

FIM

Fire Integral Model

г. Екатеринбург, ул. Первомайская 66 - 4
+7 (343) 319-12-62
www.pyrosim.ru
mail@pyrosim.ru

Руководство пользователя

FIM 2.02.0

11.05.2023

Дисклеймер

ИП Карькин Илья Николаевич не дает выраженных или невыраженных гарантий пользователям программы FIM и программного комплекса FireCat, и не несет ответственности за их использование. Пользователи программного комплекса несут единоличную ответственность в соответствии с федеральными законами за определение адекватности использования программ для каких-либо целей и за выводы, сделанные по результатам их использования, а также за любые действия, предпринятые или не предпринятые в результате расчётов, выполненных при помощи данных программных средств.

Пользователи предупреждены, что программа FIM и программный комплекс FireCat должны использоваться только компетентными специалистами в расчете пожарного риска. Программы предназначены только для квалифицированных пользователей. Программное обеспечение представляет собой компьютерные модели, которые могут работать корректно или некорректно применительно к конкретному набору исходных данных. Неточность предсказаний может привести к ошибочным выводам. Все результаты должны быть оценены компетентным специалистом.

Оглавление

Дисклеймер	2
Назначение программы	5
Системные требования	5
Новое в FIM версии 2.02	6
Ограничения модели FIM версии 2.02	6
Загрузка и установка	7
Пробная версия	7
Активация лицензии	7
Перенос лицензии	7
Порядок работы с комплексом программ PyroSim – FIM – FireRisk	8
Подготовка файлов FDS для расчета в FIM	10
Правила создания модели здания в PyroSim	10
Описание интегральной модели FIM-IntModel	13
Интегральная модель пожара	13
Ограничения интегральной модели	13
Описание зонной модели CFAST	14
Зонная модель пожара	14
Ограничение на количество объектов CFAST:	15
Ограничения зонной модели	15
Обработка результатов расчета CFAST	16
Интерфейс программы FIM	17
Окно программы	17
Расширенный режим для расчета CFAST	18
Настройки программы	20
Примеры работы с FIM	21
Пример 1. Этаж здания, коридорная планировка	21
Расчетные файлы	21
Описание модели	21
Внесение изменений в файл FDS перед расчетом	22
Результаты расчета в интегральной модели IntModel	23
Результаты расчета в зонной модели CFAST	26
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления	29
Пример 2. Этаж здания с замкнутыми коридорами	33
Расчетные файлы	33
Описание модели	33
Внесение изменений в файл FDS перед расчетом	34
Результаты расчета в интегральной модели IntModel	35

Результаты расчета в зонной модели CFAST.....	39
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления.....	43
Пример 3. Двухэтажная часть здания.....	48
Расчетные файлы.....	48
Описание модели.....	48
Результаты расчета в интегральной модели IntModel.....	49
Результаты расчета в зонной модели CFAST.....	51
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления.....	53
Пример 4. Многоэтажное здание с распространением ОФП по лестничной клетке.....	56
Расчетные файлы.....	56
Описание модели.....	56
Вариант 1. Лестница – одно помещение.....	57
Вариант 1. Результаты расчета в интегральной модели IntModel.....	58
Вариант 1. Результаты расчета в зонной модели CFAST.....	60
Вариант 1. Визуализация распространения ОФП при расчете в разных моделях.....	61
Вариант 2. Лестница – несколько помещений.....	63
Вариант 2. Результаты расчета в интегральной модели IntModel.....	64
Вариант 2. Результаты расчета в зонной модели CFAST.....	66
Вариант 2. Визуализация распространения ОФП при расчете в разных моделях.....	67
Заключение.....	70
Документация.....	71

Назначение программы

При решении задач пожарной безопасности часто необходимо выполнить целую серию расчетов с различными исходными данными: объемно-планировочными решениями, параметрами работы противопожарных систем и др. В таких случаях использование полевой модели для расчетов становится затруднительным, так как для выполнения каждого расчета требуется достаточно длительное время и значительные вычислительные ресурсы. На практике это приводит к тому, что пользователям приходится ограничивать количество рассматриваемых вариантов, что может сказаться на качестве проводимого исследования.

Для решения этой проблемы разработана программа FIM, позволяющая выполнить расчет в интегральной модели IntModel [2] и в зонной модели CFAST [8], используя в качестве исходных данных входной файл формата FDS. Если планировка здания соответствует области определения интегральной или зонной модели, то FIM позволяет значительно (в десятки раз) ускорить выполнение предварительных оценочных расчетов, перед тем как запускать длительный расчет в FDS. При этом нет необходимости создавать новую модель здания в каком-либо ином формате – программа считывает исходный файл FDS, выполняет расчет динамики ОФП и генерирует выходные файлы, аналогичные FDS, которые можно анализировать в программах Smokeview, FireRisk и других.

Системные требования

- 64-bit Windows 8.1 и выше
- процессор Intel i3
- 16 Гб оперативной памяти

Не гарантируется работа программы через удаленный рабочий стол и на виртуальных машинах.

Новое в FIM версии 2.02

- Добавлена совместимость с FDS 6.8 (PyroSim 2023.1).

Примеры находятся в папке «Документы»/«Мои документы», папка FireCat\FIM\Samples.

Ограничения модели FIM версии 2.02

- Все объекты выравниваются/смещаются по сетке с минимальным размером ячейки.
- Герметичные помещения (без проемов) в расчете игнорируются.
- В качестве материала стен всегда принимается бетон.
- В модели допускается только одна реакция.
- Открытые горизонтальные вент.отверстия на потолке игнорируются.
- У приточной вентиляции игнорируется задание отдельных видов газов (MASS_FRACTION – массовая доля поступающих газов).
- Игнорируется работа элементов управления объектами (открыть/закрыть, включить/выключить).
- Игнорируются элементы вентиляционных систем HVAC.
- Игнорируются сложные параметры горения (возгорание поверхностей от высокой температуры, влияние систем пожаротушения и т.п.).
- Для расчета в интегральной модели в качестве источника пожара могут использоваться только вент.отверстия (препятствия не могут). Допустимо задавать скорость распространения пламени.
- Для расчета в зонной модели CFAST в качестве источника пожара могут использоваться и вент.отверстия, и препятствия. Изменение мощности горения может задаваться только с помощью параметра «Функция от времени» в свойствах поверхности горения. Скорость распространения пламени игнорируется.
- Выходными данными являются только результаты датчиков и плоскостей, измеряющих следующие параметры: температура, дальность видимости, концентрации кислорода, углекислого газа, угарного газа, хлористого водорода. Остальные выходные данные, заданные в файле FDS, игнорируются. Для CFAST дополнительно создаются датчики измерения высоты дымового слоя в точка расположения других датчиков.

