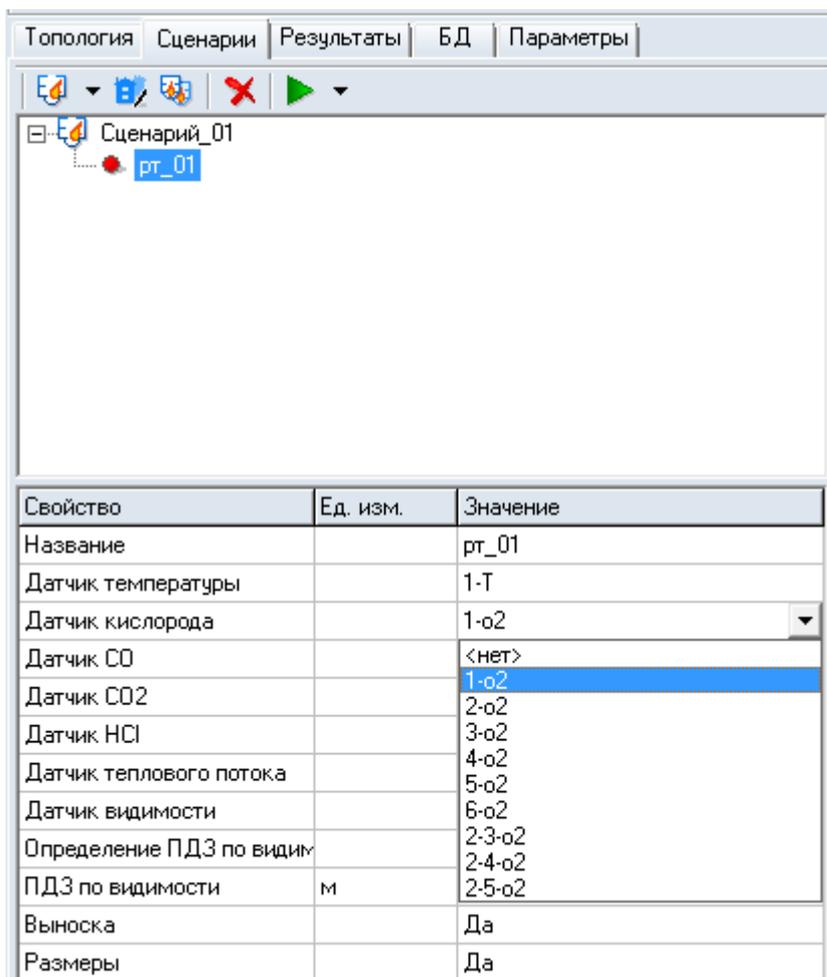
В сценарий можно добавить как размещенные, так и неразмещенные расчетные точки.

В свойстве «Файл FDS» сценария нужно указать путь к исходному файлу FDS («название\_расчета.fds»):



Для каждого расчета FDS нужно создавать свой сценарий.

После этого для каждой расчетной точки в сценарии, для каждого датчика нужно добавить соответствующий датчик из исходного файла fds:



Если какого-либо датчика для расчетной точки нет, оставьте значение «нет». Если у расчетной точки нет ни одного датчика, не добавляйте такую точку в сценарий.

После того, как заданы все датчики для всех расчетных точек, нужно нажать кнопку «Расчет» . Для расчетных точек будут получены результаты времени блокирования.

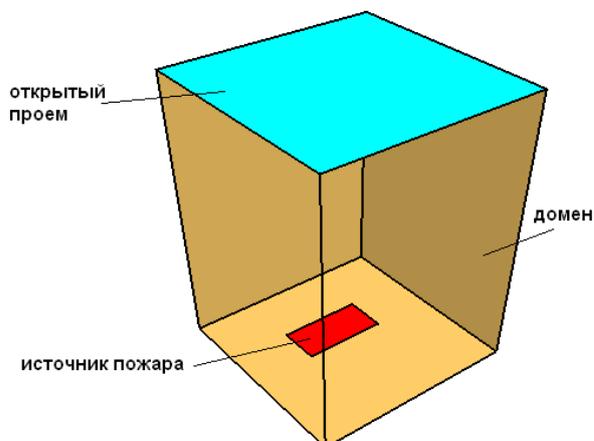
На вкладке «Результаты» можно увидеть результаты расчета времени блокирования по каждому опасному фактору, посмотреть построенные графики опасных факторов и сформировать отчет:



### 30. Примеры работы в PyroSim, SmokeView и «СИТИС: Фламмер 3»

#### 30.1. Горение с заданной скоростью тепловыделения

Создать домен с открытым проемом сверху домена, поверхность горения – 2 x 1 м, нагрузка – мебель (по Кошмарову), горение начинается из центра нагрузки.



#### Шаги:

##### В PyroSim:

1. [Создать сетку](#)
2. Создать источник пожара:
  - a. [Создать реакцию](#)
  - b. [Создать поверхность горения](#)
  - c. [Создать VENT](#)
3. [Создать открытый проем](#)
4. [Создать плоскости для измерения видимости и температуры](#)
5. [Создать датчики для измерения опасных факторов](#)
6. [Задать общие настройки](#)

##### В SmokeView:

7. [Посмотреть изменение видимости и температуры](#)

##### В «СИТИС: Фламмер 3»:

8. [Создать сценарий и сформировать отчет](#)

## Работа в PyroSim: Создание сетки

1. Меню «Модель» - «Редактировать сетки»
2. Кнопка «Создать», ввести название сетки
3. Задать координаты сетки:  $X_{min} = 0$   $X_{max} = 5$   $Y_{min} = 0$   $Y_{max} = 5$   $Z_{min} = 0$   $Z_{max} = 6$
4. Задать количество ячеек: по оси X – 20, по Y – 20, по Z – 24.

Редактировать сетки

MESH

Описание:

Порядок / Приоритет:

Задать цвет

Синхронизировать временной шаг для более плотного соединения между сетками

Проверка выравнивания сеток: **Пройден**

Граница сетки (m):

Min X:  Min Y:  Min Z:

Max X:  Max Y:  Max Z:

Метод разделения:

---

Ячейки X:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Y:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Z:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Размер ячейки (m): 0,25 x 0,25 x 0,25

Количество ячеек в сетке: 9 600

Сохранить, сетка создана.

### Создание реакции:

1. Меню «Модель» - «Редактировать реакции»
2. Кнопка «Создать», ввести название реакции (латинскими буквами)
3. Задать количество атомов:  
Углерод = 3,2  
Водород = 6,8  
Кислород = 2,6  
Азот = 0  
Другие атомы = 0,009  
Молекулярный вес других атомов = 36,5 (хлороводород)

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Fuel' tab selected. The 'Описание:' field is empty. The 'Виды газов' section contains the following values: 'Атомы углерода: 3,2', 'Атомы водорода: 6,8', 'Атомы кислорода: 2,6', 'Атомы азота: 0,0', and 'Другие атомы: 0,009'. The 'Молекулярный вес:' is set to 36,5 g/mol. The 'Струя топлива' section has 'Массовая доля кислорода в среде: 0,23' and 'Массовая доля топлива в горелке: 1,0'. Buttons for 'Создать...', 'Добавить из библиотеки...', 'Переименовать...', and 'Удалить...' are on the left. 'Применить', 'ОК', and 'Отменить' are at the bottom.

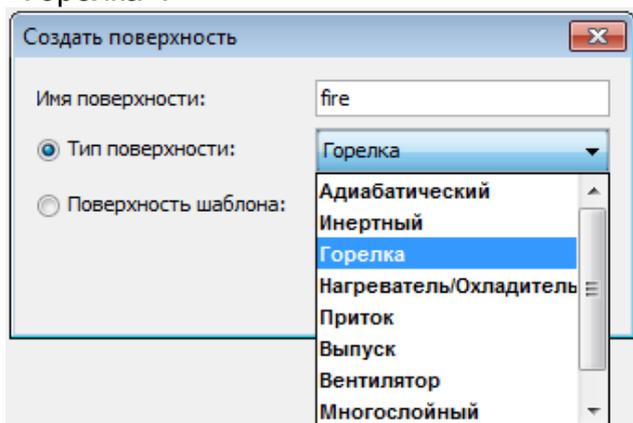
4. Следующие две вкладки пропустить, на «Побочные продукты» задать  
Теплота сгорания = 14400 кДж/кг  
Выработка CO = 0,004  
Выработка сажи = 0,01

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Побочные продукты' tab selected. The 'Выделение энергии:' section has 'Выделение энергии на единицу массы кислорода:' set to 1,31E04 kJ/kg and 'Теплота сгорания:' set to 14400 kJ/kg. The 'Идеальная реакция' checkbox is unchecked. The 'CO выработка (Y<sub>CO</sub>):' is 0,004, 'H<sub>2</sub> Выработка (Y<sub>H2</sub>):' is 0,0, and 'Выработка сажи (Y<sub>s</sub>):' is 0,01. Buttons for 'Создать...', 'Добавить из библиотеки...', 'Переименовать...', and 'Удалить...' are on the left. 'Применить', 'ОК', and 'Отменить' are at the bottom.

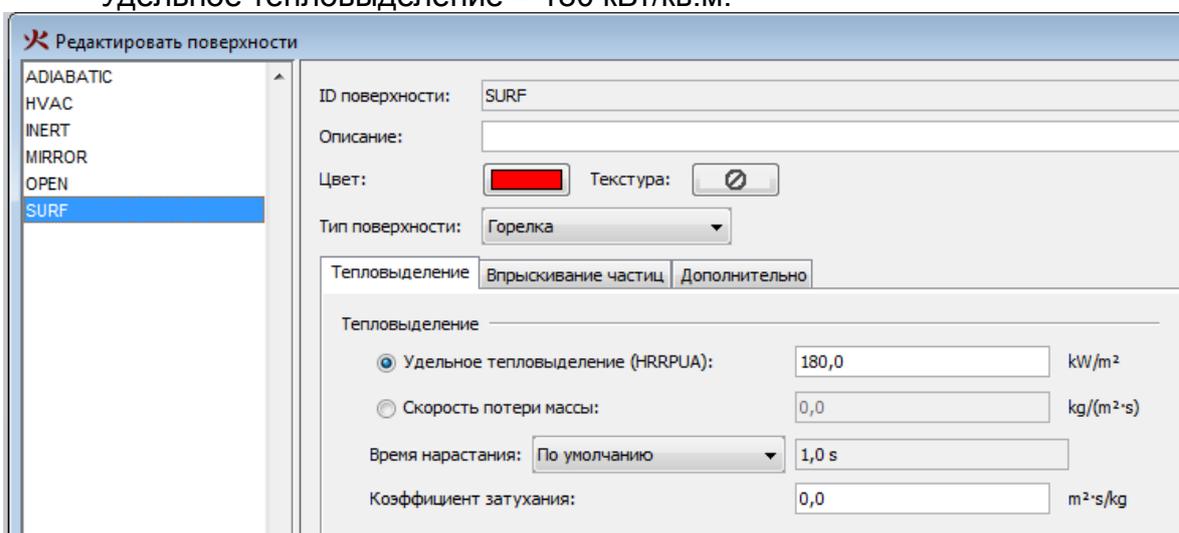
Сохранить, реакция описана.

## Создание поверхности горения

1. Меню «Модель» - «Редактировать поверхности»
2. Кнопка «Создать», ввести название поверхности, тип поверхности выбрать «Горелка».

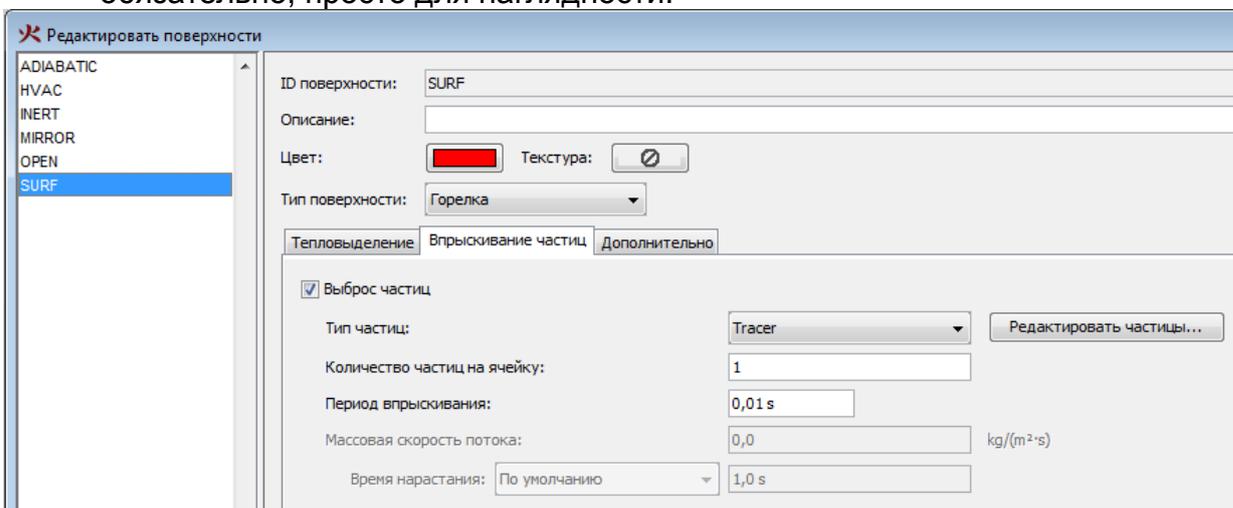


3. На вкладке «Тепловыделение» задать:  
Удельное тепловыделение = 180 кВт/кв.м.



Больше ничего задавать не нужно.

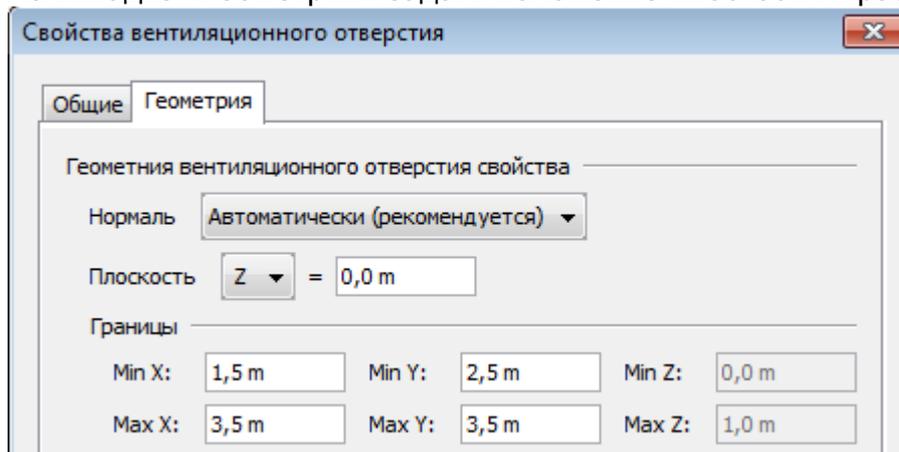
4. На второй вкладке «Впрыскивание частиц» поставить галочку «выброс частиц», тип частиц = tracer (т.е. частицы будут использованы безмассовые, просто чтобы отслеживать движение воздуха). Частицы задавать не обязательно, просто для наглядности.



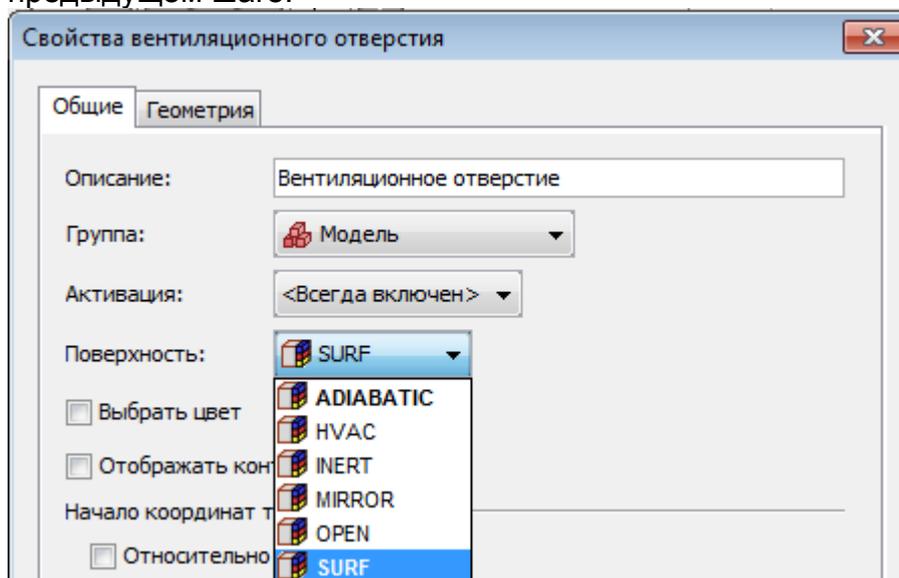
Поверхность создана.

## Создание VENT

1. Меню «Модель» - «Создать вентиляционное отверстие»
2. На вкладке «Геометрия» задать положение плоскости и размеры:



3. На вкладке «Общие» в свойстве «Поверхность» выбрать созданную на предыдущем шаге:

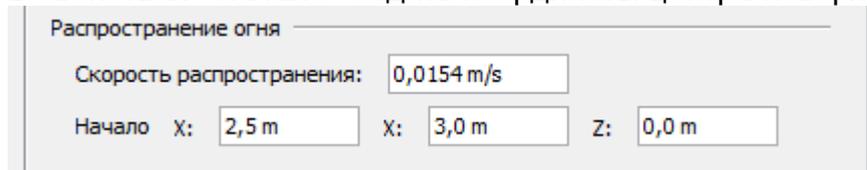


Свойство «Активация» задать «Всегда включено», т.е. горение начинается с начала моделирования.

Для распространения пламени задать:

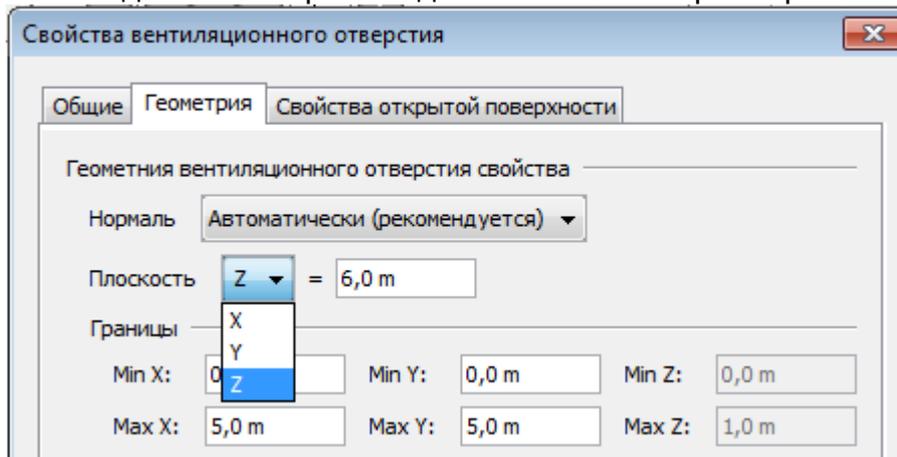
«Скорость распространения» задать 0,0154 м/с.

В свойствах «Начало» задать координаты центра поверхности:

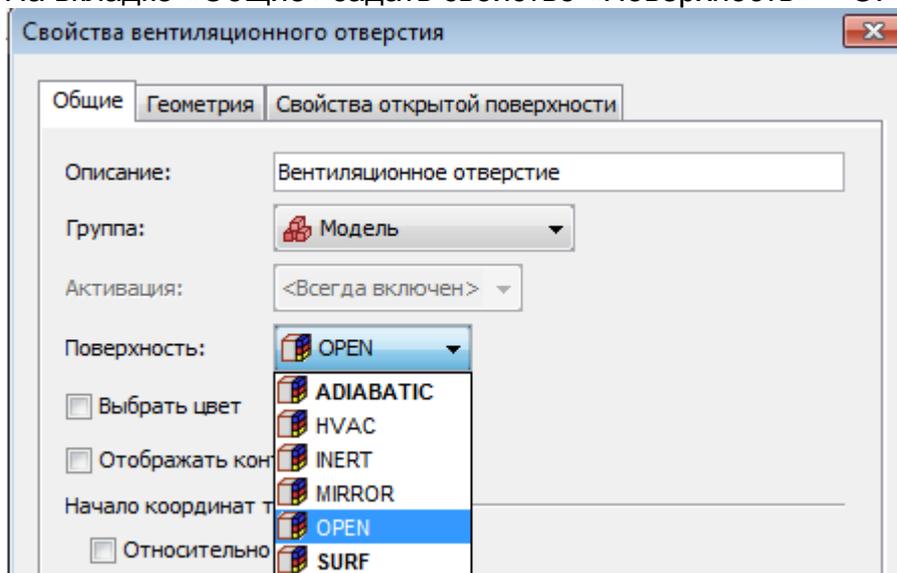


### Создание открытого проема

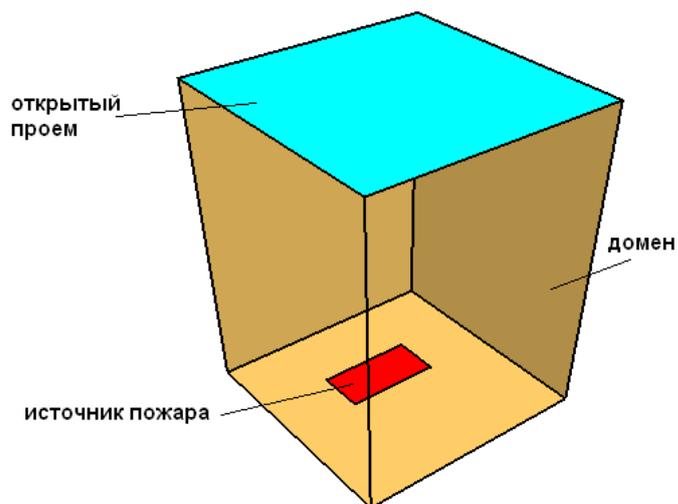
1. Меню «Модель» - «Создать вентиляционное отверстие»
2. На вкладке «Геометрия» задать положение и размеры отверстия:



3. На вкладке «Общие» задать свойство «Поверхность» = OPEN

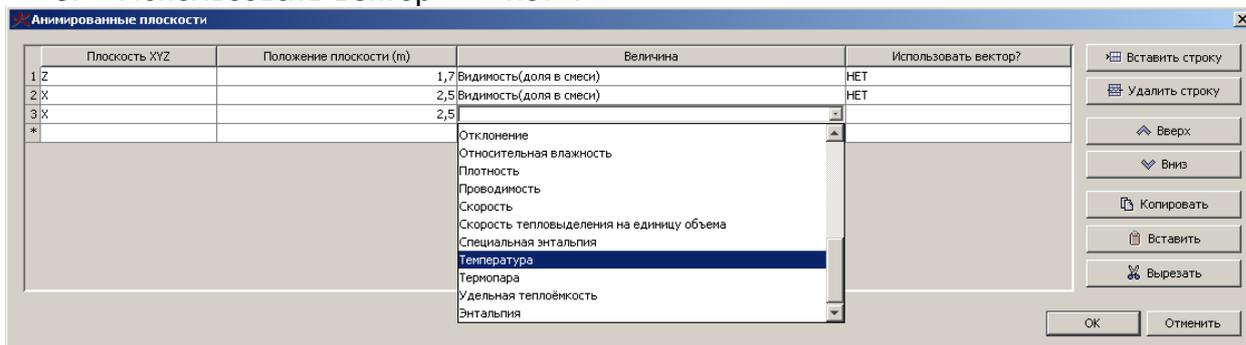


4. Модель почти готова:



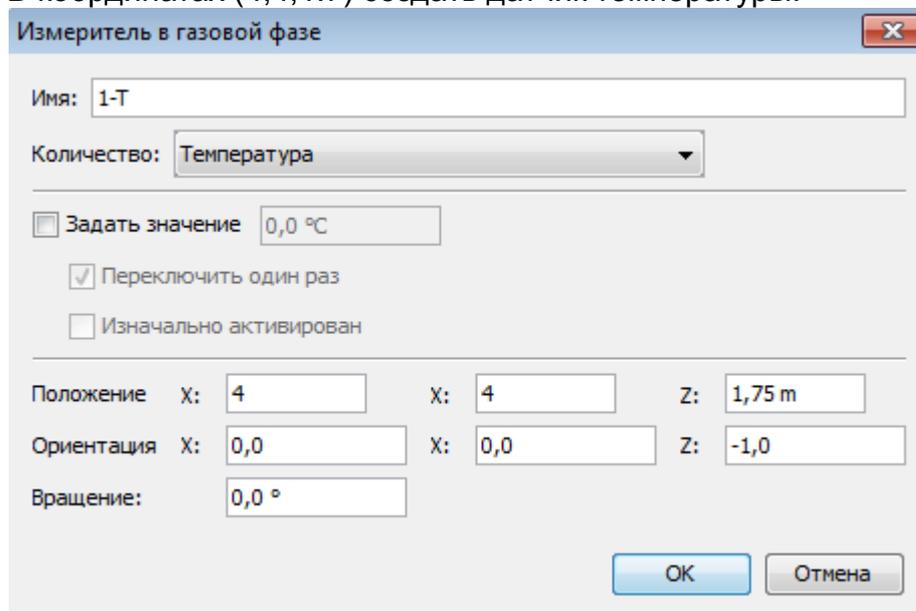
## Создание плоскости для отображения результатов

1. Меню «Выходные данные» - «Плоскости»
2. Создать горизонтальную плоскость на высоте 1.7 метров для измерения видимости и две вертикальные посередине домена, измеряющие температуру и видимость.
3. «Использовать вектор» = «нет».

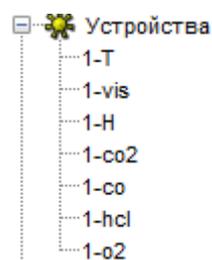


## Создание датчиков для измерения опасных факторов

1. Меню «Устройства» - «Измеритель в газовой фазе»
2. В координатах (4;4;1.7) создать датчик температуры:

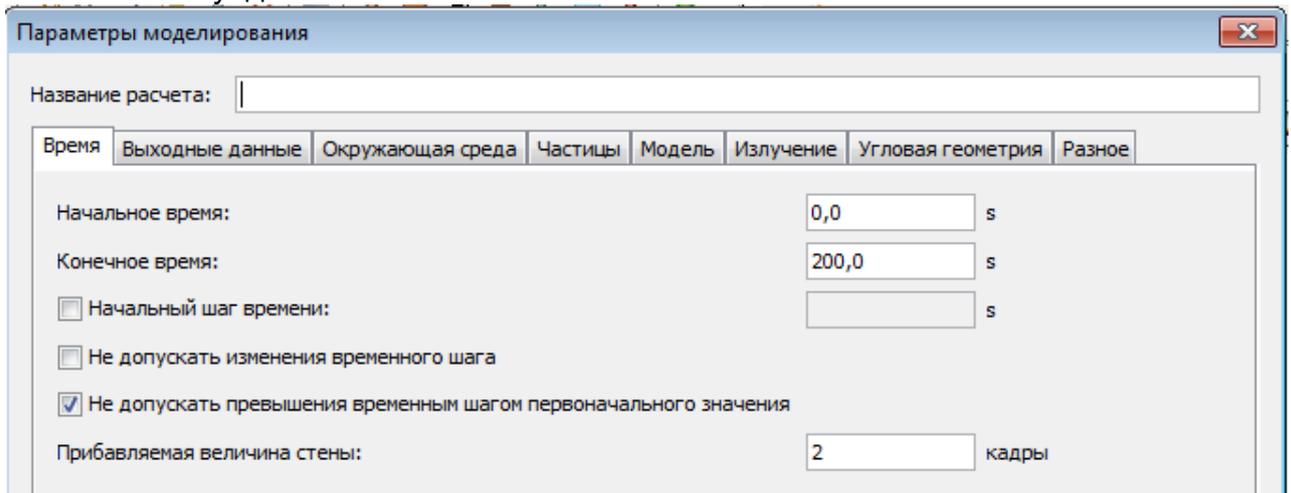


3. В этих же координатах создать датчики для измерения: видимости, плотности кислорода (oxygen), плотности CO (carbon monoxide), плотности CO<sub>2</sub> (carbon dioxide), плотности хлороводорода (other), теплового потока (поток излучения для газа).



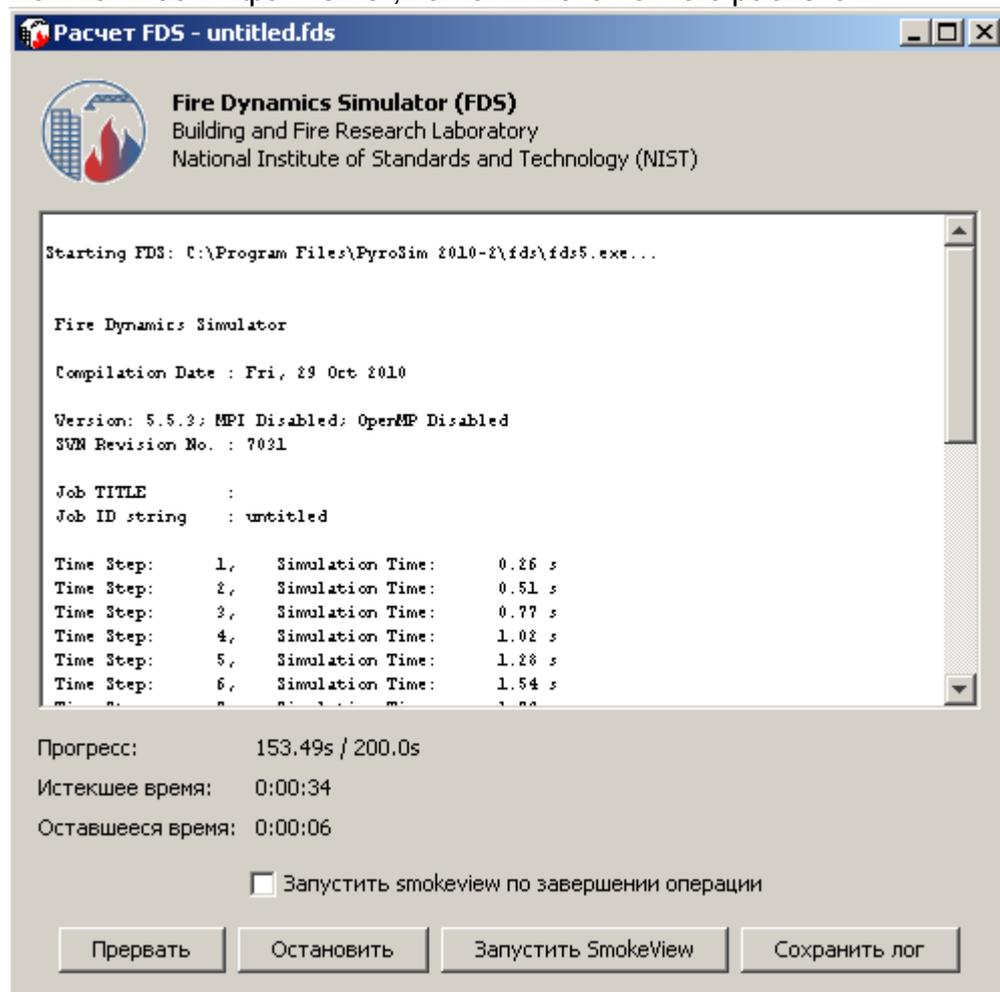
## Общие настройки

В меню «FDS» - «Параметры моделирования» задать время моделирования 200 секунд:



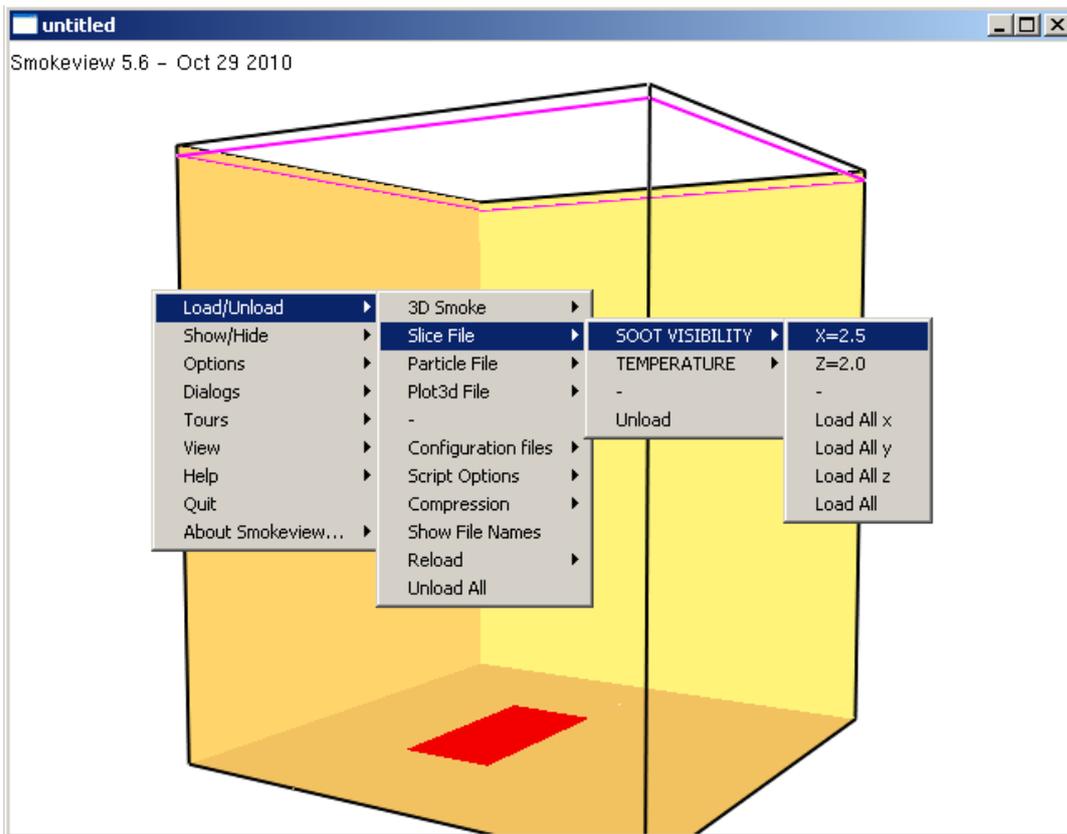
## Запуск расчета

В меню «FDS» выбрать «Запустить FDS», сохранить файл.  
Если ошибок в файле нет, то появляется окно с расчетом:

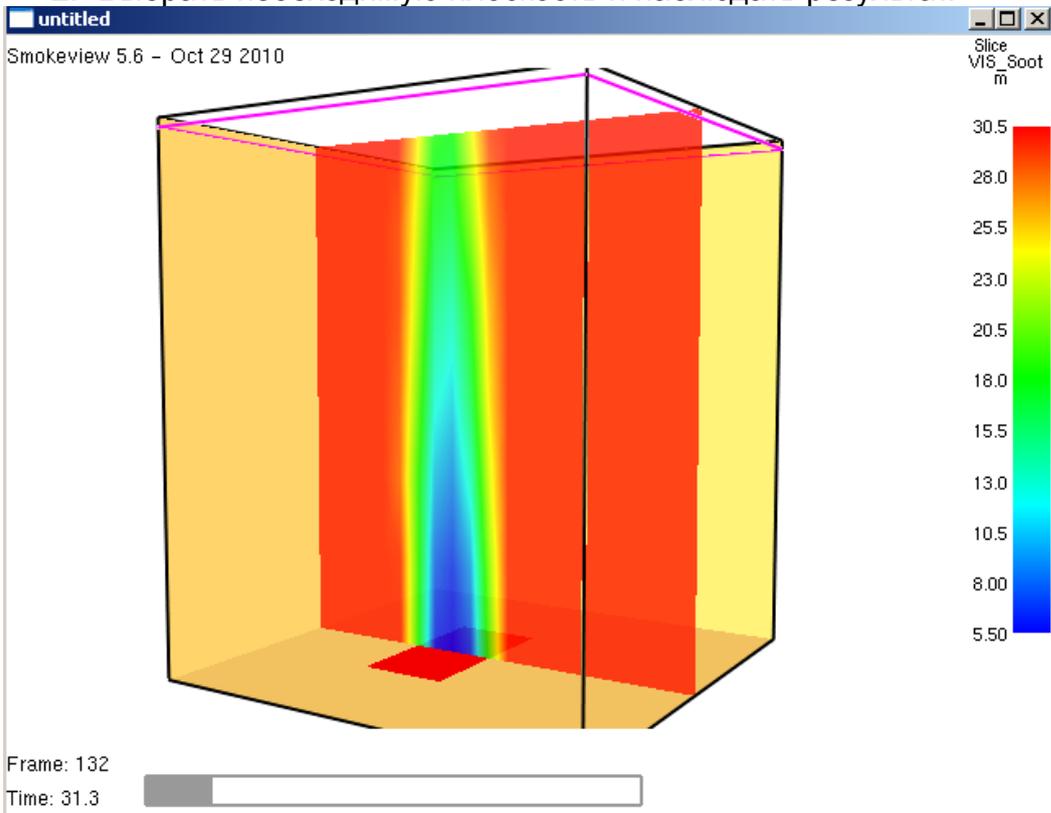


## Просмотр результатов в SmokeView:

1. По завершении расчета запустить SmokeView:

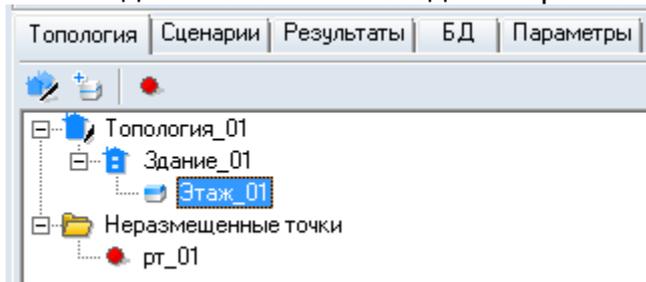


2. Выбрать необходимую плоскость и наблюдать результат.

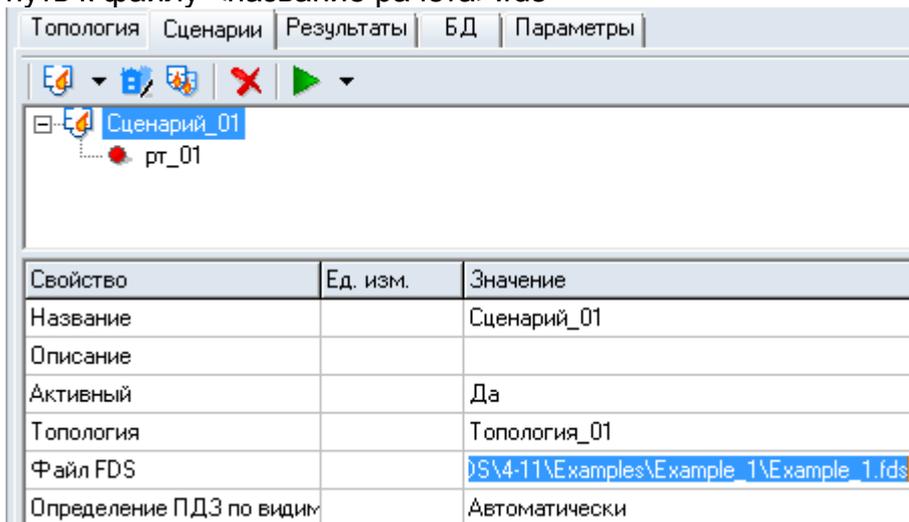


### Обработка результатов расчета в «СИТИС: Фламмер 3»

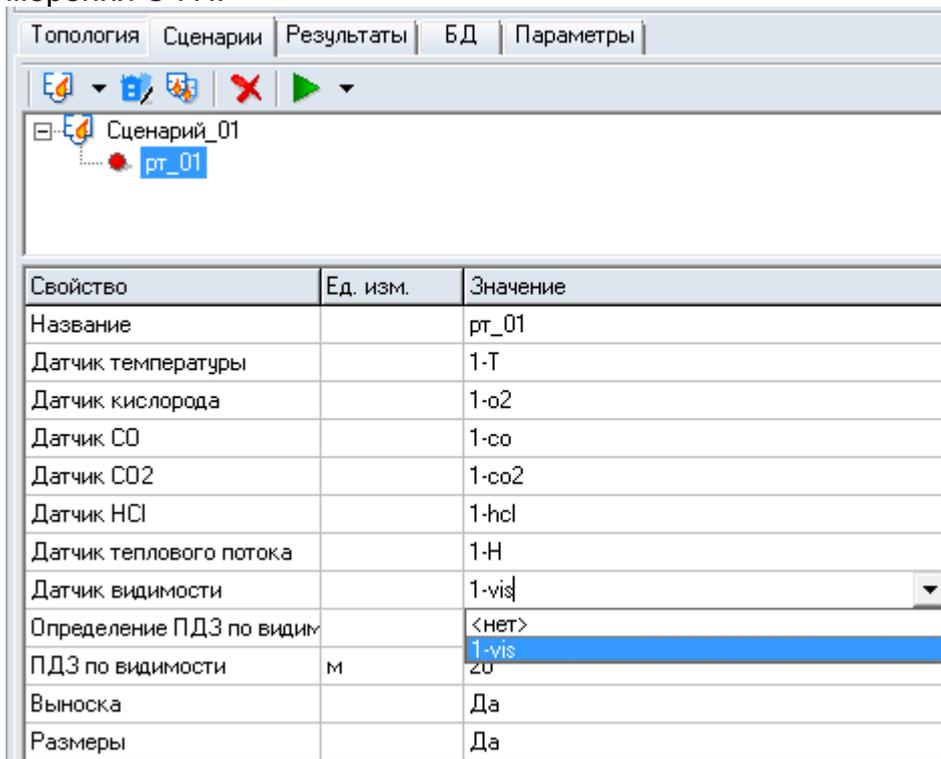
1. Открыть программу «СИТИС: Фламмер 3»
2. На вкладке «Топология» создать неразмещенную расчетную точку.



3. На вкладке «Сценарии» создать сценарий и в свойстве «Файл FDS» указать путь к файлу <название расчета>.fds



4. Добавить расчетную точку в сценарий и в свойствах указать датчики для измерения ОФП:



5. Выполнить расчет  и на вкладке «Результаты» посмотреть результаты расчета:

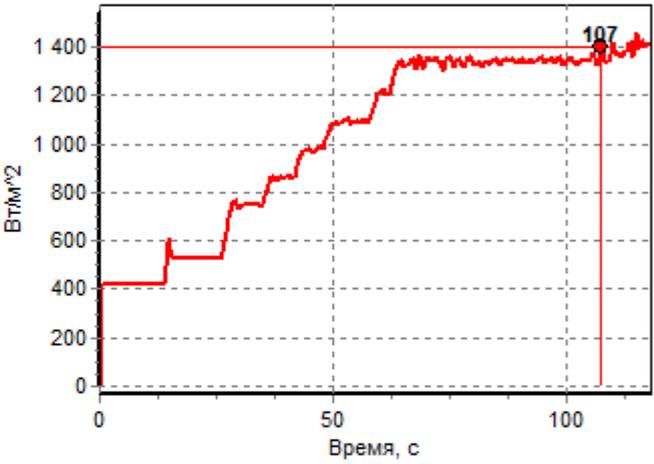
Топология | Сценарии | Результаты | БД | Параметры

Сценарий\_01

- рт\_01
- Графики развития ОФП
  - Температура
  - Кислород
  - CO
  - CO2
  - HCL
  - Тепловой поток
  - Видимость
  - Все опасные факторы пожара
- Графики развития пожара

рт\_01

Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку



1400  
1200  
1000  
800  
600  
400  
200  
0

0 50 100

Время, с

107

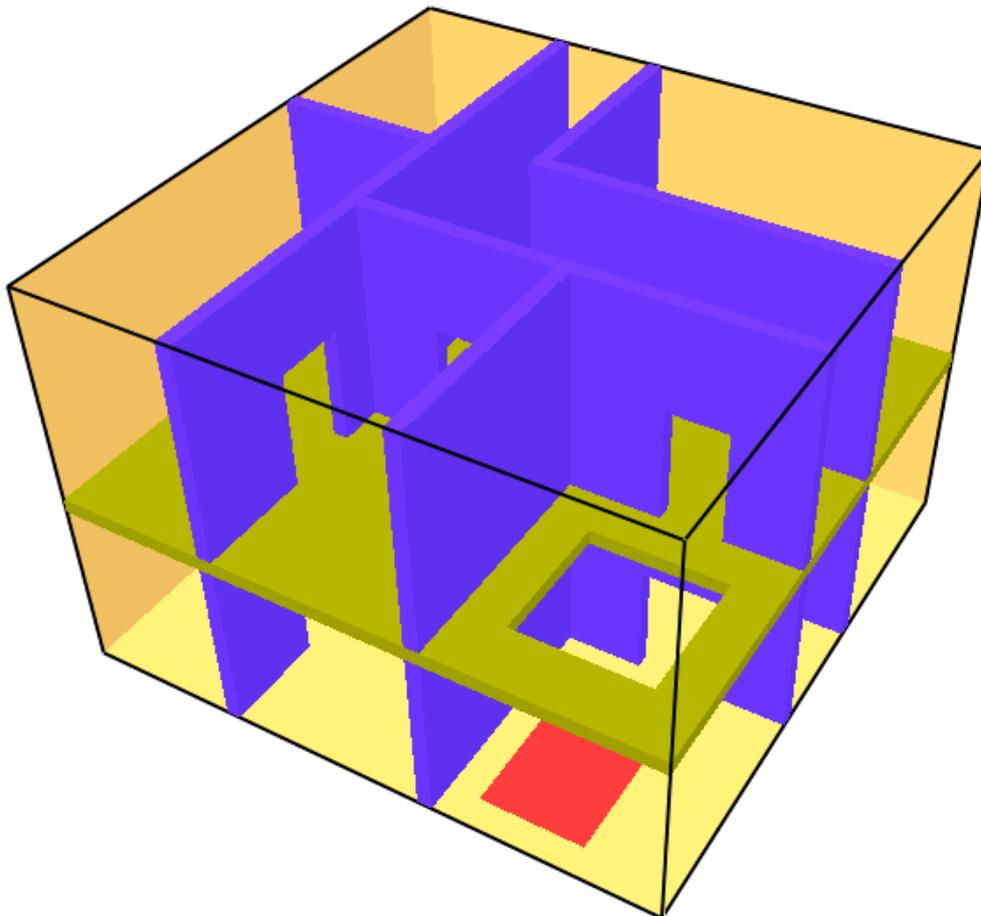
Ограничить временную ось критическим значением

Свойство	Ед. изм.	Значение
Название		рт_01
Этаж		<нет>
Объект		<нет>
Высота	м	1,7
по повышенной температуре	с	> 200
по содержанию кислорода	с	> 200
по содержанию CO	с	> 200
по содержанию CO2	с	> 200
по содержанию HCL	с	> 200
по тепловому потоку	с	107
по потере видимости	с	144
Время блокирования	с	107

6. Сформировать отчет .