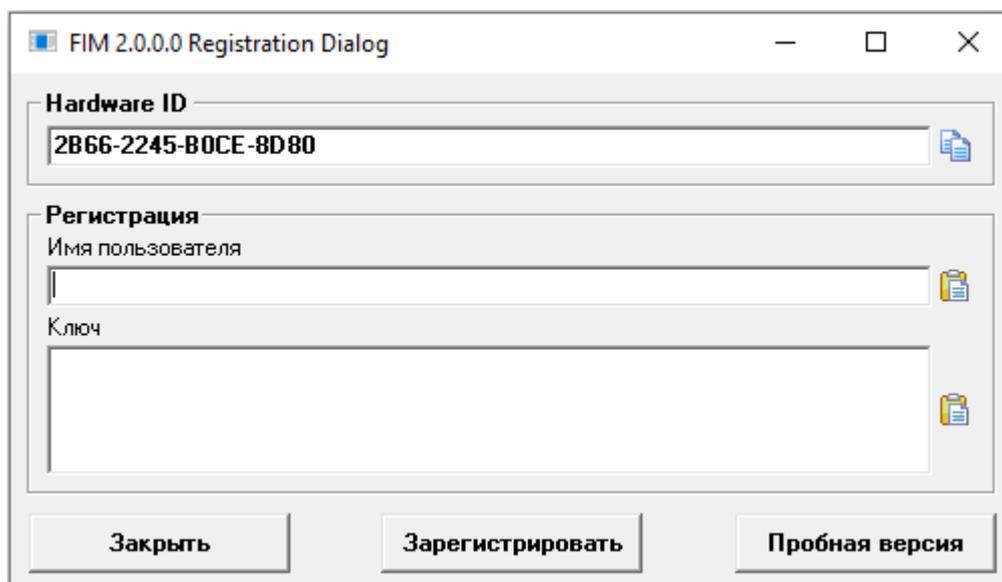
Загрузка и установка

Текущая версия FIM доступна для загрузки на сайте <http://pyrosim.ru>.

Пробная версия

С возможностями программы FIM можно познакомиться с помощью 30-дневной пробной версии.

Для активации пробной версии в окне «**Лицензии**» нажмите кнопку «**Пробная версия**»:



Пробная версия имеет тот же функционал, что и полная версия, ограничен только срок ее использования.

Активация лицензии

После приобретения лицензии вы получаете буквенно-цифровой ключ и имя пользователя, с помощью которых можете активировать программу. Вам необходимо ввести имя и ключ в окне «**Лицензии**» и нажать кнопку «**Зарегистрировать**».

Перенос лицензии

Лицензия привязана к компьютеру, на котором активирована. Чтобы перенести лицензию на другой компьютер, удалите лицензию на текущем компьютере и обратитесь в отдел продаж по адресу mail@pyrosim.ru или по телефону +7 (343) 319-12-62.

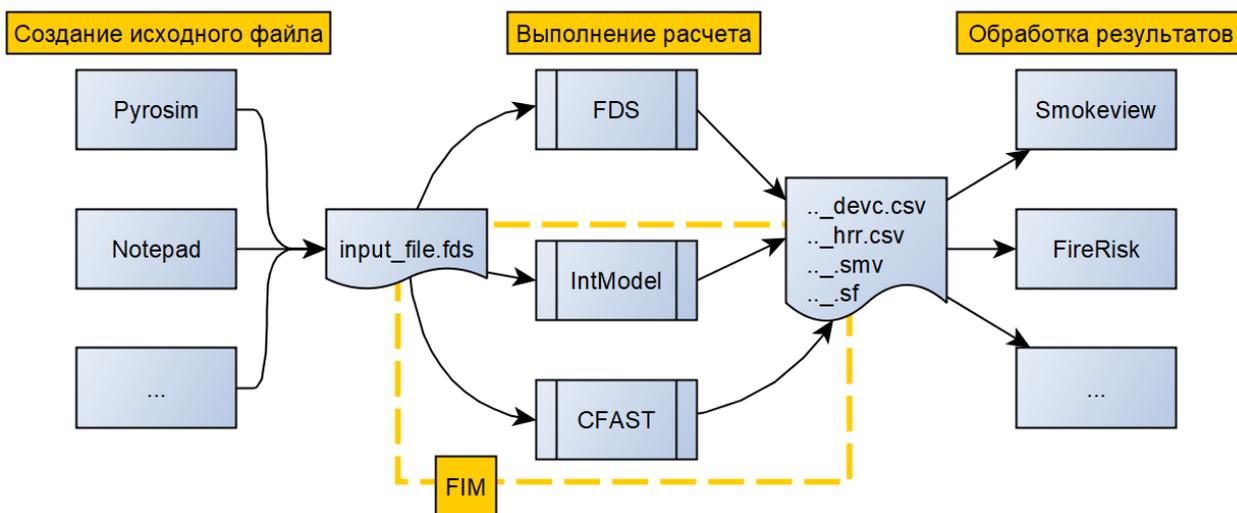
Порядок работы с комплексом программ PyroSim – FIM – FireRisk

Программа FIM в качестве исходных данных принимает входной файл FDS, выполняет его преобразование в формат модели IntModel или CFAST, в которой выполняется расчет, и затем FIM преобразует полученные результаты в формат данных, аналогичный создаваемому FDS.

В целом моделирование ОФП на основе файла исходных данных FDS происходит следующим образом:

1. **Создание исходного файла.** Обычно выполняется в программе PyroSim, но может быть выполнено в текстовом редакторе или другой программе.
2. **Выполнение расчета.** Может быть выполнено полевой моделью FDS, интегральной моделью IntModel или зонной моделью CFAST.
3. **Обработка результатов расчета.** Построение графиков и определение времени блокирования в расчетных точках может быть выполнена в программе FireRisk, табличном редакторе или другой программе; визуализация результатов может быть выполнена в программе Smokeview или просмотрщике результатов PyroSim.

Взаимодействие программ при выполнении расчета в любой модели происходит по одной схеме:



Таким образом, построив модель в программе PyroSim, можно выполнить расчет как в FDS, так и в IntModel или CFAST с помощью FIM.

Порядок работы с комплексом программ состоит из следующих шагов:

1. Построить модель в PyroSim (построение модели описано в руководстве пользователя PyroSim [3] и в данном документе не рассматривается). При построении модели необходимо учитывать ограничения моделей IntModel и CFAST (см. Подготовка файлов FDS для расчета в FIM).
2. Сохранить файл FDS из PyroSim. Для этого в меню «**Файл**» выберите команду «**Экспорт**» - «**Файл FDS**» или на верхней панели инструментов нажмите кнопку «**Записать файл FDS**» .
3. Выполнить расчет в FIM. Для этого:
 - открыть программу FIM;
 - выбрать входной файл FDS;
 - запустить расчет нужной моделью.
4. Выполнить просмотр результатов в программе Smokeview или анализ результатов в программе FireRisk (порядок работы описан в руководстве пользователя FireRisk [4] и в данном документе не рассматривается).

Подготовка файлов FDS для расчета в FIM

Правила создания модели здания в PyroSim

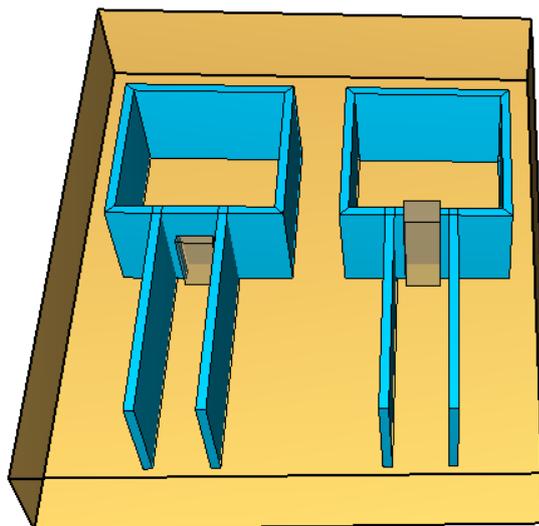
Чтобы программа FIM могла правильно идентифицировать помещения и проемы, при создании модели в PyroSim необходимо следовать некоторым правилам. Некоторые из этих правил вытекают из ограничений интегральной/зонной модели, другие касаются модуля идентификации помещений и в следующих версиях могут исчезнуть.

Обратите внимание, что для расчета в IntModel и CFAST некоторые правила могут отличаться.

1. Все элементы топологии выравниваются по сетке с наименьшим размером ячейки. Поскольку скорость расчета в FIM не зависит от размера и количества ячеек сетки, то для более точного описания топологии можно задать очень мелкую сетку.

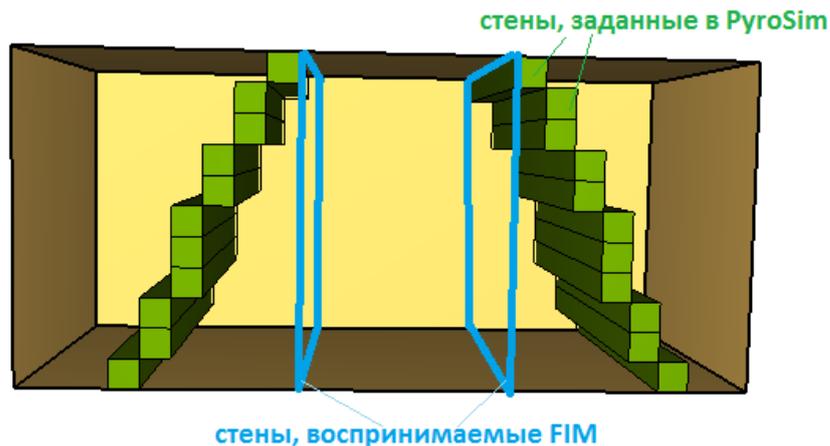
Обратите внимание, что в случае нескольких сеток с некратным размером ячеек могут возникнуть проблемы с геометрией, когда объекты, выровненные по одной сетке, при преобразовании будут выровнены по другой.

2. Границы помещений определяются очертаниями стен «под потолком». Например, если дверной проем между помещениями доходит до потолка, то программа определит эти помещения как одно:

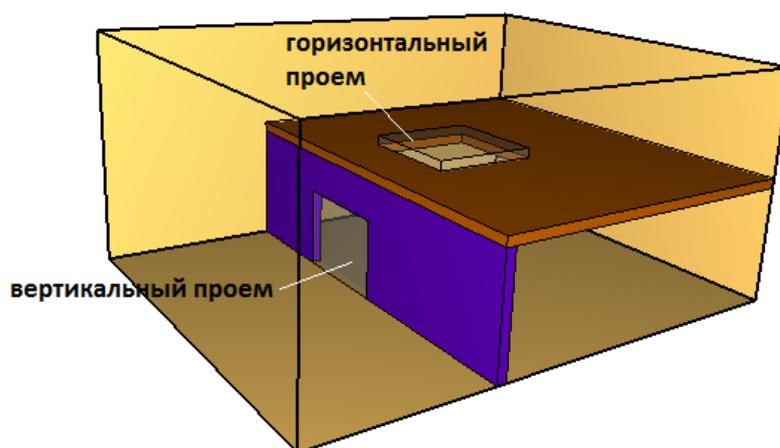


а) помещение и коридор, б) одно помещение сложной формы

3. Стены в помещениях должны быть строго вертикальными от потолка до пола (это следует из предыдущего пункта). FIM в любом случае посчитает, что стены вертикальные, и модель в FIM будет отличаться от задаваемой пользователем:

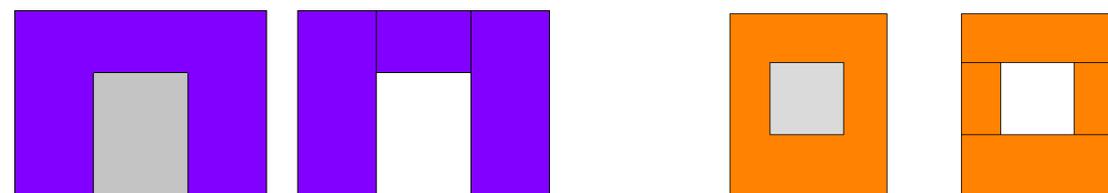


4. Отверстия (HOLE) должны быть различимы по ориентации: горизонтальные или вертикальные. У горизонтальных отверстий высота меньше длины и ширины. В противном случае отверстие считается вертикальным:



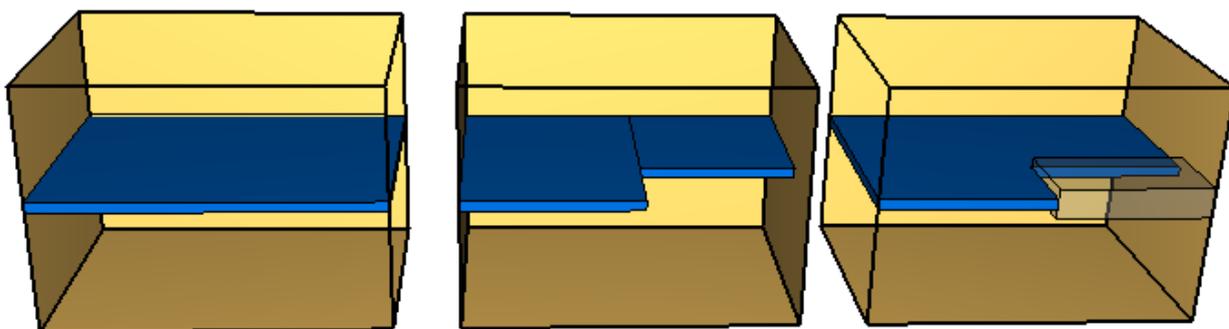
5. Ширина вертикальных проемов (ширина двери) должна быть не менее 2-х ячеек сетки.