### 30.2. Использование препятствий, проемов и вентиляционных отверстий для задания геометрии

Создать внутри домена систему из нескольких помещений. Задать дымоудаление – два клапана расходом  $3 \text{ м}^3/\text{с}$  каждый; задать поверхность горения -  $2 \times 1 \text{ м}$ , нагрузка – упаковка (по Кошмарову), горение начинается из центра нагрузки.



#### Шаги:

##### В PyroSim:

1. [Создать сетку](#)
2. [Создать поверхность для вентилятора дымоудаления](#)
3. [Создать поверхность для горелки](#)
4. [Создать реакцию](#)
5. [Создать модель:](#)
  - a. [Перекрытие](#)
  - b. [Этажи](#)
  - c. [Стены](#)
  - d. [Двери](#)
  - e. [Отверстие в перекрытии](#)
  - f. [Клапаны дымоудаления](#)
  - g. [Открытые проемы](#)
  - h. [Поверхность горения](#)
6. [Создать плоскости для визуализации распространения ОФП](#)
7. [Создать датчики для измерения ОФП](#)
8. [Задать общие настройки](#)

##### В SmokeView:

9. [Посмотреть изменение видимости и температуры](#)

##### В «СИТИС: Фламмер 3»:

10. [Создать сценарий и сформировать отчет](#)

## Создание сетки

1. Меню «Модель» - «Редактировать сетки»
2. Кнопка «Создать», ввести название сетки
3. Задать координаты сетки:  $X_{min} = 0$   $X_{max} = 10$   $Y_{min} = 0$   $Y_{max} = 10$   $Z_{min} = 0$   $Z_{max} = 7$
4. Задать количество ячеек: по оси X – 40, по Y – 40, по Z – 28.

Редактировать сетки

MESH

Описание:

Порядок / Приоритет:

Задать цвет

Синхронизировать временной шаг для более плотного соединения между сетками

Проверка выравнивания сеток: **Пройден**

Граница сетки (м):

Min X:  Min Y:  Min Z:

Max X:  Max Y:  Max Z:

Метод разделения:

Ячейки X:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Y:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Z:   Соотношение размеров ячеек: 1,00

Размер ячейки (м): 0,25 x 0,25 x 0,25

Количество ячеек в сетке: 44 800

Количество ячеек потенциально неэффективно. Для максимальной эффективности число должно быть разложимо на множители 2, 3 и 5.

Создать

Переименовать...

Удалить...

Применить

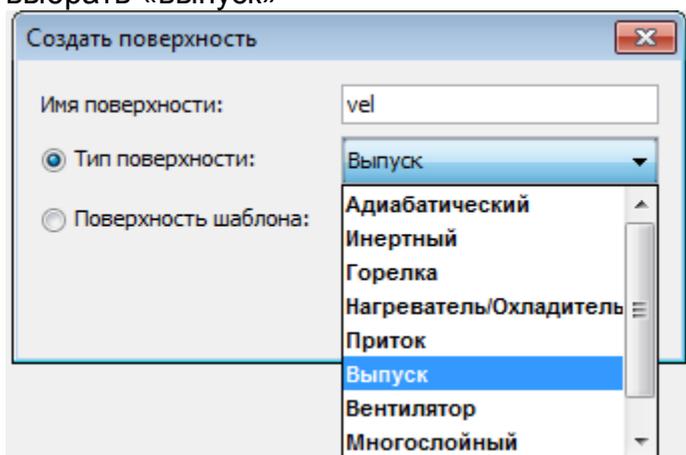
OK

Отменить

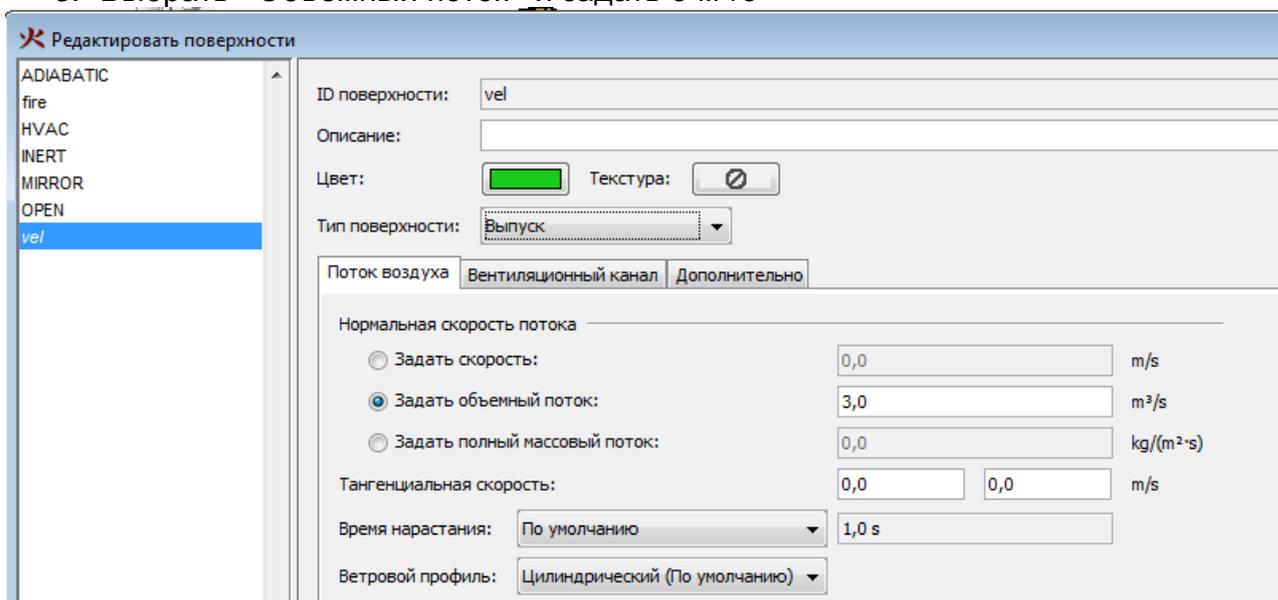
Сохранить, сетка создана.

## Создание поверхности для вентилятора дымоудаления

1. Меню «Модель» - «Редактировать поверхности»
2. Кнопка «Создать», ввести название поверхности, свойство «Тип поверхности» выбрать «выпуск»

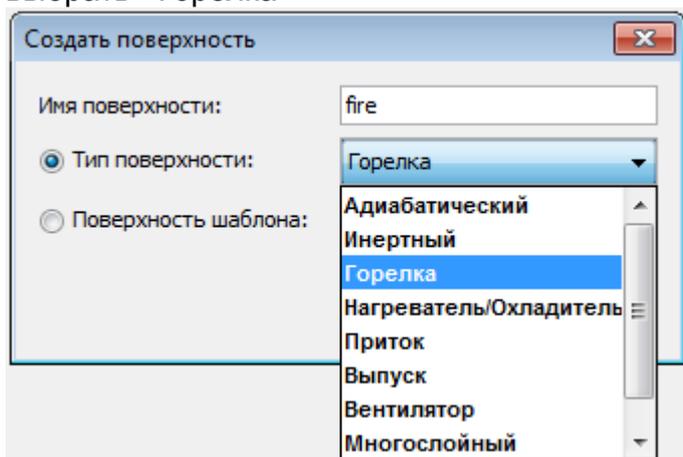


3. Выбрать «Объемный поток» и задать 3 м<sup>3</sup>/с

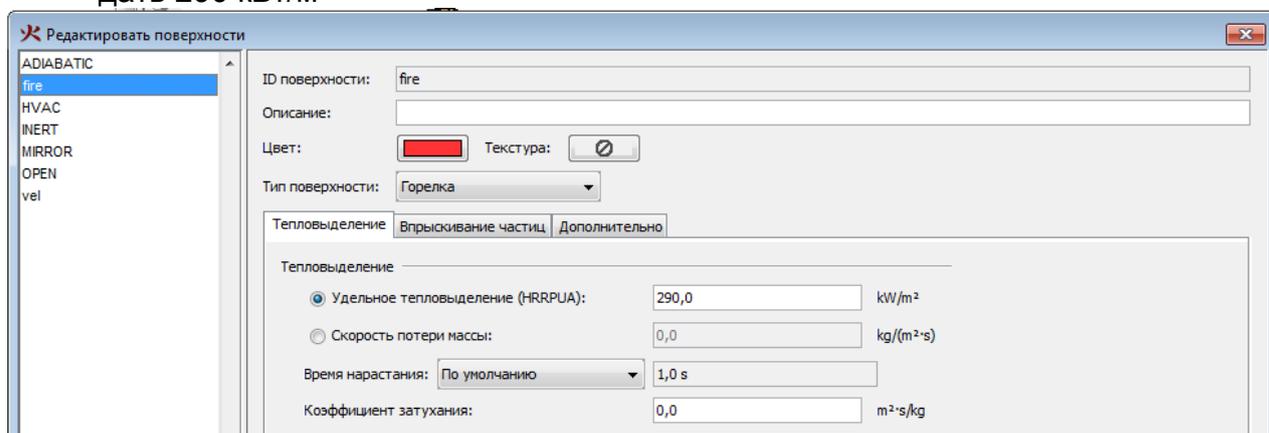


## Создание поверхности для горелки

1. Меню «Модель» - «Редактировать поверхности»
2. Кнопка «Создать», ввести название поверхности, свойство «Тип поверхности» выбрать «Горелка»



3. На вкладке «Тепловыделение» выбрать «Удельное тепловыделение» и задать  $290 \text{ кВт/м}^2$



### Создание реакции:

1. Меню «Модель» - «Редактировать реакции»
2. Кнопка «Создать», ввести название реакции
3. Задать количество атомов:  
Углерод = 1,7  
Водород = 18,5  
Кислород = 3  
Азот = 0  
Другие атомы = 0,009  
Молекулярный вес других атомов = 36,5 (хлороводород)

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Виды газов' tab selected. The 'Описание' field contains 'упаковка'. The 'Виды газов' section has the following values: Атомы углерода: 1,7; Атомы водорода: 18,5; Атомы кислорода: 3; Атомы азота: 0,0; Другие атомы: 0,009; Молекулярный вес: 36,5 g/mol. The 'Струя топлива' section has: Массовая доля кислорода в среде: 0,23; Массовая доля топлива в горелке: 1,0. Buttons at the bottom include 'Применить', 'OK', and 'Отменить'.

4. Следующие две вкладки пропустить, на вкладке «Побочные продукты» задать:  
Теплота сгорания – 23540 кДж/кг  
Выработка CO = 0,008  
Выработка сажи = 0,02

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Побочные продукты' tab selected. The 'Описание' field contains 'упаковка'. The 'Выделение энергии' section has:  Выделение энергии на единицу массы кислорода: 1,31E04 kJ/kg;  Теплота сгорания: 23540 kJ/kg;  Идеальная реакция (без учета выработки CO, H<sub>2</sub>, или сажи). The 'CO выработка (Y<sub>CO</sub>):' field is 0,008; 'H<sub>2</sub> выработка (Y<sub>H2</sub>):' field is 0,0; 'Выработка сажи (Y<sub>s</sub>):' field is 0,02. Buttons at the bottom include 'Применить', 'OK', and 'Отменить'.

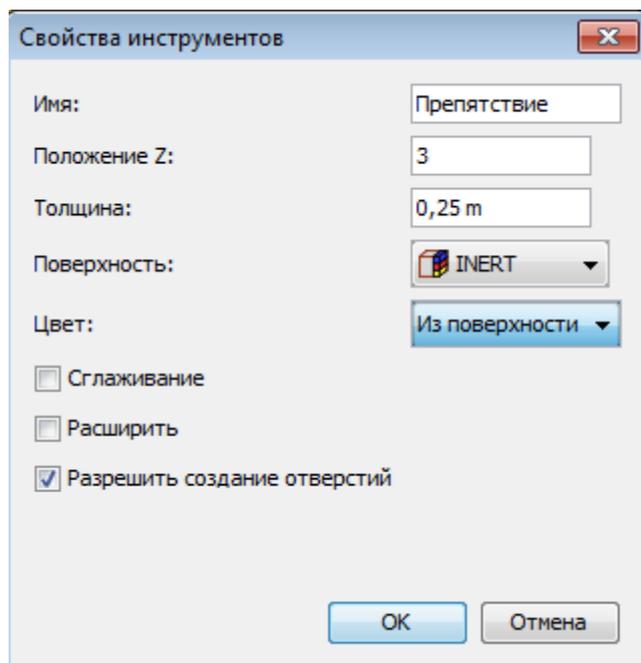
Сохранить, реакция описана.

## Создание модели

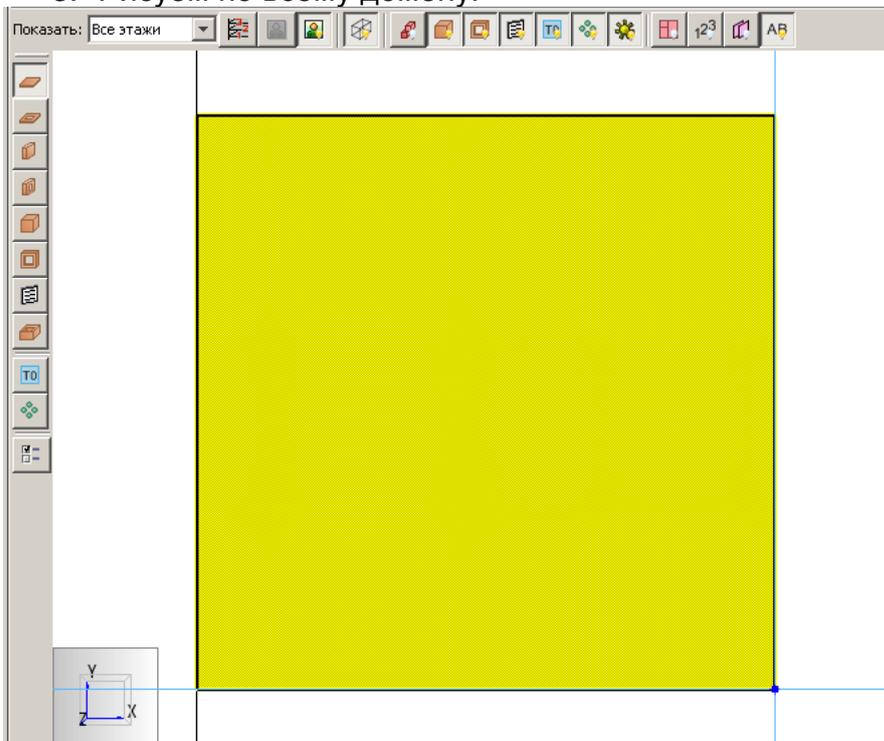
Модель является двухэтажным зданием. Сначала для удобства зададим перекрытие.

### Перекрытие

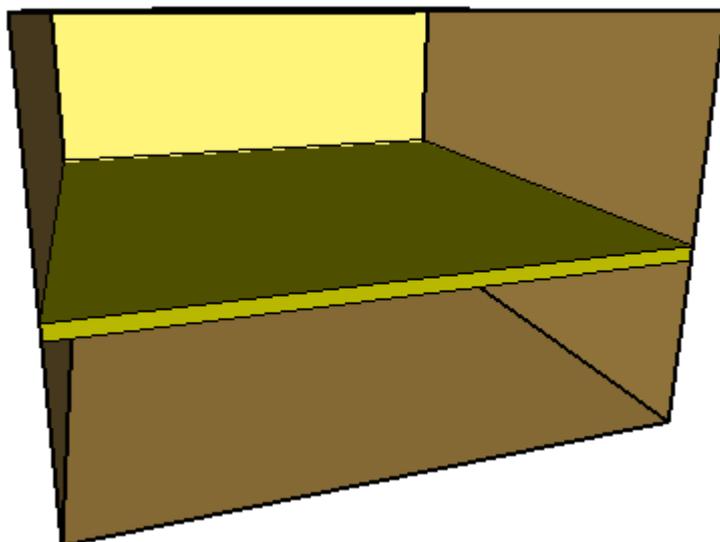
1. Переходим на 2D вид. Выбираем кнопку «нарисовать препятствие» .
2. Затем нажимаем кнопку «свойства» , задаем свойства: положение Z (отметка низа перекрытия), толщина, поверхность, цвет и другие свойства по необходимости.



3. Рисуем по всему домену:



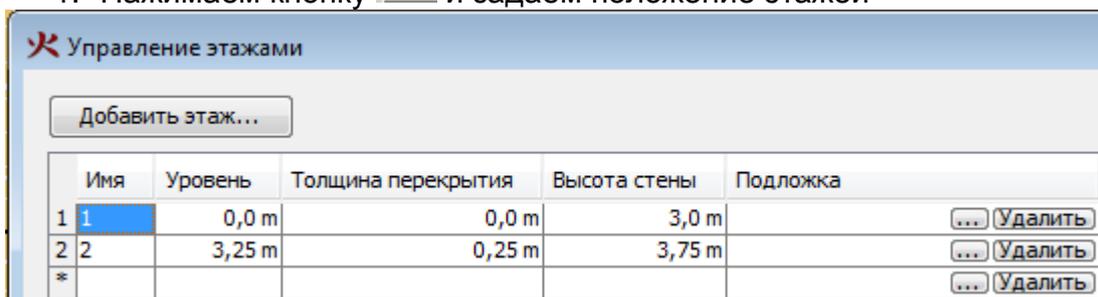
В 3D это выглядит так:



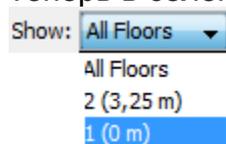
### Создание этажа

Теперь выделим два этажа, чтобы удобнее было рисовать стены:

1. Нажимаем кнопку  и задаем положение этажей



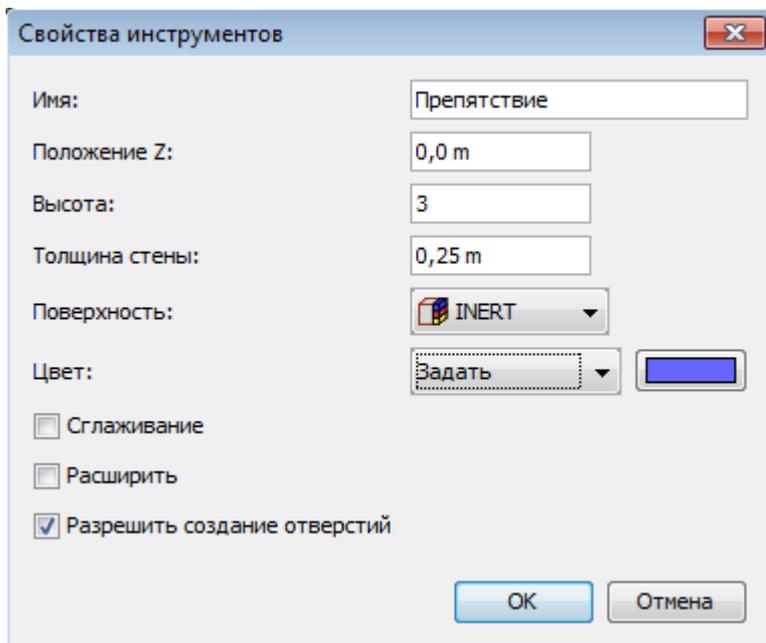
2. Теперь в селекторе можно выбрать нужный этаж:



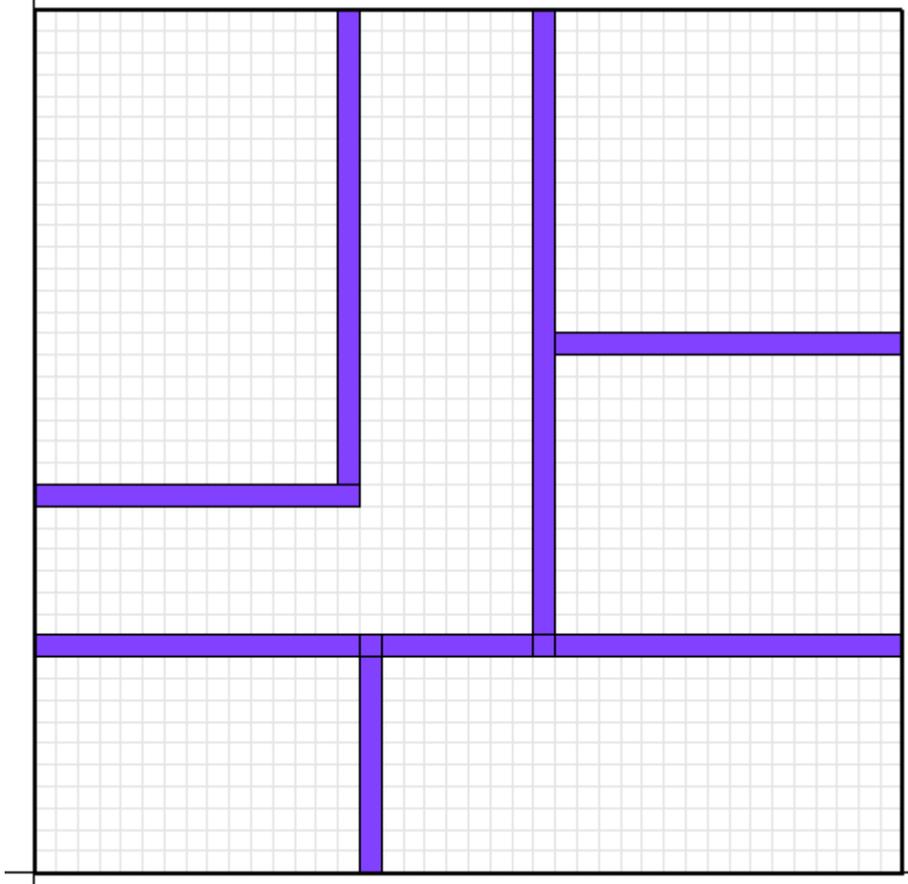
### Стены

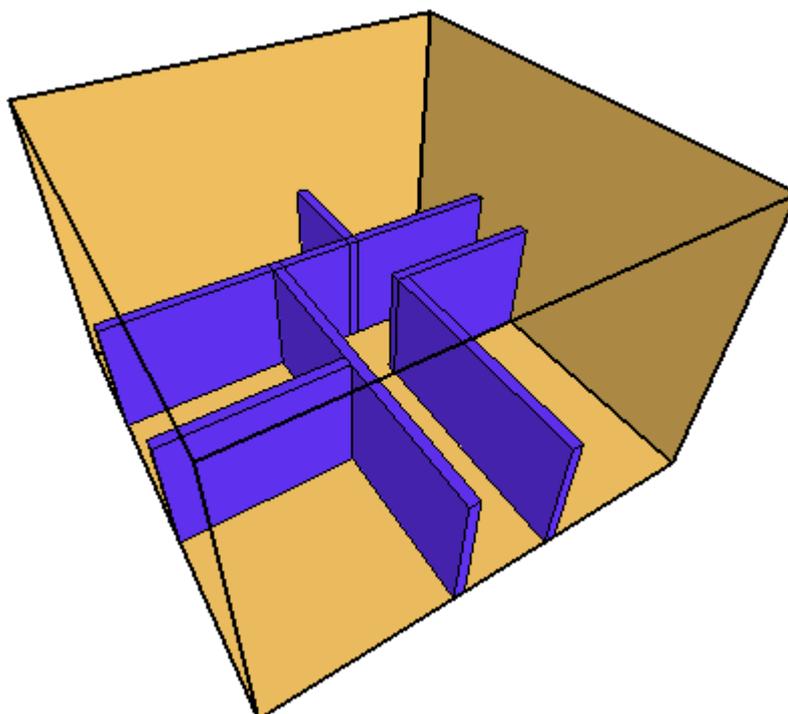
Рисуем стены на первом этаже:

1. Нажимаем кнопку  «нарисовать стену», в свойствах  задаем цвет, поверхность, положение Z (низ стены), и толщину:

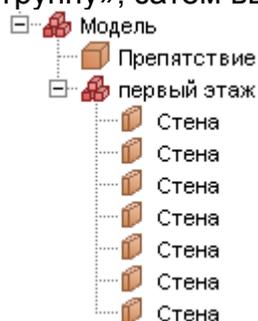


2. Теперь в рабочей области рисуем стены:





3. Теперь для удобства сгруппируем стены в группу «Первый этаж»  
В контекстном меню в дереве объектов в «Модели» выбрать «Создать группу», затем выделить все объекты «Стена» и перетащить их в группу.