6. Вертикальные проемы можно задавать отверстиями или составлять из препятствий, а горизонтальные проемы задаются только отверстиями:



Вертикальный проем: а) верно, б) верно Горизонтальный проем: а) верно, б) неверно

7. Пол каждого помещения должен быть полностью закрыт препятствиями, либо границей сетки. Все проемы в перекрытиях должны выполняться с помощью отверстий (HOLE):



а)

б)

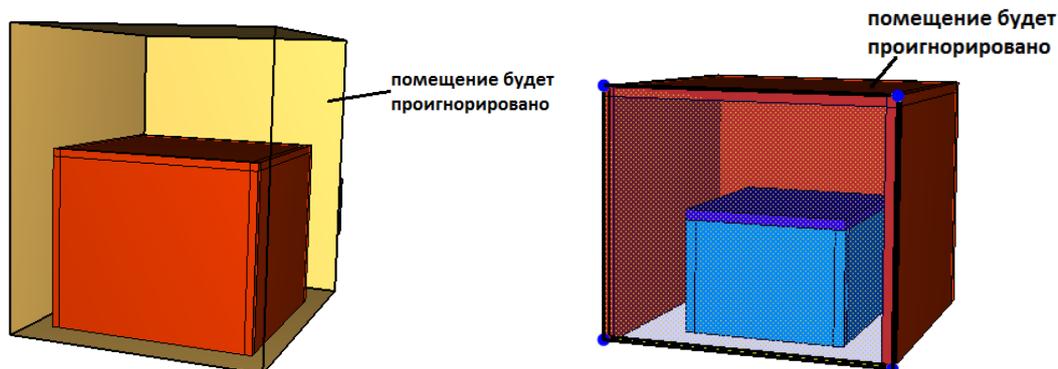
в)

а) препятствие полностью закрывает контур помещения – является перекрытием – получается два помещения одно над другим;

б) препятствия не полностью закрывают контур помещения – не являются перекрытием – получается одно высокое помещение (перекрытие не учитывается в расчете);

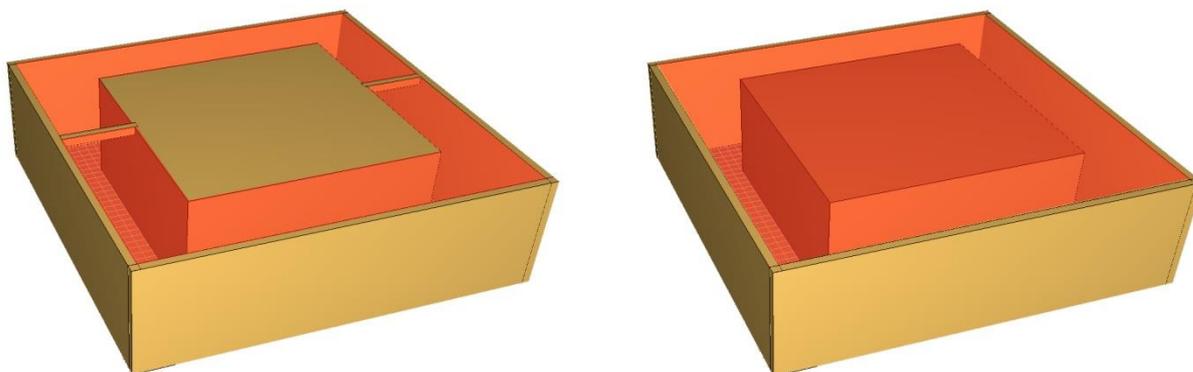
в) препятствие полностью закрывает контур помещения – является перекрытием, в котором размещено горизонтальное отверстие – получается два помещения одно над другим, соединенные горизонтальным проемом.

8. Не должно быть целиком вложенных помещений (одно внутри другого). В таком случае внешнее помещение будет проигнорировано.



9. Форма помещения должна быть такой, чтобы ее можно было описать одним замкнутым контуром, иначе помещением будет считаться внешний контур.

Например, замкнутый коридор надо разбить на отдельные участки:



а) верно (коридор, разбитый на участки)

б) неверно (помещением будет считаться внешний контур)

Чтобы «разбить» коридор на участки, достаточно добавить под потолком препятствие высотой в одну ячейку сетки. Это препятствие позволит FIM правильно идентифицировать геометрию. Если на этой же модели будет выполнен расчет FDS, то такое препятствие не окажет значительного влияния на распространение ОФП.

Аналогичную процедуру разбиения необходимо выполнять в случаях, если один из размеров помещения превышает два других более чем в 5 раз (чтобы топология оставалась в области применения интегральной модели).

10. Форма помещений. Поскольку в расчете CFAST все помещения являются прямоугольными, непрямоугольные помещения для расчета будут преобразованы в прямоугольные той же площади. Для более четкого соответствия задаваемой и расчетной геометрии разделите помещения на прямоугольные части как описано в п.8.

В расчете IntModel преобразование формы помещений не выполняется, так как в интегральной модели в расчете учитывается только площадь и высота помещения, но не форма.

11. Ограничения задания источника пожара.

- Для расчета в интегральной модели в качестве источника пожара могут использоваться только вент.отверстия (препятствия не могут). Допустимо задавать скорость распространения пламени.
- Для расчета в зонной модели CFAST в качестве источника пожара могут использоваться и вент.отверстия, и препятствия. Изменение мощности горения может задаваться только с помощью параметра «Функция от времени» в свойствах поверхности горения. Скорость распространения пламени игнорируется.
Сложные параметры горения (возгорание поверхностей от температуры, реакции в материалах и т.д.) игнорируются в обеих моделях.

Описание интегральной модели FIM-IntModel

Интегральная модель пожара

Интегральная математическая модель пожара представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих изменение среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении в процессе развития пожара. Они следуют из фундаментальных законов природы – первого закона термодинамики для открытой термодинамической системы и закона сохранения массы [2]. Впервые интегральная модель была сформулирована профессором Ю.А. Кошмаровым в 1976 году.

Более подробно интегральная модель пожара описана в приложении 6 к приказу МЧС России от 30.06.2009 №382.

Ограничения интегральной модели

Интегральная модель применима в случае, когда состояние газовой среды с достаточной степенью достоверности можно считать одинаковым по всему объему помещения. Такое допущение справедливо, если модель содержит:

- достаточно большой источник пожара;
- относительно небольшой объем помещений;

- хороший газообмен внутри помещений, обеспечивающий равномерное перемешивание продуктов горения.

Таким образом, интегральную модель можно применять при следующих условиях:

- для зданий, содержащих развитую систему помещений малого объема простой геометрической конфигурации;
- для помещений, где характерный размер очага пожара соизмерим с характерными размерами помещения и размеры помещения соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз);
- для предварительных расчетов с целью выявления наиболее опасного сценария пожара.

Если один из линейных размеров помещения более чем в пять раз превышает хотя бы один из двух других линейных размеров, необходимо это помещение делить на участки, размеры которых соизмеримы между собой, и рассматривать участки как отдельные помещения, сообщающиеся проемами, площадь которых равна площади сечения на границе участков. Использование аналогичной процедуры в случае, когда два линейных размера превышают третий более чем в 5 раз, не допускается [5].

Описание зонной модели CFAST

Зонная модель пожара

Зонная математическая модель пожара представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих изменение параметров дымового слоя. Кратко зонная модель пожара сформулирована в приложении 6 к приказу МЧС России от 30.06.2009 №382.

Расчетный модуль Consolidated Model of Fire and Smoke Transport (CFAST) реализует зонную модель пожара [7].

Каждое помещение в модели разделено на верхний и нижний газовый слой. Через конвективную колонку от пламени продукты сгорания поступают в верхний дымовой слой. Температура внутри каждого слоя однородна, и ее изменение во времени описывается набором обыкновенных дифференциальных уравнений, выведенных из фундаментальных законов сохранения массы и энергии. Перенос дыма и тепла между слоями рассчитываются на основании эмпирических соотношений.