4. Создадим стены второго этажа с помощью копирования:  
В контекстном меню группы «Первый этаж» выбираем «копировать/переместить». В открывшемся окне выбираем «Копировать», количество копий = 1, смещение задаем по оси Z на 3,25 метра (чтобы низ объектов на втором этаже оказался на уровне пола второго этажа).

**Перенос** [X]

Режим

Передвинуть

Копировать Количество копий:

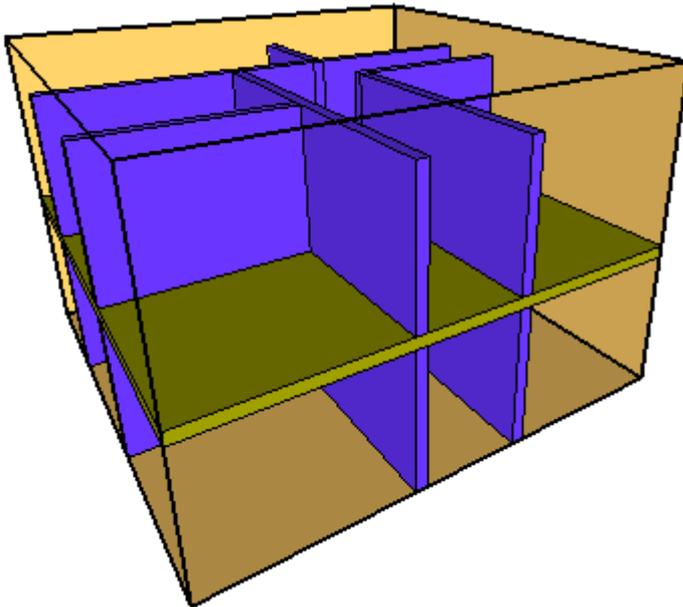
Перенос

	X	Y	Z
Смещение (м):	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="3,25"/>

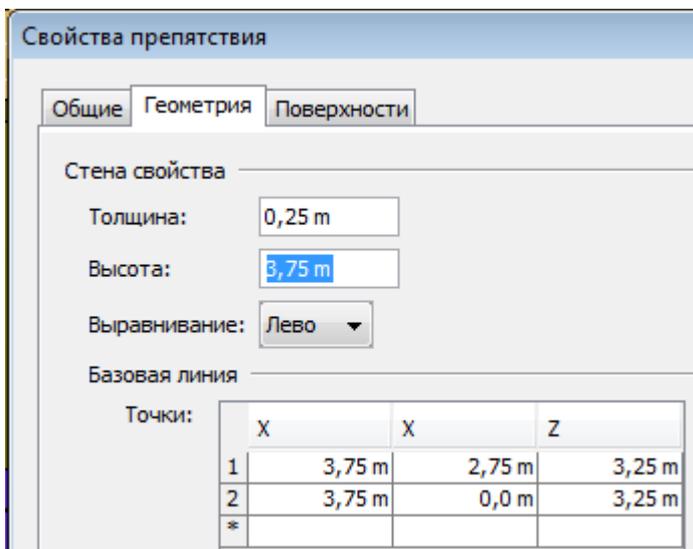
Выбранная граница

Min:	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>
Max:	<input type="text" value="10,0"/>	<input type="text" value="10,0"/>	<input type="text" value="3,0"/>

5. Получаем группу «первый этаж [1]» и вид модели:



6. Видно, что стены второго этажа не достают до потолка. Работаем с группой: во-первых, увеличим высоту всех объектов, во-вторых, переименуем группу во «Второй этаж».
- Выделяем группу, в контекстном меню выбираем «свойства»
- На вкладке «Геометрия» изменяем свойство «Высота» на 3,75 метров.

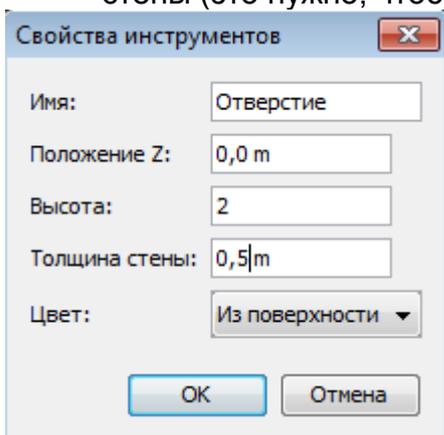


Теперь стены достают до потолка.

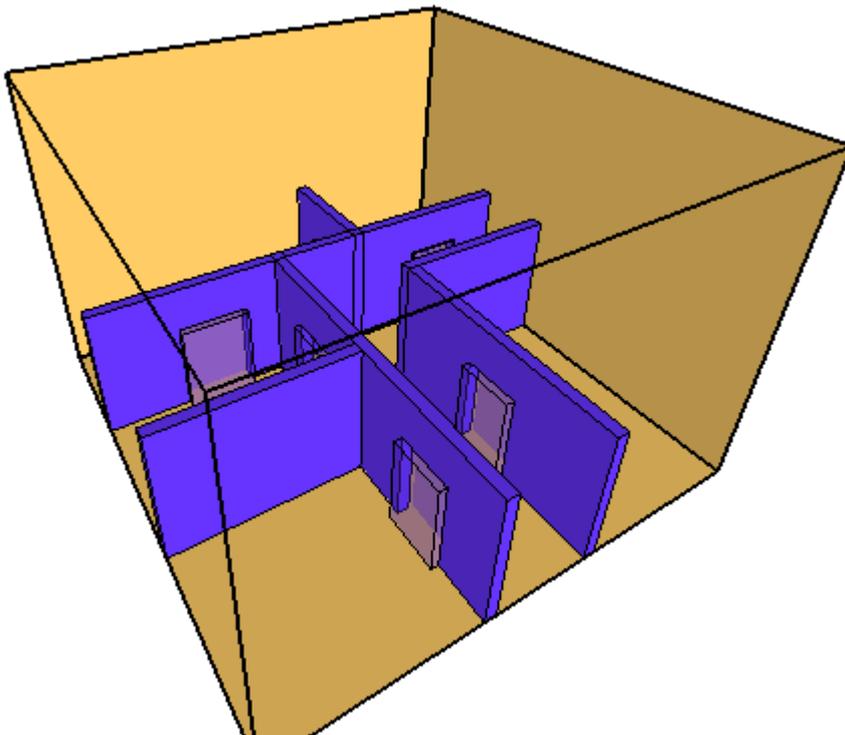
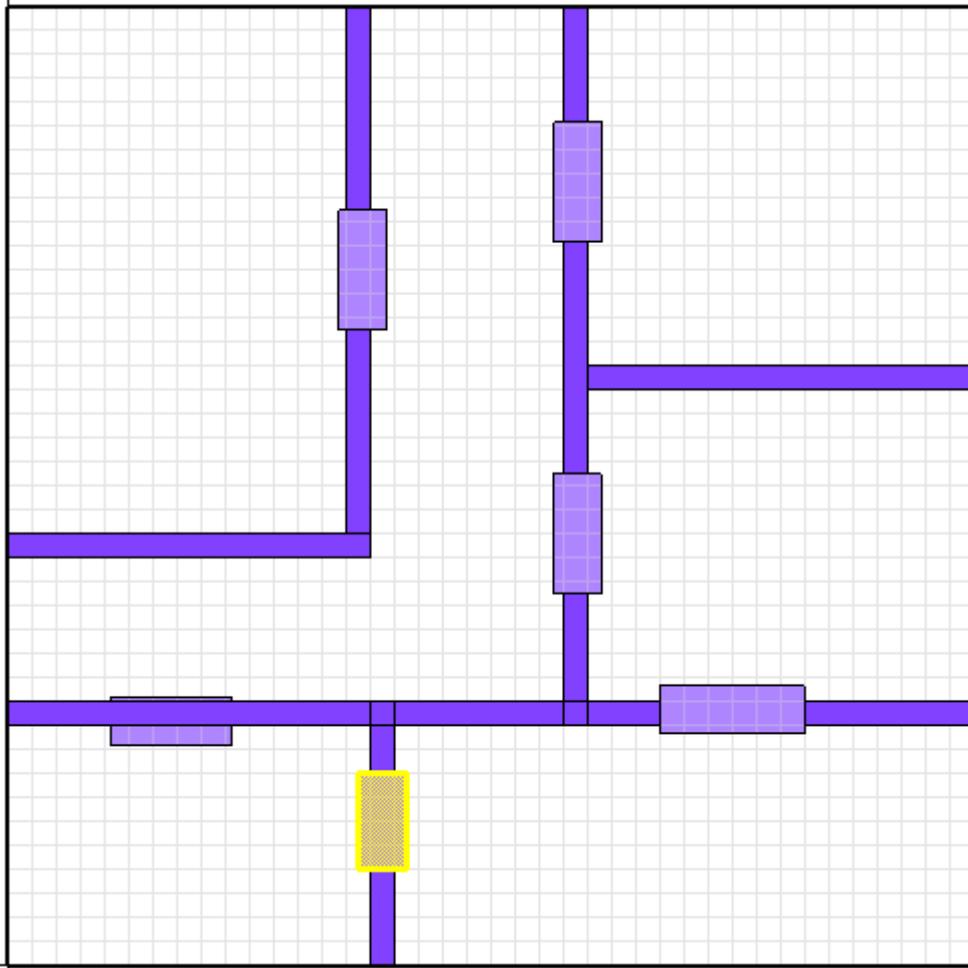
## Двери

Теперь создадим двери – сначала на первом этаже.

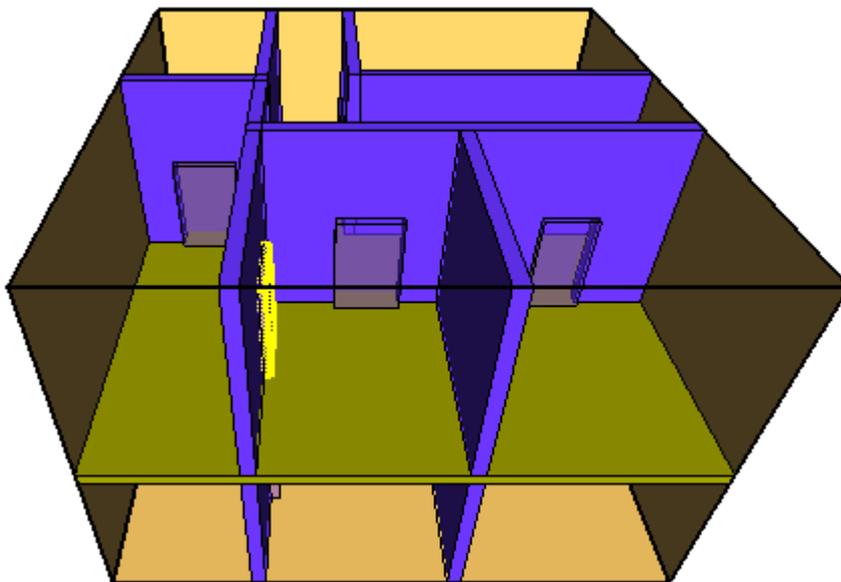
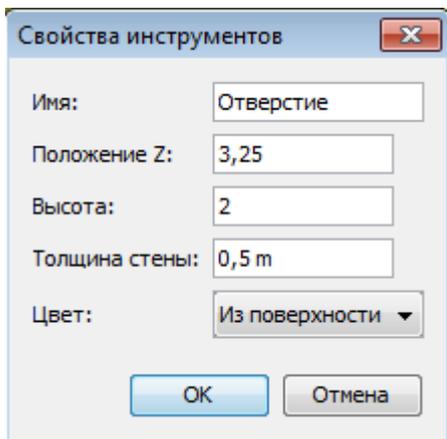
1. Выбираем этаж, затем инструмент  «Нарисовать отверстие в стене».
2. В свойствах задаем высоту отверстия 2 метра и толщину, большую толщины стены (это нужно, чтобы программа поняла, что отверстие сквозное).



3. Затем рисуем отверстия. Если необходимо, отверстия можно перемещать инструментом .

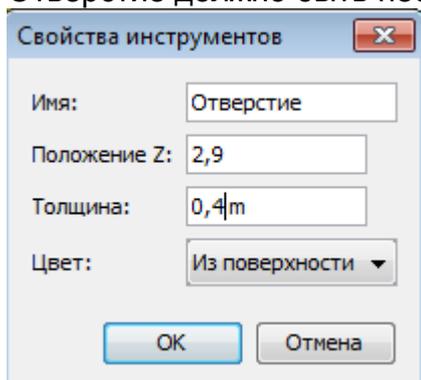


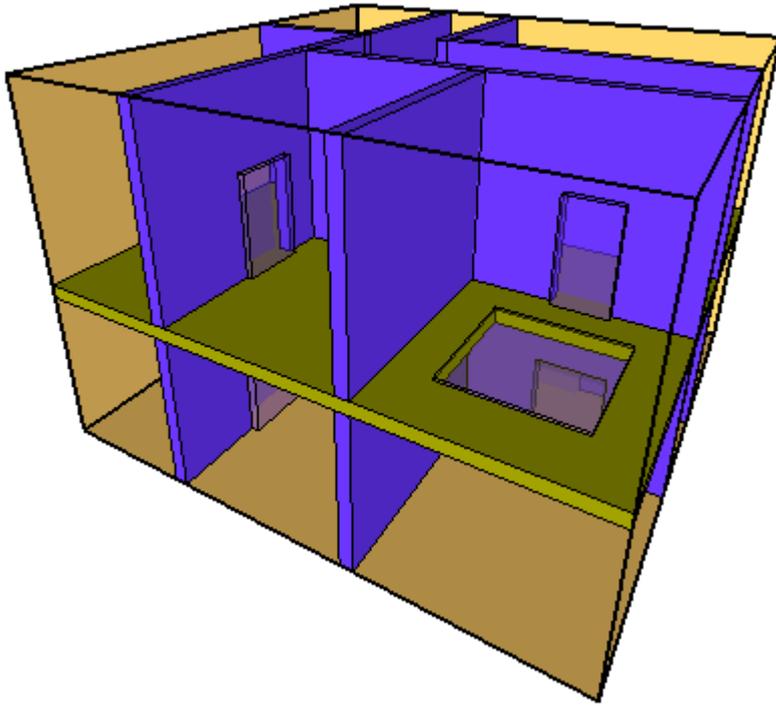
4. Аналогично на втором этаже.



### **Отверстие в перекрытии**

1. Отверстие в перекрытии в одной из комнат можно создать инструментом «нарисовать отверстие» 
2. Отверстие должно быть несколько больше толщины перекрытия.





### ***Вентиляционные отверстия***

Теперь создаем «вентиляционные отверстия». Все они должны быть приложены к препятствию либо границе сетки.

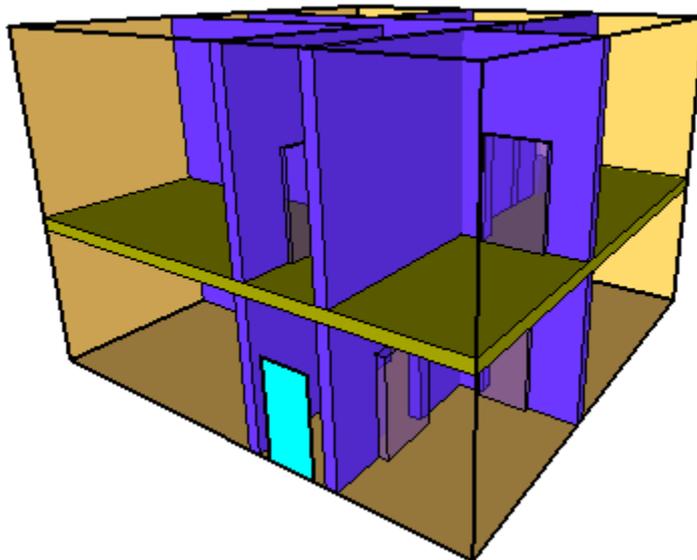
*Открытый проем для связи с атмосферой.*

1. Кнопка «Создать вентиляционное отверстие».
2. На вкладке «Общие» выбрать поверхность OPEN. На вкладке «Геометрия» задать размеры и положение отверстия:

Плоскость  $x=0$

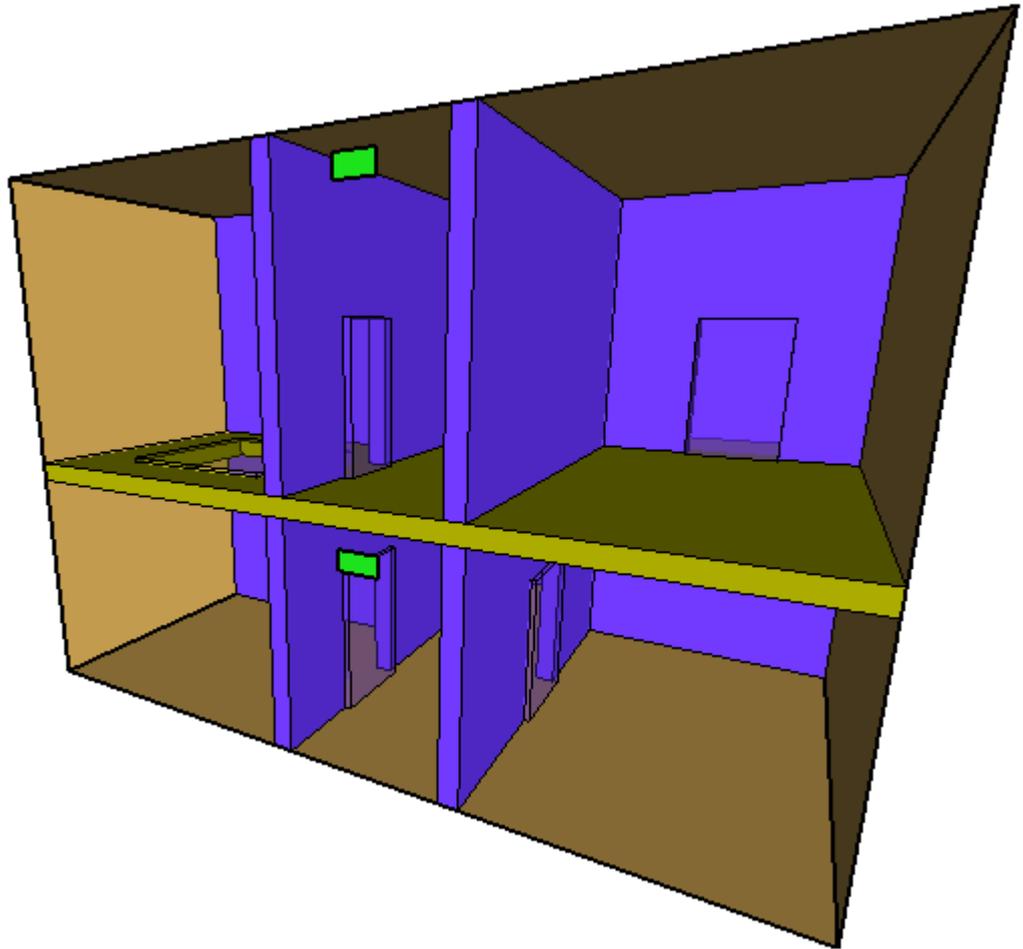
Размеры: по оси Y от 3 до 4, по оси Z от 0 до 2.

(условно – входная дверь)



*Клапаны дымоудаления (по одному на каждом этаже, в коридоре)*

1. Кнопка «Создать вентиляционное отверстие».
2. Свойство «Поверхность» задать «vel».
3. Положение плоскости:  $y=10$ . Один клапан находится под потолком первого этажа, второй – под потолком второго.



### Поверхность горения

Создадим поверхность горения в помещении с отверстием в перекрытии, на первом этаже.

1. Кнопка «Создать вентиляционное отверстие».
2. Свойство «Поверхность» задать «fire».
3. Скорость распространения: 0,004 м/с, начало распространения пламени «Начало» - задать координаты центра поверхности.

Свойства вентиляционного отверстия

Общие Геометрия

Описание: fire

Группа: Модель

Активация: <Всегда включен>

Поверхность: fire

Выбрать цвет

Отображать контурами

Начало координат текстуры

Относительно объекта

X: 0,0 m Y: 0,0 m Z: 0,0 m

Распространение огня

Скорость распространения: 0,004 m/s

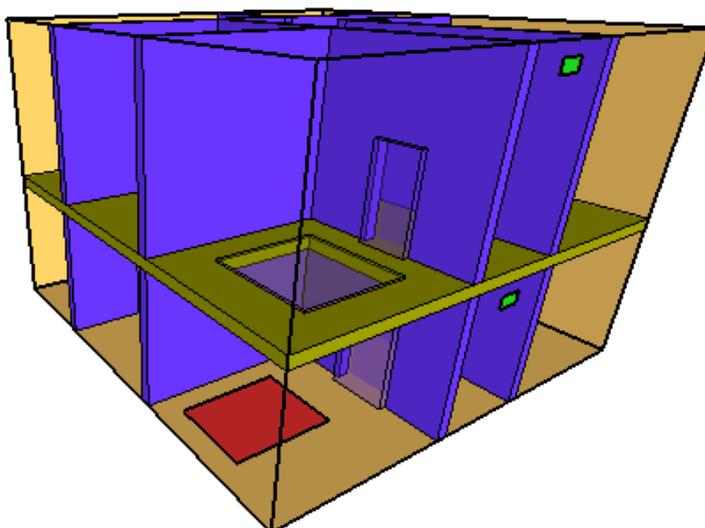
Начало X: 8,0 m Y: 7,5 m Z: 0,0 m

Ограничивающая рамка

Min X: 7,25 m Min Y: 6,75 m Min Z: 0,0 m

Max X: 9,5 m Max Y: 8,5 m Max Z: 0,0 m

OK Отмена



Модель готова.

## Создание датчиков

Задать датчики для каждого из ОФП в двух местах – в коридоре на первом и на втором этаже.

1. Меню «Устройства» - «Создать измеритель в газовой фазе».

Измеритель в газовой фазе

Имя устройства: 1-T

Величина: Температура

Установить значение: 0,0 °C

Запускать только один раз

Изначально активированный

Положение X: 0,25 m Y: 3,5 m Z: 1,7 m

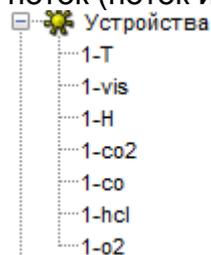
Ориентация X: 0,0 Y: 0,0 Z: -1,0

Вращение: 0,0 °

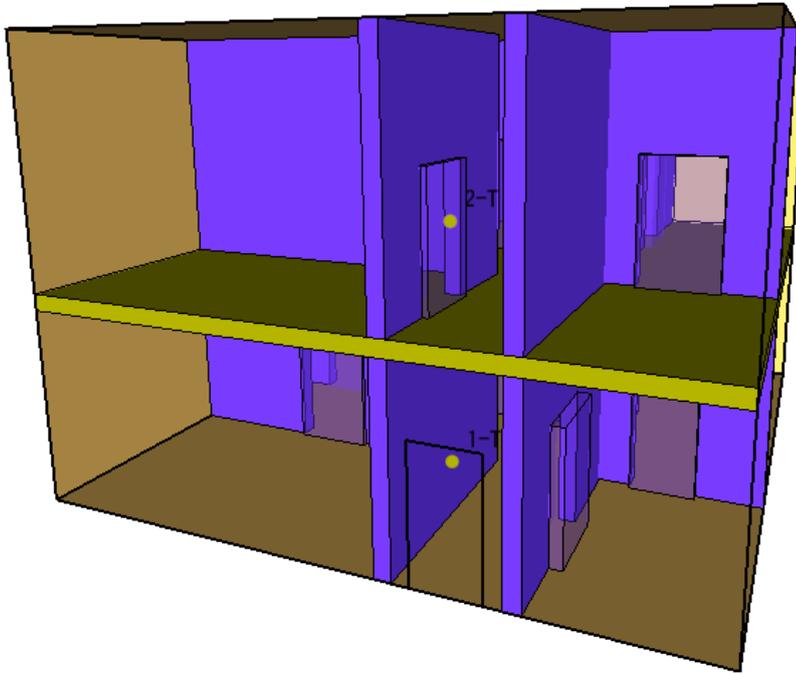
OK Отменить

2. Задать координаты, указать измеряемую величину.

3. Скопировать измеритель и изменить измеряемую величину, чтобы в одной точке находилось 7 датчиков – на каждый опасный фактор: температура, видимость, плотность кислорода (oxygen), плотность CO (carbon monoxide), плотность CO<sub>2</sub> (carbon dioxide), плотность хлороводорода (other), тепловой поток (поток излучения для газа).

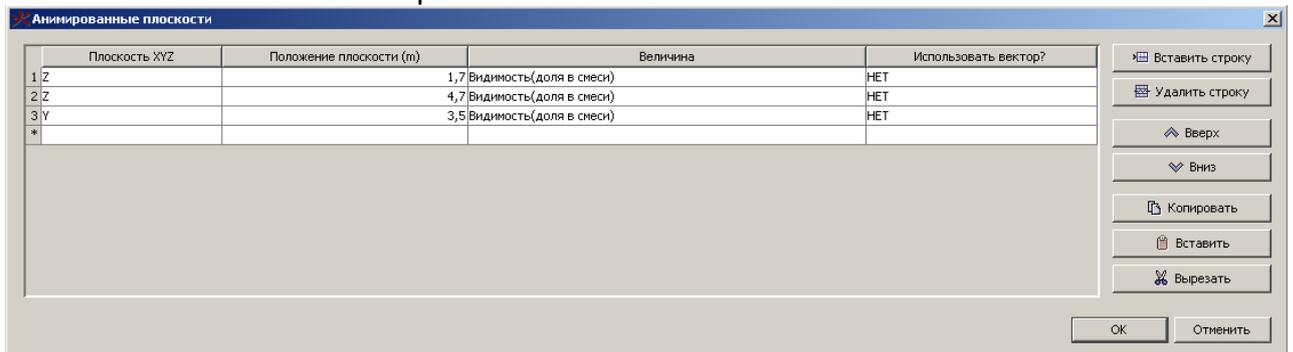


4. Скопировать все датчики с помощью команды «Копировать/переместить» контекстного меню – скопировать со смещением вверх на 3,25 метра.



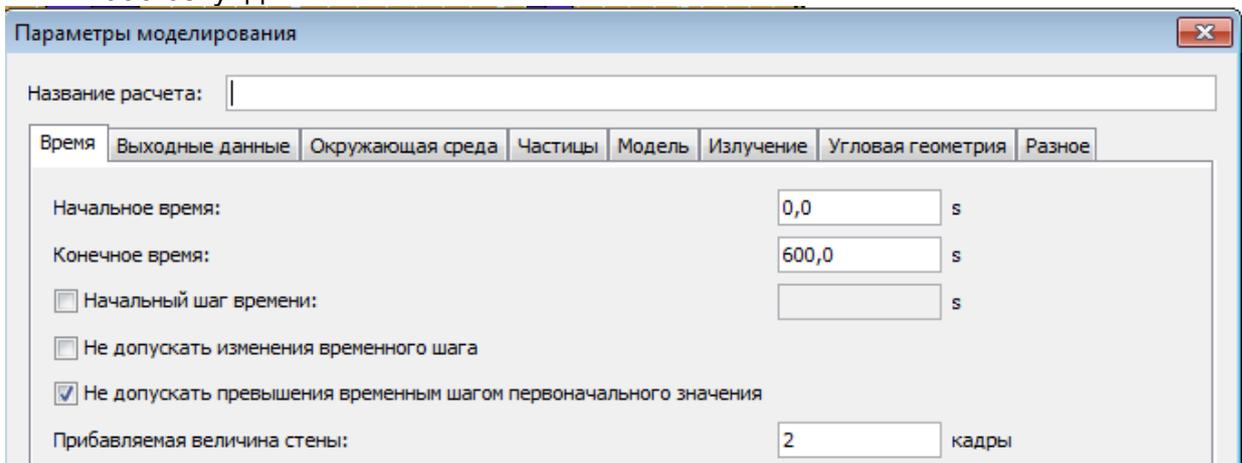
### Создание плоскости для отображения результатов

1. Меню «Выходные данные» - «Плоскости»
2. Создать горизонтальную плоскость на высоте 1,7 метров от пола каждого этажа для измерения видимости и одну посередине домена, измеряющую видимость.  
«Использовать вектор» = «нет».



### Общие настройки

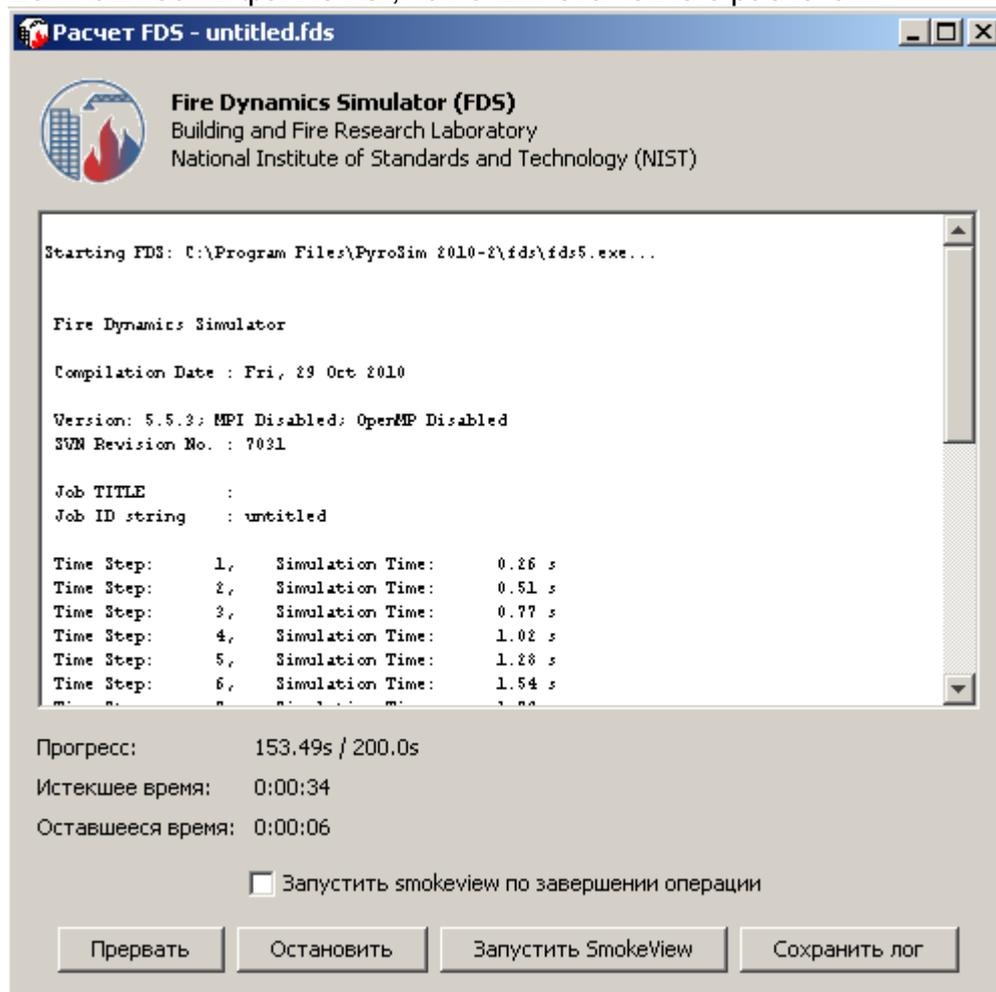
В меню «FDS» - «Параметры моделирования» задать время моделирования 600 секунд:



## Запуск расчета

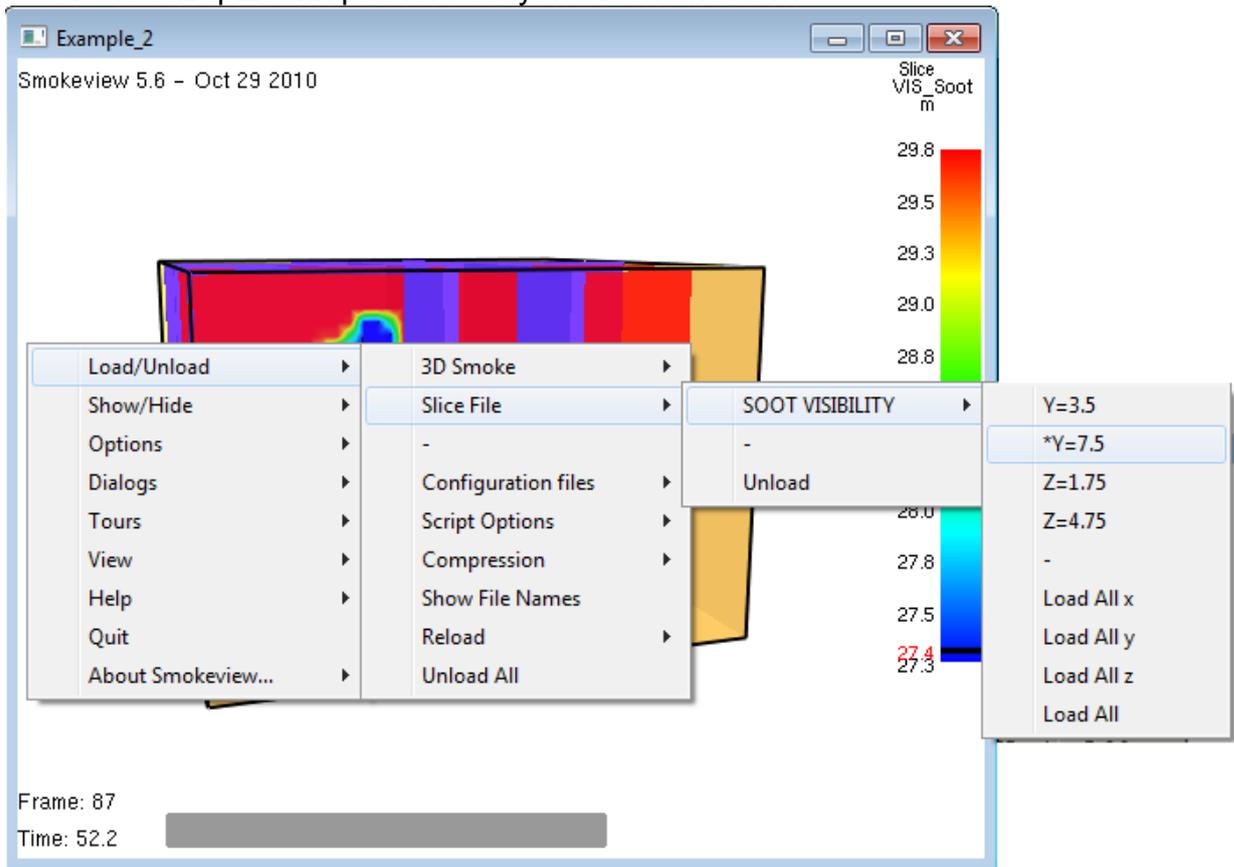
В меню «FDS» выбрать «Запустить FDS», сохранить файл.

Если ошибок в файле нет, то появляется окно с расчетом:

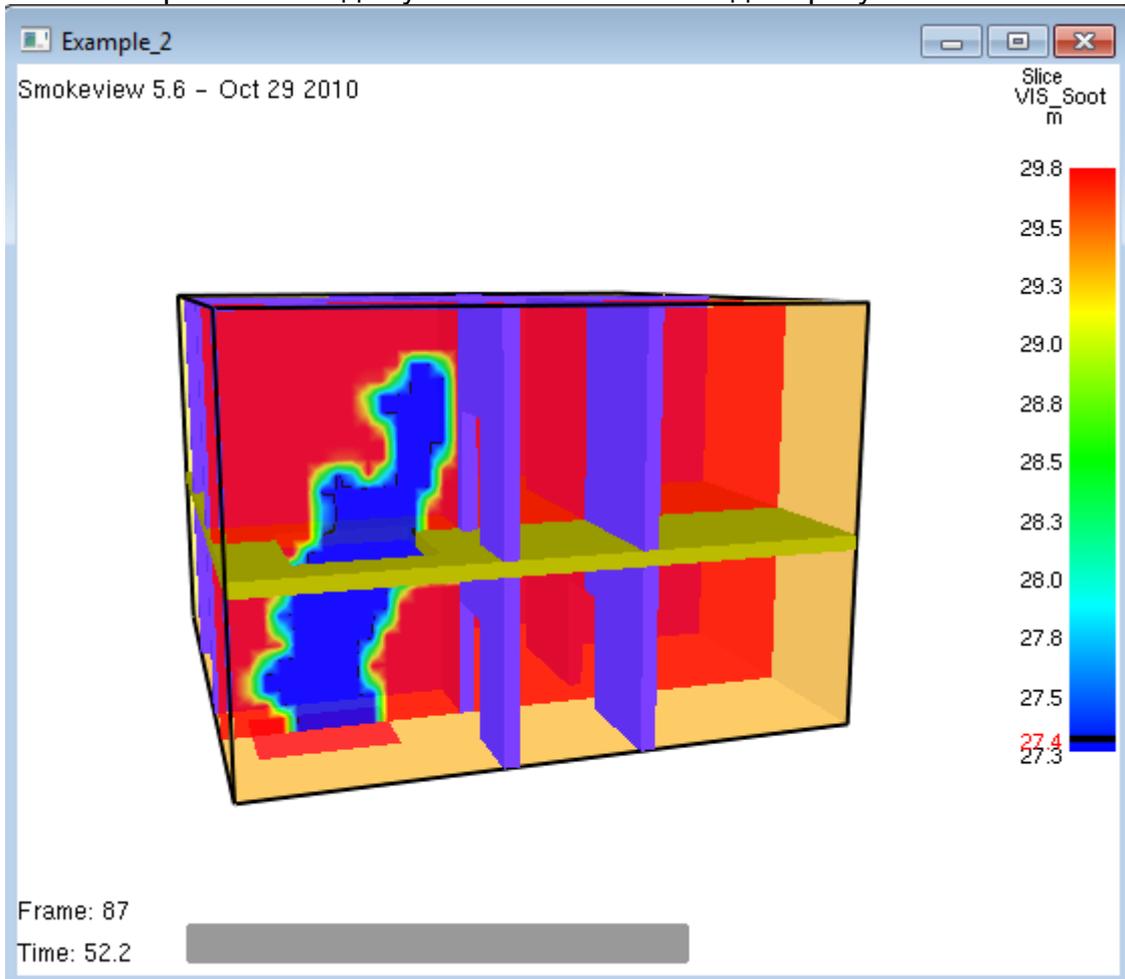


## Просмотр результатов в SmokeView:

1. По завершении расчета запустить SmokeView:

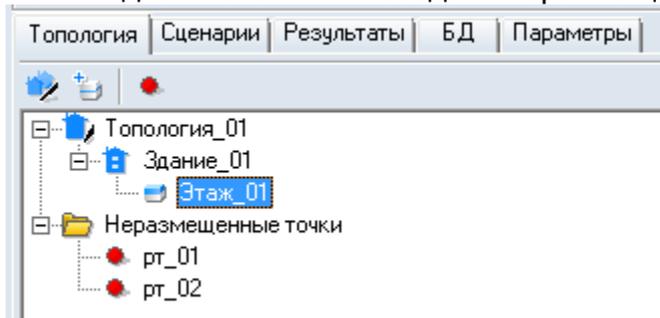


2. Выбрать необходимую плоскость и наблюдать результат.

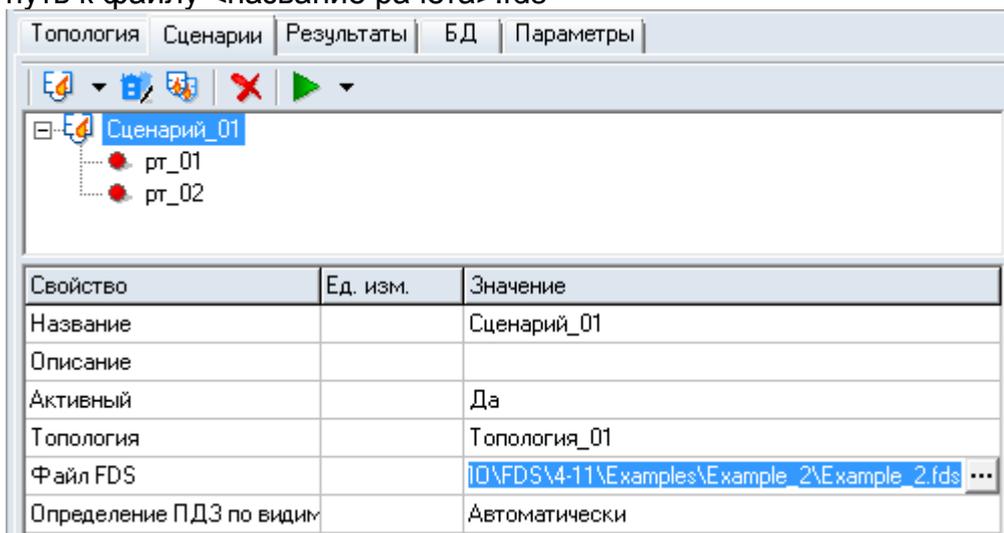


### Обработка результатов расчета в «СИТИС: Фламмер 3»

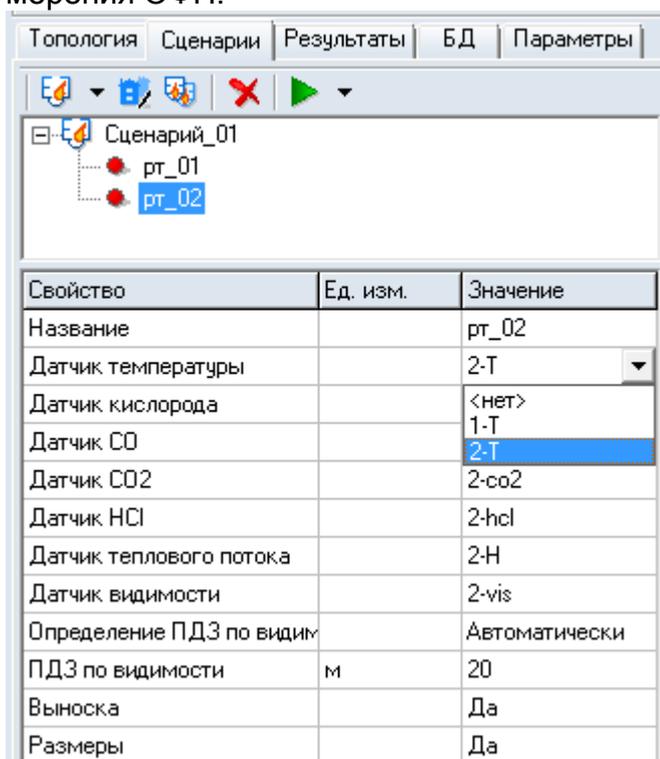
1. Открыть программу «СИТИС: Фламмер 3»
2. На вкладке «Топология» создать неразмещенные расчетные точки.