Основные положения модели CFAST:

- **Геометрия помещений:** CFAST ограничивается сценариями пожара, когда в геометрии можно четко выделить помещения. Эмпирические корреляции, содержащиеся в CFAST, были разработаны для относительно свободных помещений с плоскими потолками, которые можно охарактеризовать как «комнаты», а не коридоры или вертикальные шахты. Однако нет жестких ограничений на то, какой тип помещений можно или нельзя моделировать в CFAST. Руководство по валидации CFAST указывает на точность его прогнозов для помещений с различными пропорциями.
- **Скорость тепловыделения:** CFAST не предсказывает рост пламени на горящих объектах. Скорость тепловыделения задается пользователем для одного или нескольких источников пожара. Используется простая подмодель для ограничения тепловыделения на основе доступного кислорода.

- **Лучистый теплообмен:** Излучение от пожара моделируется в приближении простого точечного источника. Это ограничивает точность модели в пределах нескольких диаметров пожара. Расчет лучистого обмена между помещениями не моделируется.
- **Механическая вентиляция:** Механическая вентиляция моделируется путем указания объемного расхода воздуха, поступающего в помещение или удаляемого из него. Общая система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха не моделируется.
- **Естественная вентиляция:** Поток через вертикальные отверстия, такие как двери и окна, моделируется с использованием уравнения Бернулли для разности давлений между двумя помещениями. Горизонтальные отверстия в полу и потолке обрабатываются с помощью одной эмпирической корреляции, основанной на различиях давления и плотности между верхним и нижним помещениями. Протечки моделируются путем явного создания небольших вертикальных или горизонтальных отверстий.

Ограничение на количество объектов CFAST:

Максимальное время расчета, с	86400
Максимальное количество помещений	100
Максимальное количество вертикальных проемов (двери, окна)	2500
Максимальное количество горизонтальных проемов (в полу и потолке)	2500
Максимальное количество проемов и отверстий системы вентиляции	2500
Максимальное количество вентиляторов	1250
Максимальное количество источников пожара	2500
Максимальное количество точек данные в описании источника пожара	199
Максимальное количество точек данных в описании изменения площади одного помещения	199
Максимальное количество материалов в файле базы данных	2500
Максимальное количество мишеней. Кроме того, CFAST автоматически включает мишень на полу каждого помещения и по одной для каждого источника пожара	2500
Максимальное количество детекторов и спринклеров	2500

Ограничения зонной модели

Зонная модель применима в случае, когда в газовой среде с достаточной степенью достоверности можно выделить два слоя: верхний дымовой слой и нижний незадымленный слой. Такое допущение справедливо, если модель содержит:

- небольшой источник пожара, позволяющий сформировать дымовой слой;
- относительно небольшой объем помещений;
- газообмен, не нарушающий формирование дымового слоя.

Таким образом, зонную модель можно применять при следующих условиях:

- для помещений и систем помещений простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз), когда размер очага пожара существенно меньше размеров помещения;
- для рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения (наклонный зрительный зал кинотеатра, антресоли и т.д.);
- для предварительных расчетов с целью выявления наиболее опасного сценария пожара.

Если один из линейных размеров помещения более чем в пять раз превышает хотя бы один из двух других линейных размеров, необходимо это помещение делить на участки, размеры которых соизмеримы между собой, и рассматривать участки как отдельные помещения, сообщающиеся проемами, площадь которых равна площади сечения на границе участков. Использование аналогичной процедуры в случае, когда два линейных размера превышают третий более чем в 5 раз, не допускается [5].

Обработка результатов расчета CFAST

При расчете CFAST создаются результаты расчета для каждого помещения в модели. Сохраняются данные о высоте дымового слоя, температуре и концентрации газов в верхнем и нижнем слое, о потоках воздуха через проемы и многое другое.

Для удобства дальнейшей работы результаты CFAST обрабатываются так, чтобы по структуре соответствовать результатам FDS, которые может прочитать FireRisk. Таким образом, для каждого датчика, заданного в исходном файле FDS, определяются значения по следующему алгоритму:

1. Определяется, в каком помещении находится датчик и высота датчика над полом помещения.
2. Из результатов CFAST извлекаются данные для измеряемой датчиком величины в данном помещении (для верхнего и нижнего дымового слоя), а также данные о высоте дымового слоя в помещении.
3. В каждый момент времени определяется: если высота датчика **меньше** высоты дымового слоя в данный момент времени, то датчик показывает измеряемую величину в **нижнем** слое; если высота датчика **больше** высоты дымового слоя в данный момент времени, то датчик показывает измеряемую величину в **верхнем** слое.

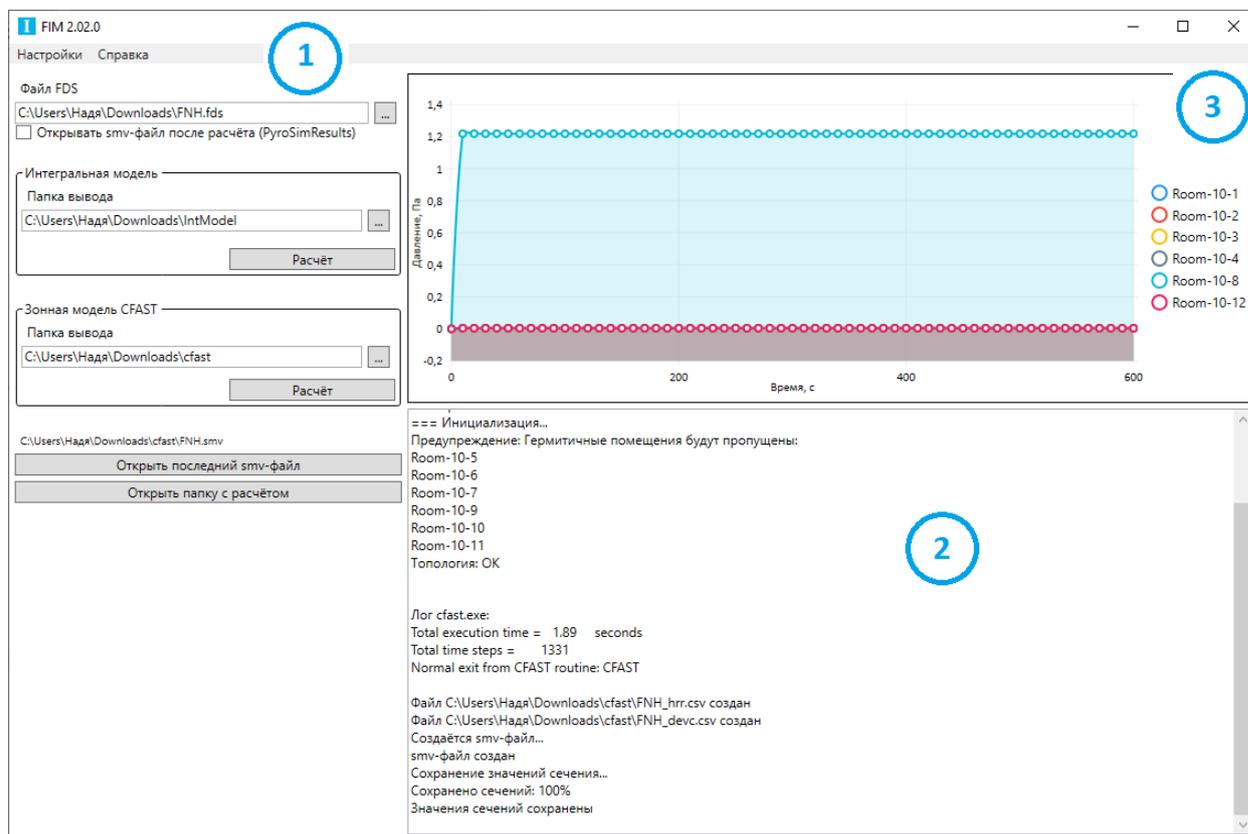
Дополнительно для каждой группы датчиков (датчики, расположенные в одних и тех же координатах) создается датчик, измеряющий высоту дымового слоя. Название такого датчика генерируется в формате: название одного из датчиков в группе плюс добавка «-height».