3. На вкладке «Сценарии» создать сценарий и в свойстве «Файл FDS» указать путь к файлу <название расчета>.fds



4. Добавить расчетную точку в сценарий и в свойствах указать датчики для измерения ОФП:



5. Выполнить расчет  и на вкладке «Результаты» посмотреть результаты расчета:

Топология | **Сценарии** | Результаты | БД | Параметры

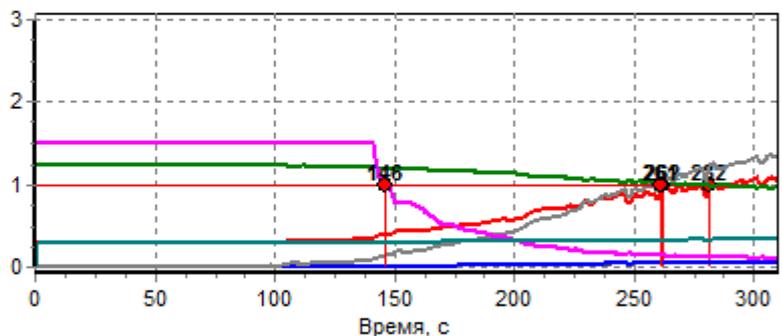
Сценарий\_01

- рт\_01
- рт\_02**
- Графики развития ОФП
  - Температура
  - Кислород
  - CO
  - CO2
  - HCL
  - Тепловой поток
  - Видимость
  - Все опасные факторы пожара
- Графики развития пожара
  - Мощность пожара

рт\_01  
 **рт\_02**

**Все опасные факторы пожара**

- Температура
- Кислород
- CO
- CO2
- HCL
- Видимость
- Тепловой поток



Время, с

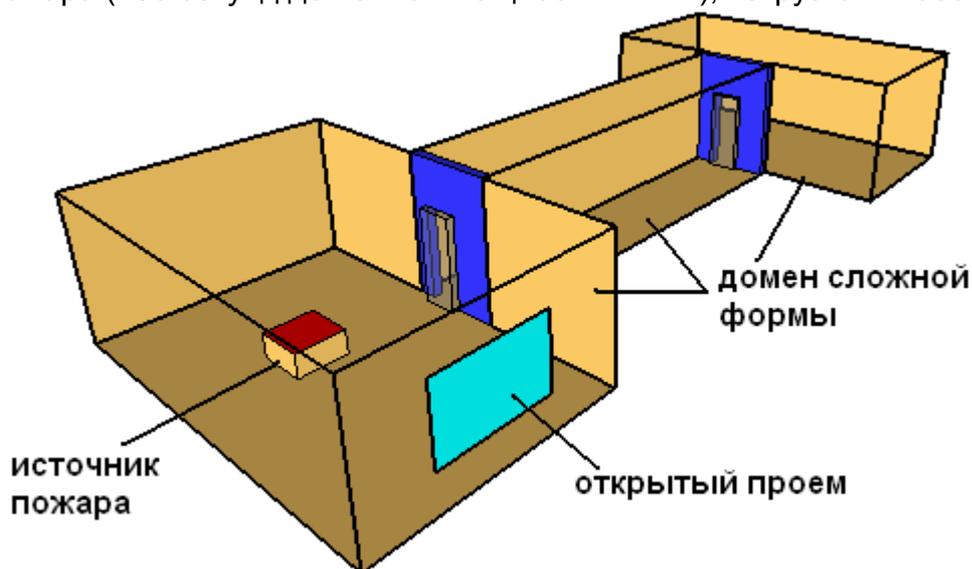
Ограничить временную ось критическим значением

Свойство	Ед. изм.	Значение
Название		рт_02
Этаж		<нет>
Объект		<нет>
Высота	м	1,7
по повышенной температуре	с	282
по содержанию кислорода	с	262
по содержанию CO	с	> 600
по содержанию CO2	с	> 600
по содержанию HCL	с	261
по тепловому потоку	с	> 600
по потере видимости	с	146
Время блокирования	с	146

6. Сформировать отчет .

### 30.3. Использование нескольких сеток

Создать домен сложной формы с использованием нескольких сеток.  
Создать открытый проем. Создать объект горения с квадратичным законом развития пожара (150 секунд до полной мощности 1 МВт), нагрузка – мебель (по Кошмарову).



**Шаги:**

**В PyroSim:**

1. [Создать сетки](#)
2. [Создать модель \(стены, двери, вентиляционные отверстия и т.д.\)](#)
3. Создать источник пожара:
  - a. [Создать реакцию](#)
  - b. [Создать поверхность горения](#)
  - c. [Создать источник](#)
4. [Создать открытый проем](#)
5. [Создать плоскости для визуализации распространения ОФП](#)
6. [Создать датчики для измерения ОФП](#)
7. [Задать общие настройки](#)

**В SmokeView:**

8. [Посмотреть изменение видимости и температуры](#)

**В «СИТИС: Фламмер 3»:**

9. [Создать сценарий и сформировать отчет](#)

## Создание сетки

1. Меню «Модель» - «Редактировать сетки»
2. Кнопка «Создать», ввести название сетки
3. Задать координаты сетки:  $X_{min} = 0$   $X_{max} = 10$   $Y_{min} = 0$   $Y_{max} = 2$   $Z_{min} = 0$   $Z_{max} = 3$
4. Задать количество ячеек: по оси X – 40, по Y – 8, по Z – 12.

Редактировать сетки

MESH

Описание: \_\_\_\_\_

Порядок / Приоритет: 1

Задать цвет

Синхронизировать временной шаг для более плотного соединения между сетками

Проверка выравнивания сеток: **Пройден**

Граница сетки (м):

Min X: 0,0    Min Y: 0,0    Min Z: 0,0

Max X: 10,0    Max Y: 2    Max Z: 3,0

Метод разделения: Равномерное

---

Ячейки X: 40     Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Y: 8     Соотношение размеров ячеек: 1,00

Ячейки Z: 12     Соотношение размеров ячеек: 1,00

Размер ячейки (м): 0,25 x 0,25 x 0,25

Количество ячеек в сетке: 3 840

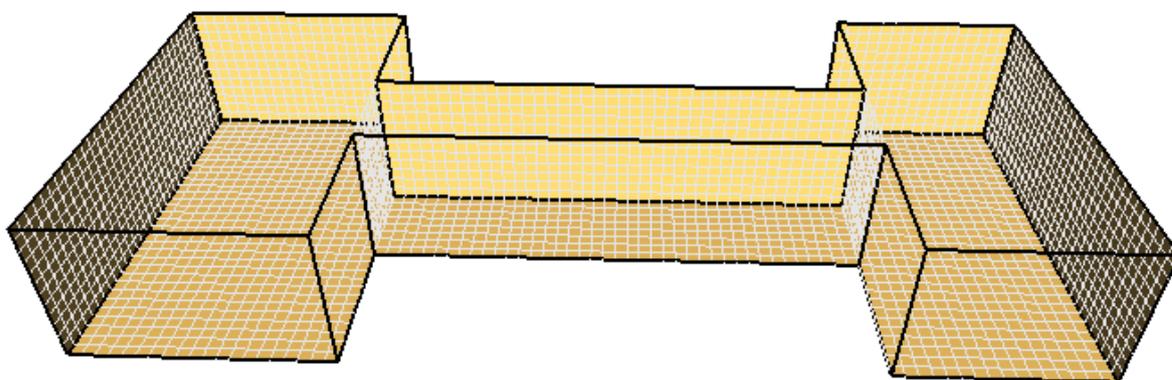
Создать

Переименовать...

Удалить...

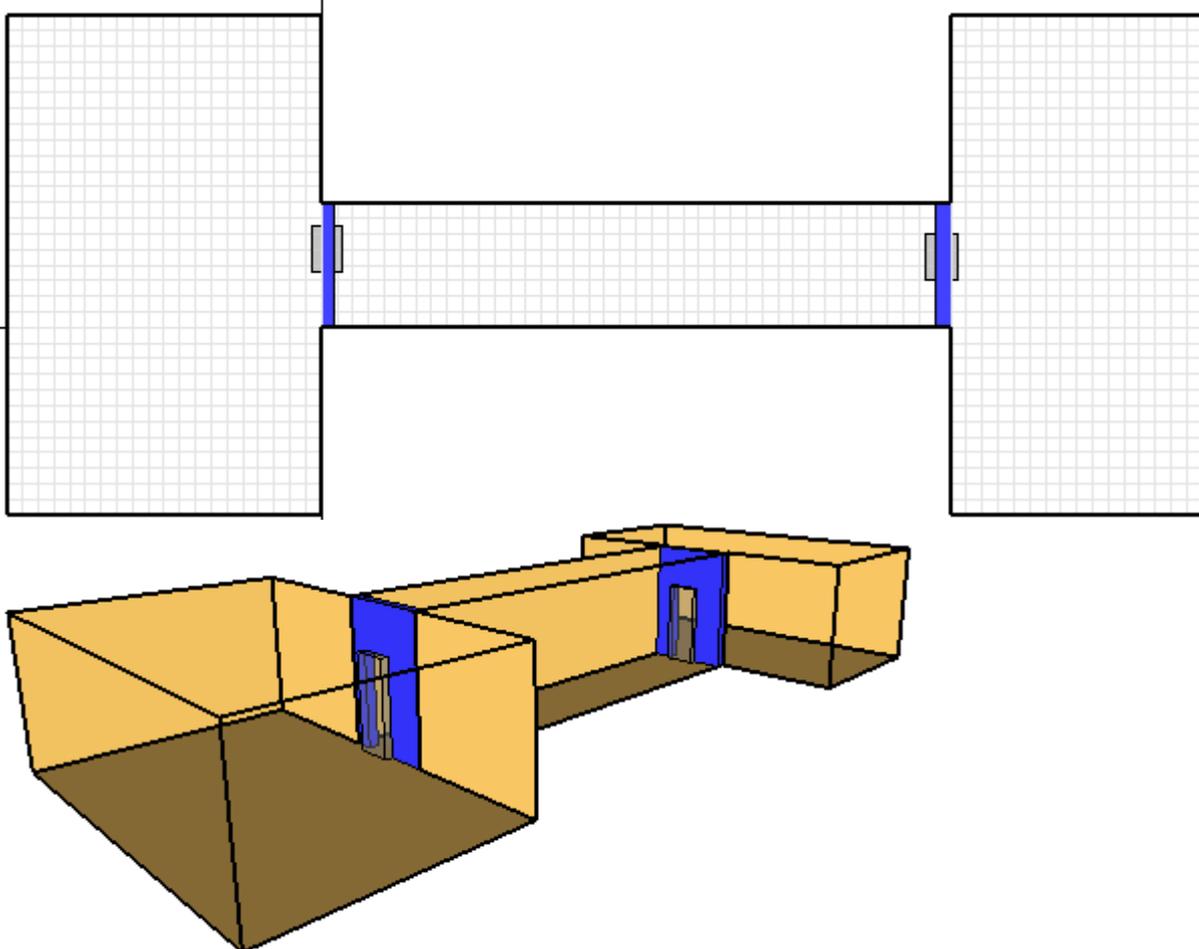
Применить    ОК    Отменить

5. Создать вторую сетку с параметрами:  
 $X_{min} = -5$   $X_{max} = 0$   $Y_{min} = -3$   $Y_{max} = 5$   $Z_{min} = 0$   $Z_{max} = 3$   
Задать количество ячеек: по оси X – 20, по Y – 32, по Z – 12.
6. Создать третью сетку с параметрами:  
 $X_{min} = 10$   $X_{max} = 14$   $Y_{min} = -3$   $Y_{max} = 5$   $Z_{min} = 0$   $Z_{max} = 3$   
Задать количество ячеек: по оси X – 16, по Y – 32, по Z – 12.



### Создание модели

1. Перейти в 2D-режим.
2. Выбрать инструмент «Нарисовать стену», задать в свойствах цвет, толщину и высоту стены, и создать две стены.
3. Выбрать инструмент «Нарисовать отверстие в стене», задать в свойствах толщину и высоту отверстия, и создать две двери.



### Создание реакции:

1. Меню «Модель» - «Редактировать реакции»
2. Кнопка «Создать», ввести название реакции (латинскими буквами)
3. Задать количество атомов:  
Углерод = 3,2  
Водород = 6,8  
Кислород = 2,6  
Азот = 0  
Другие атомы = 0,009  
Молекулярный вес других атомов = 36,5 (хлороводород)

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Виды газов' tab selected. The 'Описание:' field is empty. The 'Виды газов' section contains the following input fields: 'Атомы углерода: 3,2', 'Атомы водорода: 6,8', 'Атомы кислорода: 2,6', 'Атомы азота: 0,0', 'Другие атомы: 0,009', and 'Молекулярный вес: 36,5 g/mol'. The 'Струя топлива' section contains 'Массовая доля кислорода в среде: 0,23' and 'Массовая доля топлива в горелке: 1,0'. The 'Fuel' tab is active, and other tabs like 'Подавление горения', 'Скорость тепловыделения', 'Побочные продукты', and 'Сажа' are visible. Buttons for 'Создать...', 'Добавить из библиотеки...', 'Переименовать...', and 'Удалить...' are on the left. 'Применить', 'OK', and 'Отменить' are at the bottom.

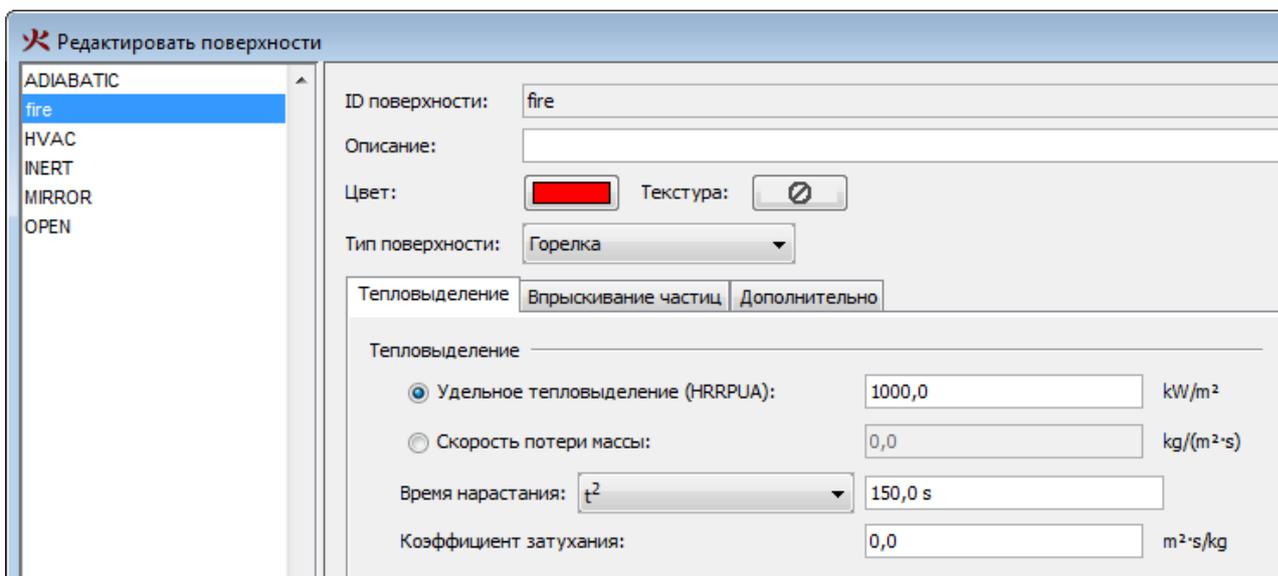
4. Следующие две вкладки пропустить, на «Побочные продукты» задать  
Теплота сгорания = 14400 кДж/кг  
Выработка CO = 0,004  
Выработка сажи = 0,01

The screenshot shows the 'Редактировать реакции' dialog box with the 'Побочные продукты' tab selected. The 'Описание:' field is empty. The 'Выделение энергии:' section has 'Выделение энергии на единицу массы кислорода: 1,31E04 kJ/kg' and 'Теплота сгорания: 14400 kJ/kg' selected. The 'Идеальная реакция (без учета выработки CO, H<sub>2</sub>, или сажи)' checkbox is unchecked. The 'CO выработка (Y<sub>CO</sub>): 0,004', 'H<sub>2</sub> Выработка (Y<sub>H2</sub>): 0,0', and 'Выработка сажи (Y<sub>s</sub>): 0,01' fields are filled. The 'Fuel' tab is active, and other tabs like 'Подавление горения', 'Скорость тепловыделения', and 'Сажа' are visible. Buttons for 'Создать...', 'Добавить из библиотеки...', 'Переименовать...', and 'Удалить...' are on the left. 'Применить', 'OK', and 'Отменить' are at the bottom.

Сохранить, реакция описана.

### Создание поверхности горения

1. Меню «Модель» - «Редактировать поверхности»
2. Кнопка «Создать», ввести название поверхности (латинскими буквами), тип поверхности выбрать «Горелка».
3. На вкладке «Тепловыделение» задать:  
Удельное тепловыделение =  $1000 \text{ кВт/м}^2$   
Время нарастания выбрать « $t^2$ ». Значение задать 150 секунд. Это означает, что за 150 секунд мощность увеличится по квадратичному закону до максимума (1 МВт).



Редактировать поверхности

ADIABATIC  
fire  
HVAC  
INERT  
MIRROR  
OPEN

ID поверхности: fire

Описание:

Цвет:  Текстура:

Тип поверхности: Горелка

Тепловыделение Впрыскивание частиц Дополнительно

Тепловыделение

Удельное тепловыделение (HRRPUA): 1000,0 kW/m<sup>2</sup>

Скорость потери массы: 0,0 kg/(m<sup>2</sup>·s)

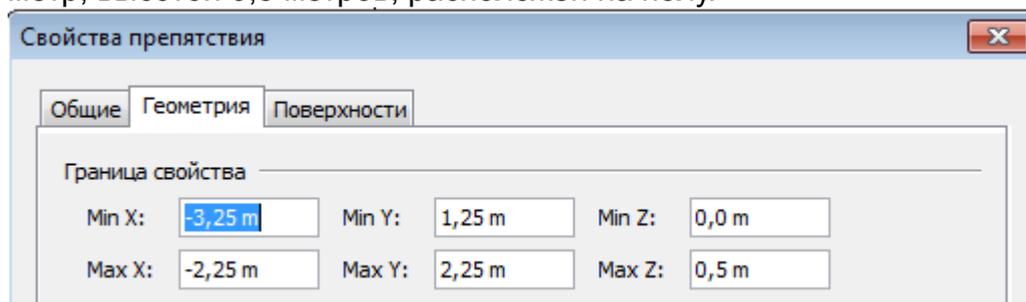
Время нарастания: t<sup>2</sup> 150,0 s

Коэффициент затухания: 0,0 m<sup>2</sup>·s/kg

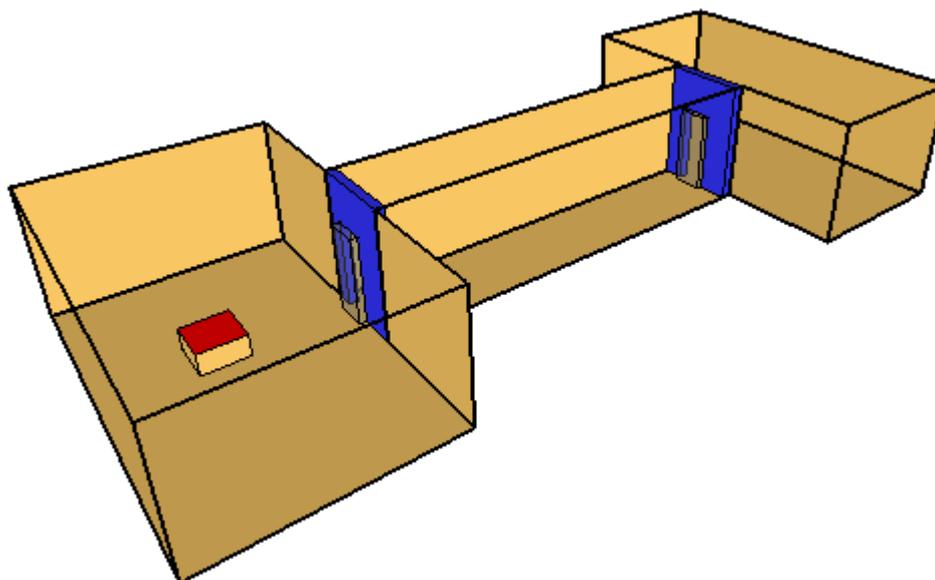
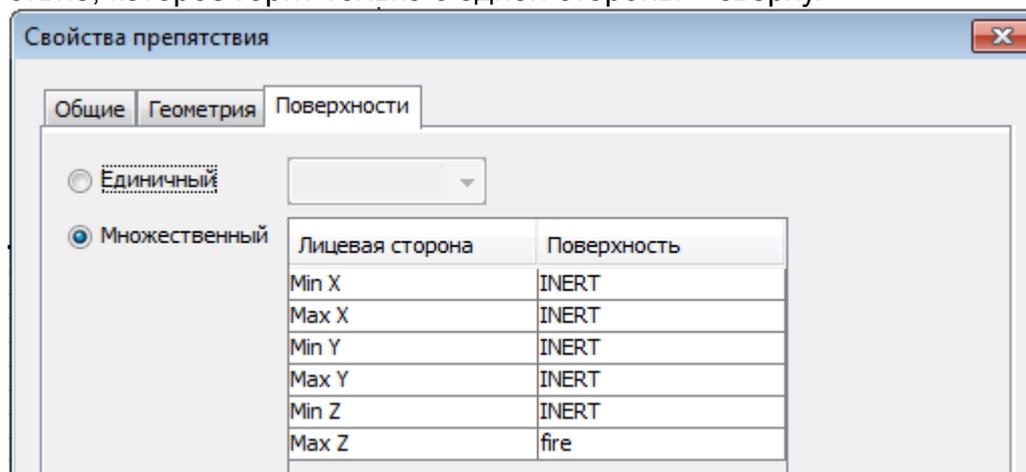
Поверхность создана.

### Создание источника пожара

1. Меню «Модель» - «Создать препятствие»
2. На вкладке «Геометрия» задать положение и размеры препятствия: метр на метр, высотой 0,5 метров, расположен на полу.



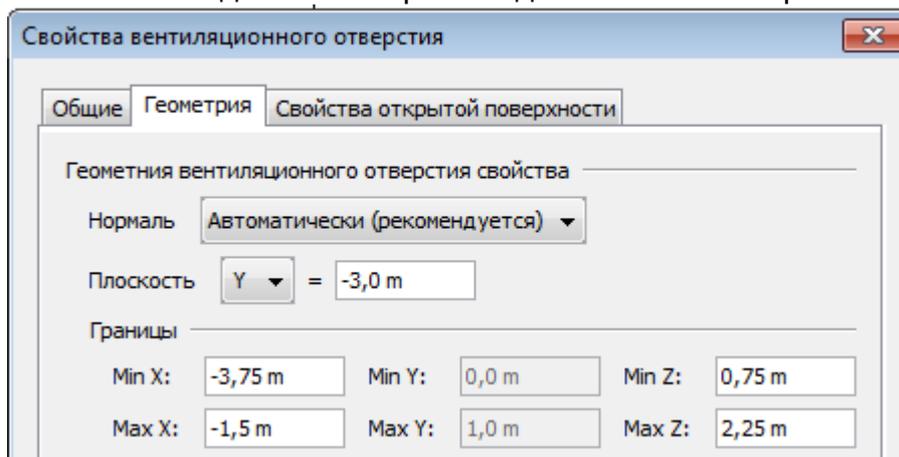
3. На вкладке «Поверхности» выбрать «Множественный» и задать для плоскости Max Z поверхность, созданную на предыдущем шаге. Получается препятствие, которое горит только с одной стороны – сверху.