Интерфейс программы FIM

Окно программы

В программе можно выделить следующие области интерфейса:

1. область элементов управления;
2. область лога;
3. график давления (для CFAST).

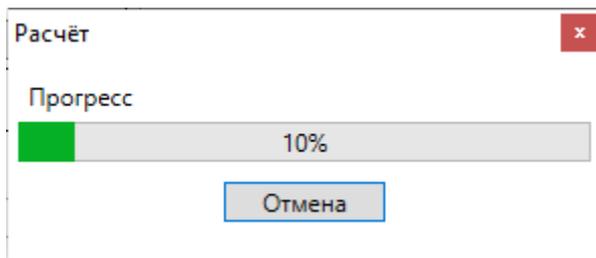


В области элементов управления пользователь задает путь к расчетному файлу FDS и путь к выходным папкам, в которые будут сохраняться результаты расчета. По умолчанию для результатов расчета создаются отдельные папки рядом с указанным файлом FDS с названием расчетной модели.

Галочка «**Открывать smv-файл после расчета**» задает, необходимо ли после окончания расчета открыть файл визуализации для просмотра результатов. В скобках указывается, какой программой будет открыт файл визуализации (программа задается в настройках FIM).

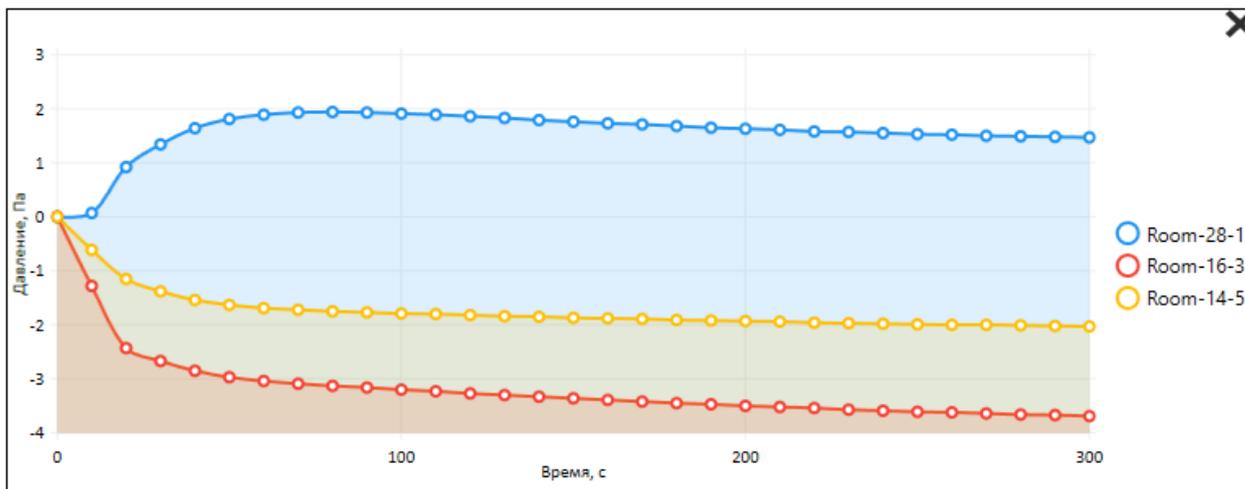
Для выполнения расчета нужно нажать кнопку «**Расчет**» в разделе нужной модели. Будет выполнено преобразование файла FDS в формат интегральной или зонной модели, запущен расчет, результаты будут преобразованы в формат, аналогичный формату FDS. Все этапы расчета отображаются в логе, при возникновении ошибок в логе будут выведено описание ошибок.

Для отмены расчета нужно нажать кнопку «**Отмена**» в окне расчета:



Кнопка «Открыть последний stv-файл» позволяет открыть файлы визуализации последнего выполненного расчета. Путь к последнему файлу подписывается сверху над кнопкой.

При расчете CFAST в области лога появляется график давления по помещениям:

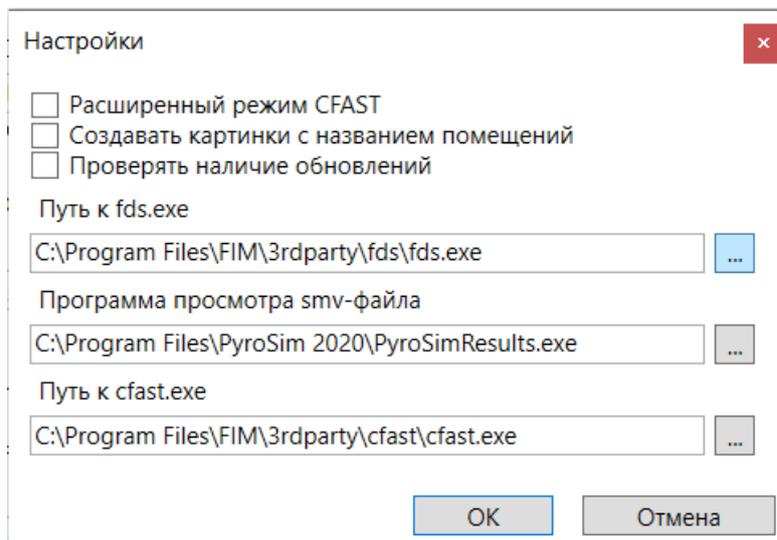


Пользователь имеет возможность наблюдать за изменением давления в процессе расчета. Если давление при расчете оказывается больше нескольких десятков паскаль по модулю, это говорит о неверной схеме вентиляции в модели (недостаток связи с атмосферой, наличие вытяжки при недостатке притока/открытых проемов, наличие притока при недостатке вытяжка/открытых проемов).