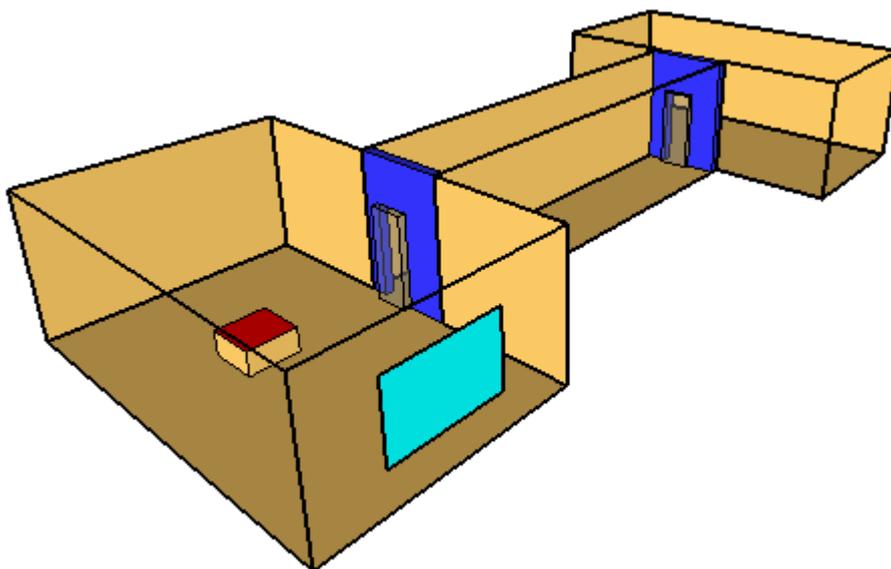
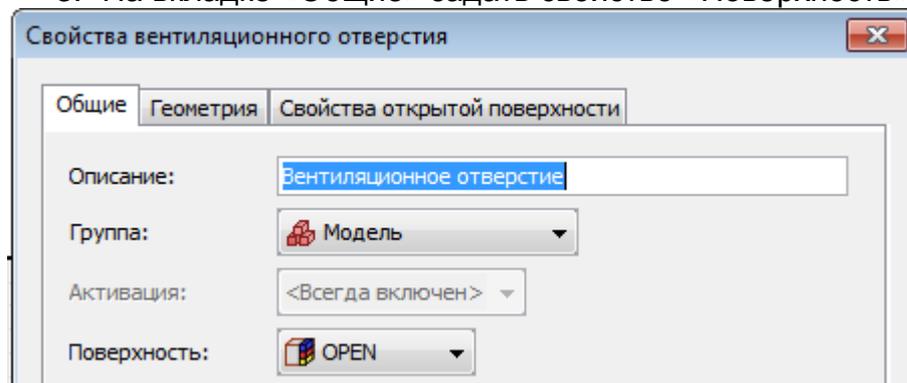
Источник пожара создан.

### Создание открытого проема

1. Меню «Модель» - «Создать вентиляционное отверстие»
2. На вкладке «Геометрия» задать положение проема и его размеры

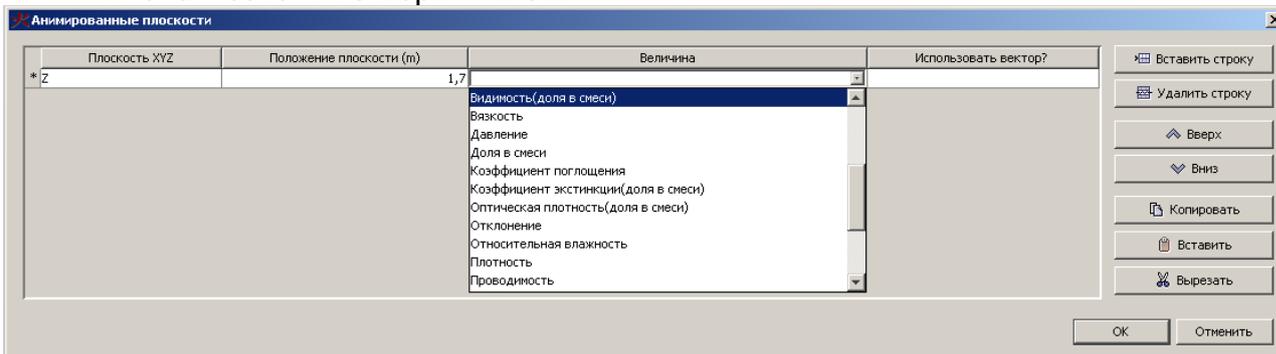


3. На вкладке «Общие» задать свойство «Поверхность» = OPEN



## Создание плоскостей для визуализации распространения ОФП

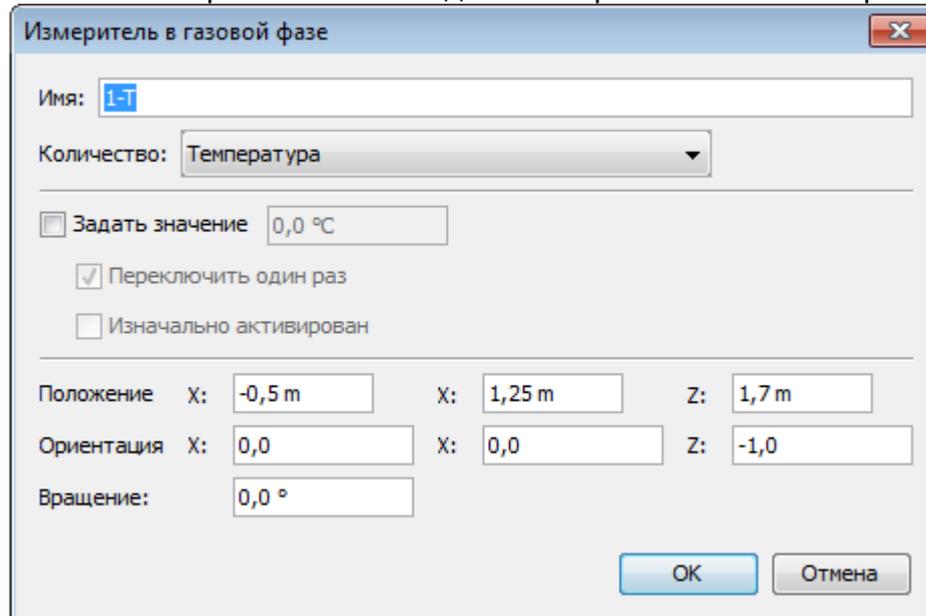
1. Меню «Выходные данные» - «Плоскости»
2. Создать горизонтальную плоскость на высоте 1,7 метров для измерения видимости.  
«Использовать вектор» = «нет».



## Создание датчиков

Задать датчики для каждого из ОФП в двух местах – перед выходом из помещения пожара и перед выходом во второе помещение.

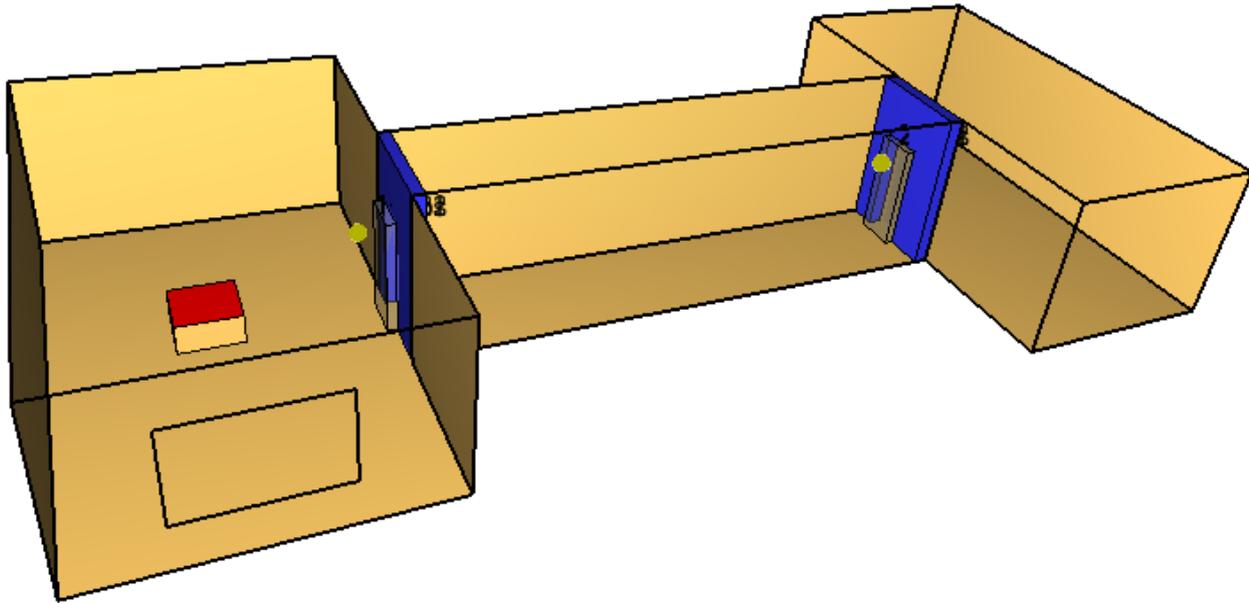
1. Меню «Устройства» - «Создать измеритель в газовой фазе».



2. Задать координаты, указать измеряемую величину.
3. Скопировать измеритель и изменить измеряемую величину, чтобы в одной точке находилось 7 датчиков – на каждый опасный фактор: температура, видимость, плотность кислорода (oxygen), плотность CO (carbon monoxide), плотность CO<sub>2</sub> (carbon dioxide), плотность хлороводорода (other), тепловой поток (поток излучения для газа).



4. Скопировать все датчики и переместить их во вторую точку. Переименовать.



### Общие настройки

В меню «FDS» - «Параметры моделирования» задать время моделирования 200 секунд:

Параметры моделирования

Название расчета:

Время | Выходные данные | Окружающая среда | Частицы | Модель | Излучение | Угловая геометрия | Разное

Начальное время:  s

Конечное время:  s

Начальный шаг времени:  s

Не допускать изменения временного шага

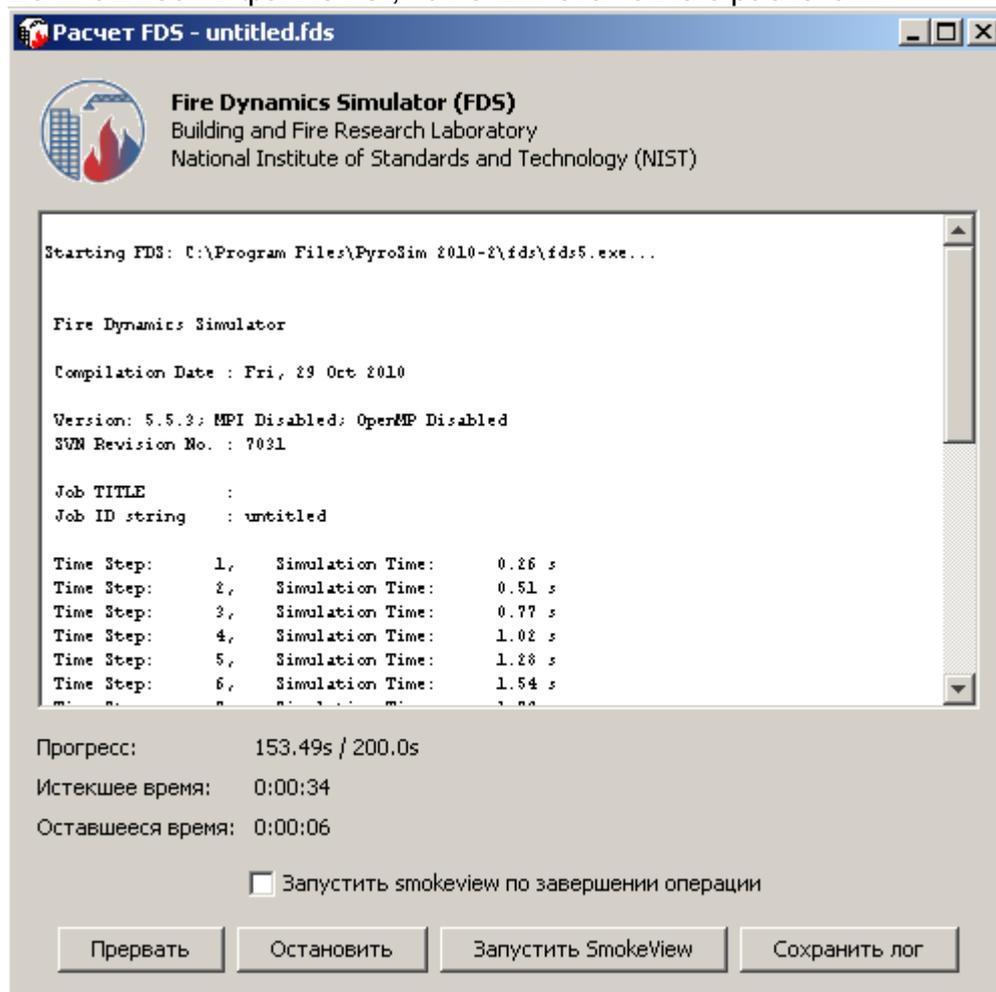
Не допускать превышения временным шагом первоначального значения

Прибавляемая величина стены:  кадры

## Запуск расчета

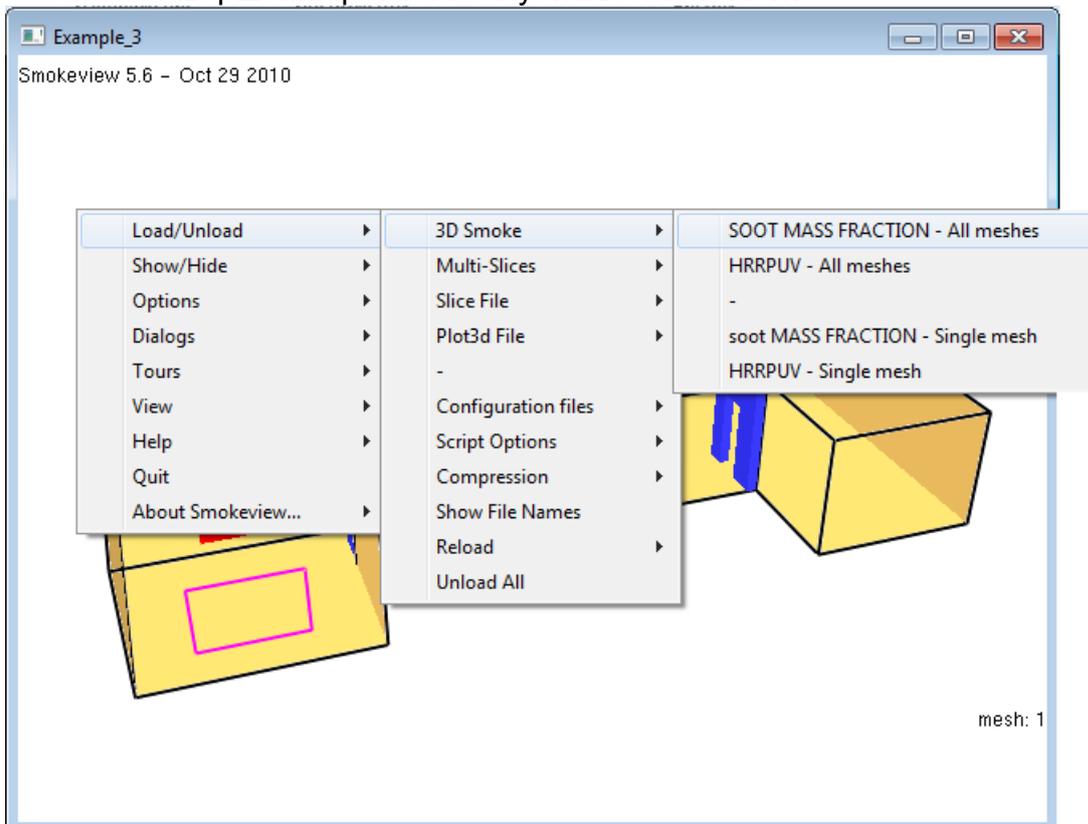
В меню «FDS» выбирать «Запустить FDS», сохранить файл.

Если ошибок в файле нет, то появляется окно с расчетом:

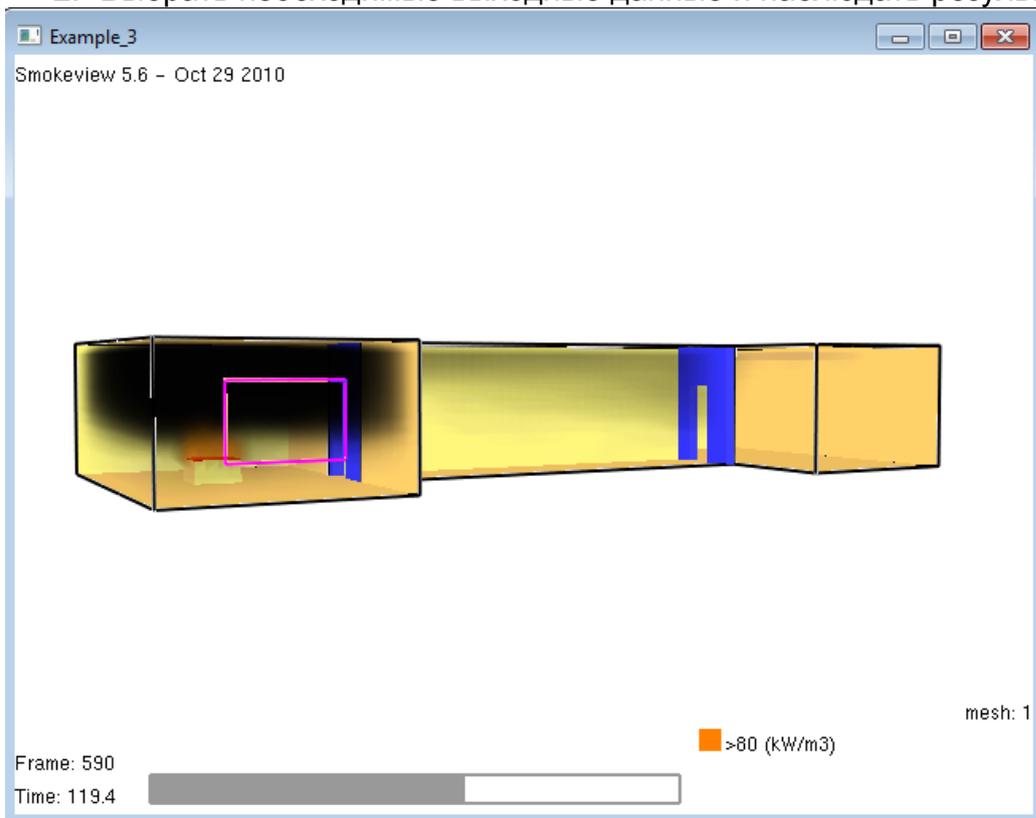


## Просмотр результатов

1. По завершении расчета запустить SmokeView:

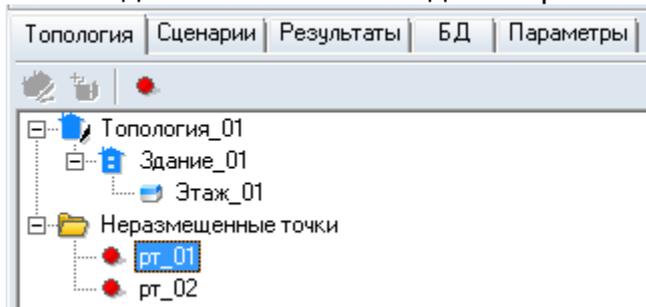


2. Выбрать необходимые выходные данные и наблюдать результат.

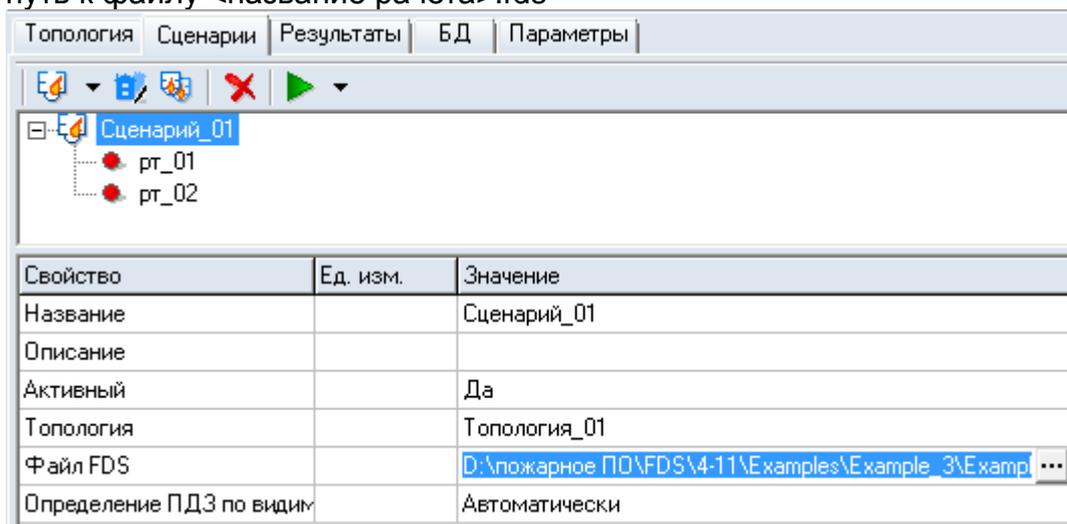


## Обработка результатов расчета в «СИТИС: Фламмер 3»

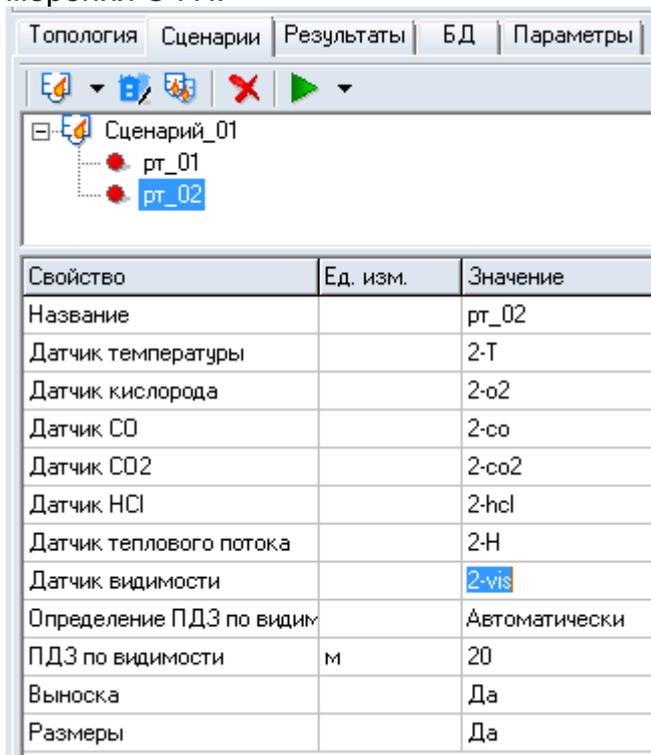
1. Открыть программу «СИТИС: Фламмер 3»
2. На вкладке «Топология» создать неразмещенную расчетную точку.