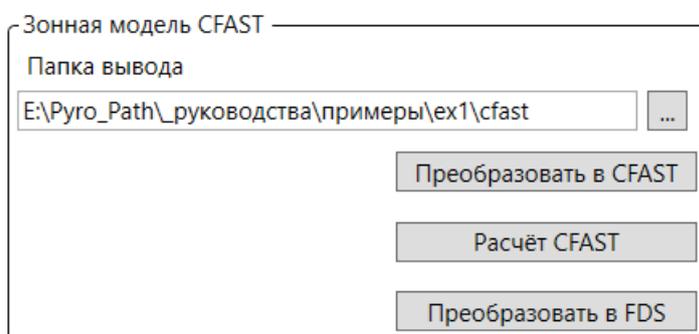
Расширенный режим для расчета CFAST

В некоторых случаях пользователю может понадобиться посмотреть исходный файл CFAST (проверить правильность преобразования файла FDS в файл CFAST, внести какие-то корректировки) и только затем выполнить дальнейшие расчеты. Для этого в программе предусмотрен расширенный режим.

Для включения расширенного режима для расчета CFAST необходимо в настройках поставить галочку «Расширенный режим CFAST»:



После этого раздел расчета по зонной модели CFAST примет следующий вид:

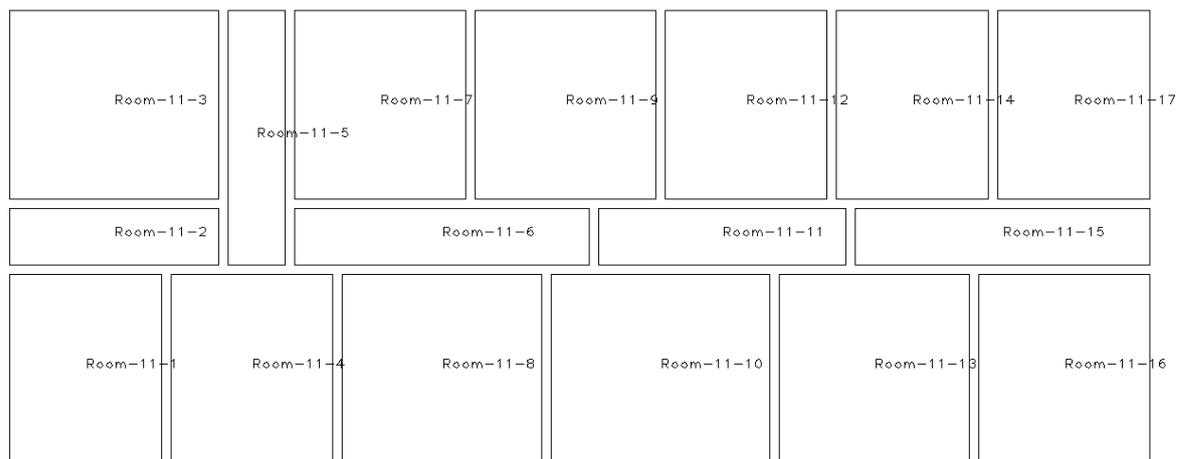


Кнопка «**Преобразовать в CFAST**» создает исходный файл CFAST (название.in) в папке вывода. Файл можно открыть в любом текстовом редакторе или в программе CEdit и внести изменения.

Кнопка «**Расчёт CFAST**» запускает расчет CFAST. В процессе расчета создаются выходные файлы в формате CFAST. Файл визуализации в этом случае может быть открыт только программой Smokeview, программы просмотра результатов PyroSim и Pathfinder не открывают такой формат файлов. Если пользователь выполняет расчет CFAST из программы CEdit или из командной строки, то данный этап расчета можно пропустить.

Кнопка «**Преобразовать в FDS**» преобразует результаты CFAST в формат, аналогичный формату FDS для возможности дальнейшей обработки в программе FireRisk и для работы в программе просмотра результатов PyroSim и Pathfinder.

Если в настройках расчета установлен флаг «**Создавать картинки с названием помещений**», то в папке с расчетом будут созданы изображения с подписями названий используемых в расчете помещений:

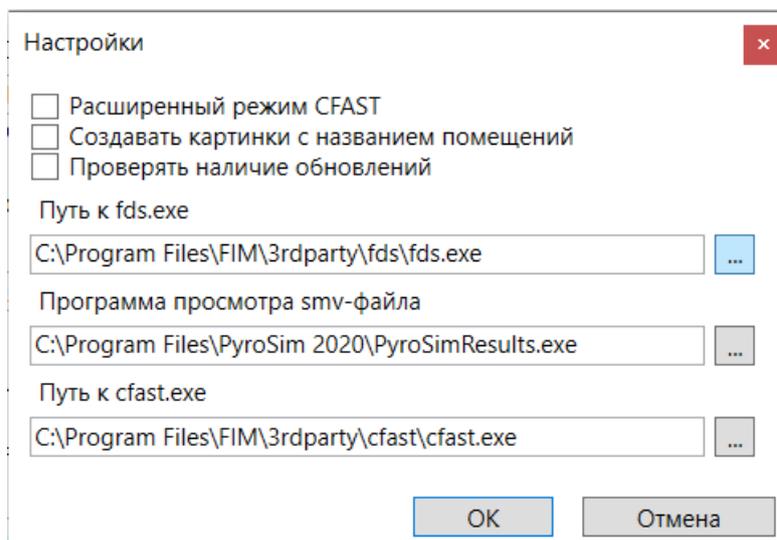


Для каждого уровня по оси Z сохраняется отдельное изображение. Эти изображения позволяют пользователю определить, какие и где были выделены программой помещения. Обычно это требуется при работе в расширенном режиме, когда необходимо внести поправки в исходный файл CFAST, для облегчения идентификации объектов.

Настройки программы

Окно настроек открывается по команде меню «**Настройки**».

В окне настроек можно включить и отключить расширенный режим расчета CFAST (см. Расширенный режим для расчета CFAST), включить/отключить проверку обновлений, а также задать пути к расчетным программам FDS и CFAST, и программе для просмотра файлов визуализации smv.



В качестве программ для просмотра файлов визуализации может использоваться Smokeview, а также программы просмотра результатов PyroSim и Pathfinder.

Примеры работы с FIM

Далее приведены примеры сравнения расчетов в FDS и FIM.

Исходные файлы примеров (файлы .psm и .fds) и результатов сравнения (файлы программы FireRisk) находятся в папке C:\Program Files\FIM\Examples

Пример 1. Этаж здания, коридорная планировка

Расчетные файлы

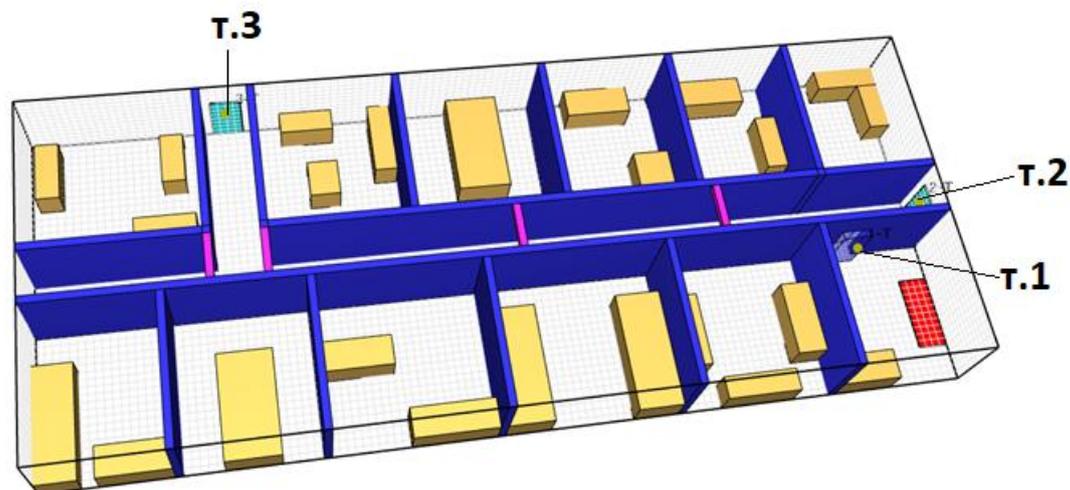
Расчетные файлы находятся в папке C:\Program Files\FIM\Examples\Пример_1