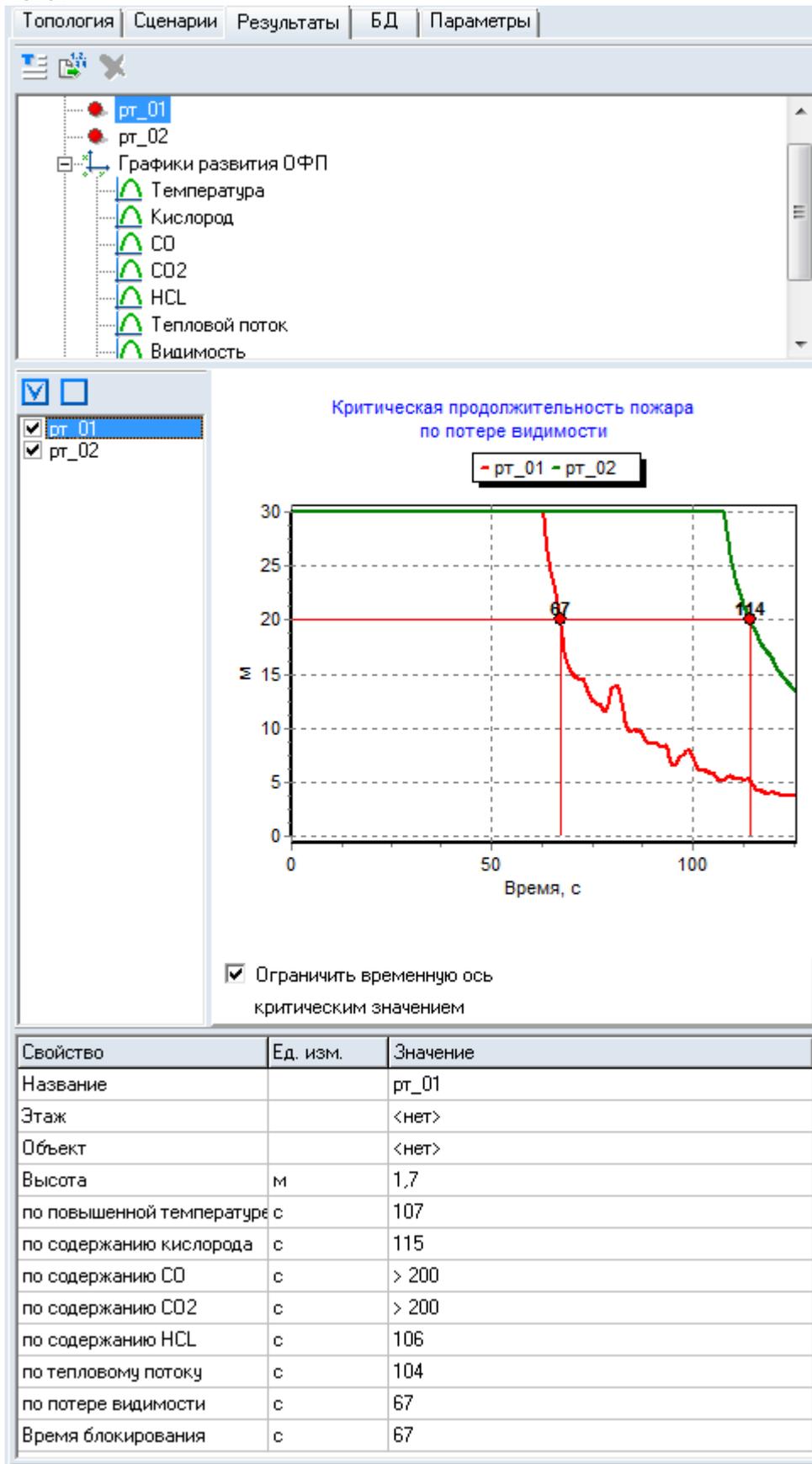
3. На вкладке «Сценарии» создать сценарий и в свойстве «Файл FDS» указать путь к файлу <название расчета>.fds



4. Добавить расчетную точку в сценарий и в свойствах указать датчики для измерения ОФП:



5. Выполнить расчет  и на вкладке «Результаты» посмотреть результаты расчета:



6. Сформировать отчет .

### 31. Список литературы

1. ГОСТ 12.1.004-91\* ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118с.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 №382).
4. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: Методические рекомендации. – М.: ВНИИПО, 2003. – 35с.
5. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. Монография. – М.: Академия ГПС МВД России, 2005. – 336с.
6. Пузач С.В., Казеннов В.М. Модифицированная интегральная модель расчета термогазодинамики в помещении: Учеб.пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 43с.
7. Пузач С.В., Смагин А.В., Лебедченко О.С., Абакумов Е.С. Новые представления о расчете необходимого времени эвакуации людей и об эффективности использования портативных фильтрующих самоспасателей при эвакуации на пожарах. Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 222 с.
8. СИТИС 6011-1-Р3. Данные для расчета видимости. – СИТИС, 2007.
9. СИТИС 6011-Р2. Данные для расчета температуры среды при ПРВ. – СИТИС, 2007.
10. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
11. ASTM E 1355-05a Standard guide for Evaluating the predictive capability of deterministic fire models / Стандартное руководство по определению достоверности детерминированных моделей пожаров.
12. ISO TR 13387-3 Fire safety engineering. Assessment and verification of mathematical fire models / Пожарно-технический анализ. Часть 3. Оценка и верификация математических моделей пожаров.
13. NFPA 551 Guide for Evaluation of fire risk assessment / Руководство по определению оценки пожарного риска
14. NFPA Fire Protection Handbook. - NFPA, 2003. Руководство NFPA по противопожарной защите.
15. NIST Special Publication 1017-1. User's Guide for Smokeview Version 5 - A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data. - NIST, 2008. / Руководство пользователя Smokeview 5 – инструмент для визуализации данных FDS.
16. NIST Special Publication 1018-5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model - NIST, 2008. /Техническое руководство. Том 1: Математическая модель.
17. NIST Special Publication 1018-5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). Technical Reference Guide. Volume 2: Verification. - NIST, 2008. /Техническое руководство. Том 3: Верификация
18. NIST Special Publication 1018-5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). Technical Reference Guide. Volume 3: Validation. - NIST, 2008. /Техническое руководство. Том 3: Валидация
19. NIST Special Publication 1019. Fire Dynamics Simulator (Version 4). User's Guide. – NIST, 2008. / Руководство пользователя.
20. NIST Special Publication 1019-5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). User's Guide. – NIST, 2008. / Руководство пользователя.
21. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. – NFPA, 2002. Руководство SFPE по проектированию противопожарной защиты.
22. 4231-РП. Руководство пользователя «СИТИС: Фламмер 3». – СИТИС, 2012.

### 32. Информационная поддержка программы CFAST в Интернетe:

<a href="#">Домашняя страница FDS на сайте NIST</a>	Домашняя страница программы на сайте NIST, института стандартов и технологий США.
<a href="#">Форум на английском языке по вопросам применения FDS</a>	Поддерживается специалистами NIST.
<a href="#">Домашняя страница о локализации программы FDS</a>	Скачивание программы, оригинальной документации на английском, реферативные выборочные переводы.
<a href="#">Русскоязычный форум по вопросам применения FDS.</a>	Поддерживается специалистами СИТИС.
<a href="#">Русскоязычный форум поддержки PyroSim</a>	Поддерживается специалистами СИТИС.

### 33. Приложение № 1. Параметры источников пожара

В таблице приведены следующие параметры источника пожара:

Параметр	Единица измерения	Описание
<b>Справочные данные [2]</b>		
Hf	МДж/кг	Низшая теплота сгорания
v	м/с	Линейная скорость распространения пламени
$\psi$	кг/м <sup>2</sup> с	Удельная массовая скорость выгорания
Dm	Нпм <sup>2</sup> /кг	Дымообразующая способность
Lo <sub>2</sub>	кг/кг	Потребление кислорода
Lco <sub>2</sub>	кг/кг	Выделение углекислого газа
Lco	кг/кг	Выделение угарного газа
Lhcl	кг/кг	Выделение хлористого водорода
<b>Рассчитанные данные для FDS</b>		
HRR	кВт/м <sup>2</sup>	Мощность тепловыделения с 1 м <sup>2</sup> источника $HRR = H_f \eta \psi * 1000$ Коэффициент полноты сгорания принят $\eta=0,93$
v	м/с	Линейная скорость распространения пламени
X		Количество атомов углерода в химической формуле топлива
Y		Количество атомов водорода в химической формуле топлива
Z		Количество атомов кислорода в химической формуле топлива
Cl		Количество атомов хлора в химической формуле топлива
Ys	кг/кг	Количество топлива, идущее на производство сажи
Yco	кг/кг	Количество топлива, идущее на производство угарного газа

№	Источник пожара	Справочные данные								Расчетные данные для FDS							
		Hf	v	$\psi$	Dm	Lo <sub>2</sub>	Lco <sub>2</sub>	Lco	Lhcl	HRR	v	X	Y	Z	CL	Ys	Yco
<b>Источник: Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие</b>																	
1	Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия	13.8	0.0108	0.0145	270	1.03	0.203	0.0022	0.014	186	0.0108	0.4	17.6	4.0	0.035	0.031	0.012
2	Здания I-II ст. огнест.; мебель+ткани	14.7	0.0108	0.0145	82	1.437	1.285	0.0022	0.006	198	0.0108	2.5	11.1	2.8	0.015	0.009	0.004

№	Источник пожара	Справочные данные								Расчетные данные для FDS							
		Hf	v	ψ	Dm	Lo <sub>2</sub>	Lco <sub>2</sub>	Lco	Lhcl	HRR	v	X	Y	Z	CL	Ys	Yco
3	Здания III-IV ст. огнест.; мебель+бытовые изделия	13.8	0.0465	0.0344	270	1.03	0.203	0.0022	0.014	441	0.0465	0.4	17.6	4.0	0.035	0.031	0.012
4	Здание III-IV ст. огнест.; мебель+ткани	14.7	0.0465	0.0344	82	1.437	1.285	0.0022	0.006	470	0.0465	2.5	11.1	2.8	0.015	0.009	0.004
5	Здание I ст. огнест.; мебель+ткани (0,75+0,25)	14.9	0.0125	0.0162	58.5	1.437	1.32	0.0193	0	224	0.0125	2.7	10.6	2.8	0	0.007	0.003
6	Здание III ст. огнест.; мебель+ткани (0,75+0,25)	14.9	0.04	0.0162	58.5	1.437	1.32	0.0193	0	224	0.04	2.7	10.6	2.8	0	0.007	0.003
7	Кабинет; мебель+бумага (0,75+0,25)	14	0.042	0.0129	53	1.161	0.642	0.0317	0	168	0.042	1.4	14.4	3.5	0	0.006	0.003
8	Помещение, облицованное панелями; панели ДВП	18.1	0.0405	0.0143	130	1.15	0.686	0.0215	0	241	0.0405	1.4	13.9	3.5	0	0.015	0.006
9	Админ. помещение; мебель+бумага (0,75+0,25)	14	0.022	0.021	53	1.161	1.434	0.043	0	273	0.022	3.0	6.6	2.8	0	0.006	0.003
10	Обществ. здания; мебель+линолеум ПВХ (0,9+0,1)	14	0.015	0.0137	47.7	1.369	1.478	0.03	0.0058	178	0.015	3.0	8.3	2.7	0.014	0.005	0.003
11	Библиотеки, архивы; книги, журналы на стеллажах	14.5	0.0103	0.011	49.5	1.154	1.1087	0.0974	0	148	0.0103	2.5	9.2	3.0	0	0.006	0.003
12	Сценическая часть зрительного зала; древесина	13.8	0.0368	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.0368	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
13	Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть+нейлон)	23.3	0.0835	0.013	129	3.698	0.467	0.0145	0	282	0.0835	1.0	40.8	2.2	0	0.015	0.006
14	Резинотехн. изделия; резина, изделия из нее	36	0.0184	0.0112	850	2.99	0.416	0.015	0	375	0.0184	0.9	34.4	2.6	0	0.097	0.036
15	Окрашенные полы, стены; дерево+краска РХО (0,9+0,1)	14.1	0.0151	0.0145	71.3	1.218	1.47	0.0349	0.001	190	0.0151	3.0	6.9	2.7	0.002	0.008	0.004
16	Выст. зал, мастерская; дерево+ткани+краски (0,9+0,09+ 0,01)	14	0.0163	0.0152	53	1.218	1.423	0.023	0.0001	198	0.0163	2.9	7.5	2.8	0.0002	0.006	0.003
17	Издательства, типографии	15.4	0.004	0.0061	41	1.158	0.771	0.169	0	87	0.004	2.0	11.8	3.2	0	0.005	0.002
18	Каюта с синтет. отделкой; дерево+ткани+отделка	15.8	0.0177	0.015	133.5	1.249	0.845	0.0425	0.023	220	0.0177	1.8	13.2	3.3	0.057	0.015	0.006
19	Мебель; дерево+облицовка (0,9+0,1)	14.4	0.0154	0.0135	84.1	1.288	1.55	0.0367	0.0036	181	0.0154	3.2	6.8	2.6	0.009	0.010	0.004
20	Промтовары; текстильные изделия	16.7	0.0071	0.0244	60.6	2.56	0.879	0.0626	0	379	0.0071	1.9	25.3	2.4	0	0.007	0.003
21	Кабельный подвал/поток; кабели АВВГ+АПВГ	30.7	0.0071	0.0244	521	2.19	0.65	0.1295	0.0202	697	0.0071	1.7	23.3	2.7	0.05	0.060	0.022

№	Источник пожара	Справочные данные								Расчетные данные для FDS							
		Hf	v	ψ	Dm	Lo <sub>2</sub>	Lco <sub>2</sub>	Lco	Lhcl	HRR	v	X	Y	Z	CL	Ys	Yco
22	Радиоматериалы; поли(этилен, стирол, пропил), гетинакс	34.8	0.0137	0.0177	381	3.312	0.764	0.1	0.0073	573	0.0137	1.8	33.3	2.0	0.018	0.044	0.016
23	Электротехн. материалы; текстолит, карболит	20.9	0.0125	0.0076	327	1.95	0.375	0.0556	0.0054	148	0.0125	0.9	24.4	3.2	0.013	0.037	0.014
24	Электрокабель АВВГ; ПВХ оболочка+изоляция	25	0.0071	0.0244	635	2.19	0.398	0.109	0.0245	567	0.0071	1.1	25.9	3.0	0.061	0.073	0.027
25	Электрокабель АПВГ; ПВХ-оболочка+полиэтилен	36.4	0.0071	0.0244	407	2.19	0.903	0.15	0.016	826	0.0071	2.3	20.7	2.5	0.04	0.047	0.018
26	Телефонный кабель ТВП; ПВХ+полиэтилен	34.6	0.0022	0.0085	556	2.19	0.903	0.124	0.0156	274	0.0022	2.2	20.9	2.5	0.039	0.064	0.024
27	Лесопильный цех I-III ст. огнест.; древесина	13.8	0.0396	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.0396	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
28	Лесопильный цех IV-V ст. огнест.; древесина	13.8	0.0583	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.0583	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
29	Цех деревообработки; древесина	13.8	0.022	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.022	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
30	Цех сушки древесины; древесина	13.8	0.0375	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.0375	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
31	Производство фанеры; древесина+фанера (0,5+0,5)	16.1	0.0191	0.0117	80.5	1.177	1.055	0.072	0	175	0.0191	2.3	10.2	3.1	0	0.009	0.004
32	Штабель древесины; хвойный+лиственный лес	13.8	0.0585	0.0145	57	1.15	1.57	0.024	0	186	0.0585	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
33	Хвойные древесные стройматериалы; штабель	13.8	0.0585	0.0063	61	1.15	1.57	0.024	0	81	0.0585	3.2	5.4	2.7	0	0.007	0.003
34	Лиственные древесные стройматериалы; штабель	13.8	0.0585	0.014	53	1.15	1.57	0.024	0	180	0.0585	3.2	5.4	2.7	0	0.006	0.003
35	Клееные стройматериалы; фанера	18.4	0.0167	0.0089	104	1.205	0.54	0.121	0	152	0.0167	1.4	14.9	3.4	0	0.012	0.005
36	Сырье для легкой промышл.; хлопок разрыхл.	16.4	0.0445	0.0213	0.6	2.3	0.57	0.0052	0	325	0.0445	1.1	26.3	2.9	0	0.000	0.000
37	Сырье для легкой промышл.; лен разрыхл.	15.7	0.05	0.0213	3.37	1.83	0.36	0.0039	0	311	0.05	0.7	23.8	3.4	0	0.000	0.000
38	Сырье для легкой промышл.; хлопок+капрон (0,75+0,25)	15.7	0.028	0.0125	4.3	3.55	1.045	0.012	0	183	0.028	2.1	33.8	1.7	0	0.000	0.001
39	Сырье для легкой промышл.; шерсть	21.8	0.028	0.02	164	1.759	0.715	0.0153	0	405	0.028	1.5	19.6	3.1	0	0.019	0.007
40	Пищ. промышл.; пшеница, рис, гречиха и мука из них	17	0.005	0.008	1096	0.968	0.812	0.163	0	126	0.005	2.1	9.6	3.3	0	0.125	0.047
41	Сырье и изделия из синтетического каучука	43	0.0143	0.011	212	2.985	1.408	0.15	0.005	440	0.0143	3.3	23.5	1.5	0.012	0.024	0.010

№	Источник пожара	Справочные данные								Расчетные данные для FDS							
		Hf	v	ψ	Dm	Lo <sub>2</sub>	Lco <sub>2</sub>	Lco	Lhcl	HRR	v	X	Y	Z	CL	Ys	Yco
42	Склад льноволокна	15.7	0.071	0.0213	3.4	1.83	0.36	0.0039	0	311	0.071	0.7	23.8	3.4	0	0.000	0.000
43	Склад хлопка в тюках	16.7	0.0042	0.0167	0.6	1.15	0.578	0.0052	0	259	0.0042	1.2	15.1	3.6	0	0.000	0.000
44	Склад бумаги в рулонах	15.1	0.005	0.008	41	1.158	0.6635	0.1077	0	112	0.005	1.6	13.4	3.4	0	0.005	0.002
45	Провода в резиновой изоляции типа КПРТ, ПТ, ВПРС	37.8	0.005	0.1917	850	2.99	0.416	0.015	0	6739	0.005	0.9	34.4	2.6	0	0.097	0.036
46	Склад оргстекла (ПММА)	26.4	0.008	0.0041	78	2.09	1.795	0.1266	0	101	0.008	3.9	11.3	1.8	0	0.009	0.004
47	Кабели+провода; 0,75* (АВВГ, АПВГ, ТПВ)+0,25*(КПРТ, ПР, ШРПС)	33.5	0.0054	0.0622	612	2.389	0.655	0.0995	0.014	1938	0.0054	1.6	25.5	2.6	0.035	0.070	0.026
48	Дерево+лак.покрытие; 0,95*древесина+0,05*(ФЛ+РХО)	13.9	0.0151	0.0225	64.1	1.191	0.724	0.0205	0.0005	291	0.0151	1.5	14.0	3.4	0.001	0.007	0.003
49	Автомобиль; 0,3*(резина, бензин)+0,15*(ППУ, искожа ПВХ) +0,1*эмаль	31.7	0.0068	0.0233	487	2.64	1.295	0.097	0.0109	687	0.0068	2.9	21.7	1.9	0.027	0.056	0.021
50	Зал; 0,5*ДВП+0,1*(ткань, искожа ПВХ, ППУ)+0,2*дерево с покрытием	16.2	0.0293	0.0123	175.6	1.574	0.817	0.041	0.0143	185	0.0293	1.7	16.6	3.1	0.036	0.020	0.008
51	Тара: древесина +картон +полистирол (0,5+0,25+0,25)	20.71	0.01	0.018	155	1.52	0.97	0.094	0.0046	347	0.01	2.2	14.1	2.9	0.011	0.018	0.007
52	Упаковка: бумага+картон + (этилен +стирол) (0,4+0,3+0,15 +0,15)	23.54	0.004	0.0132	172	1.7	0.679	0.112	0.0037	289	0.004	1.7	18.5	3.0	0.009	0.020	0.008
53	Вешала текстильных изделий	16.72	0.0078	0.0245	61	2.56	0.879	0.063	0	381	0.0078	1.9	25.3	2.4	0	0.007	0.003
54	Отделка: ковролин	15.4	0.021	0.013	150	2.55	1.225	0.207	0.0039	186	0.021	3.1	20.5	1.9	0.01	0.017	0.007
55	Мебель+бумага (0,8)+ ковровое покрытие (0,2)	14.28	0.034	0.0129	72.4	1.439	0.759	0.068	0.0008	171	0.034	1.7	15.6	3.2	0.002	0.008	0.003
56	Занавес зрительного зала кинотеатра	13.8	0.05	0.0115	50	1.03	0.203	0.0022	0	148	0.05	0.4	17.6	4.0	0	0.006	0.002
<b>Источник: Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной опасности»</b>																	
57	Жилые помещения гостиниц, общежитий и т.д.	13,8	0,0045	0,0145	270	1,03	0,203	0,0022	0,014	186	0,0045	0,4	17,6	4	0,035	0,031	0,012
58	Столовая, зал ресторана и т.д.	13,8	0,0045	0,0145	82	1,437	1,285	0,0022	0,006	186	0,0045	2,5	11,1	2,8	0,015	0,009	0,004
59	Зал театра, кинотеатра, клуба, цирка и т.д.	13,8	0,0055	0,0145	270	1,03	0,203	0,0022	0,014	186	0,0055	0,4	17,6	4	0,035	0,031	0,012
60	Гардеробы	16,7	0,007	0,009	61	2,56	0,88	0,063	0	140	0,007	1,9	25,3	2,4	0	0,007	0,003
61	Хранилища библиотек, архивы	14,5	0,006	0,011	49,5	1,154	1,1087	0,0974	0	148	0,006	2,5	9,2	3	0	0,006	0,003
62	Музеи, выставки	13,8	0,0055	0,0145	270	1,03	0,203	0,0022	0,014	186	0,0055	0,4	17,6	4	0,035	0,031	0,012

№	Источник пожара	Справочные данные								Расчетные данные для FDS							
		Hf	v	ψ	Dm	Lo <sub>2</sub>	Lco <sub>2</sub>	Lco	Lhcl	HRR	v	X	Y	Z	CL	Ys	Yco
63	Подсобные и бытовые помещения	14	0,0042	0,0129	53	1,161	0,642	0,0317	0	168	0,0042	1.4	14.4	3.5	0	0.006	0.003
64	Административные помещения, учебные классы школ, ВУЗов, кабинеты поликлиник	14	0,0045	0,0137	47,7	1,369	1,478	0,03	0,0058	178	0,0045	3	8,3	2,7	0,014	0,005	0,003
65	Магазины	15,8	0,0055	0,015	270	1,25	0,85	0,043	0,023	220	0,0055	1,8	13,2	3,3	0,057	0,031	0,012
66	Зал вокзала	13,8	0,0055	0,0145	270	1,03	0,203	0,0022	0,014	186	0,0055	0,4	17,6	4	0,035	0,031	0,012
67	Стоянки легковых автомобилей	31,7	0,0068	0,023	487	2,64	1,3	0,097	0,011	678	0,0068	2,9	21,7	1,9	0,027	0,056	0,021
68	Стоянки легковых автомобилей с двухуровневым хранением	31,7	0,0136	0,023	487	2,64	1,3	0,097	0,011	678	0,0136	2,9	21,7	1,9	0,027	0,056	0,021
69	Стадионы	26,4	0,004	0,014	78	2,09	1,8	0,127	0	344	0,004	3,9	11,3	1,8	0	0,009	0,004
70	Спортзалы	16,7	0,0045	0,014	61	2,56	0,88	0,063	0	217	0,0045	1,9	25,3	2,4	0	0,007	0,003