Название файла	Комментарии
ex1.fds	Исходный файл для расчетов FDS и IntModel (двери во все помещения открыты)
ex1_doors.fds	Исходный файл для расчетов FDS и CFAST (двери закрыты во все помещения, кроме помещения пожара)
ex1_du.fds	Исходный файл для расчетов FDS и CFAST (с учетом работы системы дымоудаления)
ex1.rsk	Файл программы FireRisk для обработки результатов

Описание модели

Модель представляет собой один этаж здания с коридорной планировкой. Пожар возникает в помещении возле одного из выходов. Расчетные точки расположены перед выходами и в помещении пожара. ПДЗ по видимости во всех точках принято 20 метров.

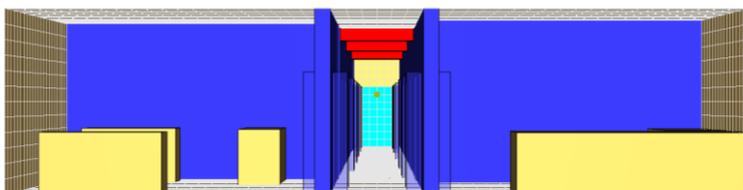
Вид модели и размещение расчетных точек:



Внесение изменений в файл FDS перед расчетом

Перед выполнением расчетов в IntModel и CFAST необходимо внести некоторые корректировки в модель:

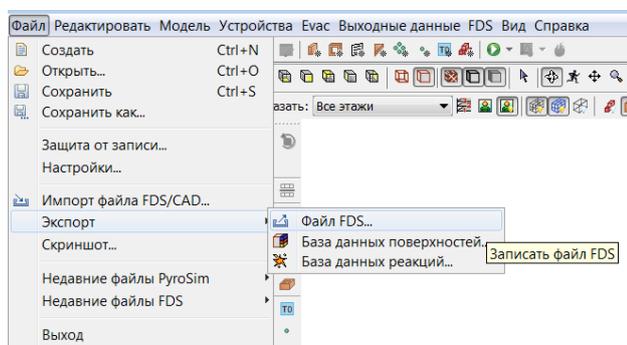
1. Для соответствия методике при работе с интегральной или зонной моделью необходимо разделить коридоры, длина которых превышает ширину/высоту более чем в 5 раз, на отдельные коридоры, соединенные вертикальными проемами. Для этого под потолком коридора необходимо создать препятствие высотой в 1 ячейку сетки.



Поскольку в IntModel и CFAST расчет не зависит от сетки, сетку можно сделать сколь угодно мелкой.

2. Перед выполнением расчета необходимо убедиться, что источник пожара задан правильно для той модели, которой будет выполняться расчет. Для расчета в CFAST проверьте, что изменение мощности горения выполняется через функцию/кусочно-линейную функцию в свойствах поверхности, а не через скорость распространения пламени. Для расчета в IntModel проверьте, что источник пожара задан вент.отверстием, а не препятствием.
3. Предварительные расчеты CFAST показывают, что для лучшего соответствия двух расчетов двери в другие помещения (за исключением помещения пожара) должны быть закрыты. То есть для CFAST рекомендуется включать в расчет только помещение пожара и пути эвакуации (блокировать или удалять двери в другие помещения). Для расчета в IntModel рекомендуется оставлять двери во все помещения. Расчеты FDS показывает, что наличие открытых/закрытых дверей в другие помещения на результаты существенного влияния не оказывает.

После внесения всех изменений необходимо сохранить файл FDS для расчета. При работе в PyroSim выполните команду «Экспорт» - «Файл FDS»:

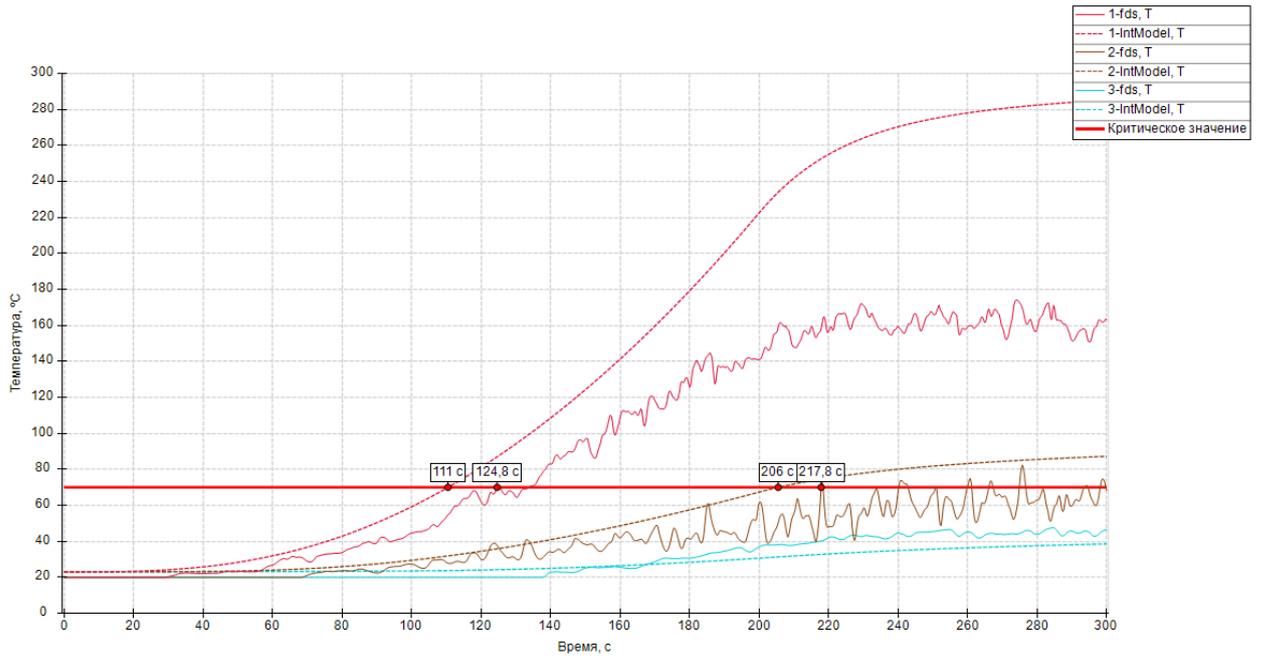


В программе FIM выберите путь к созданному файлу и выполните расчет в нужной модели.

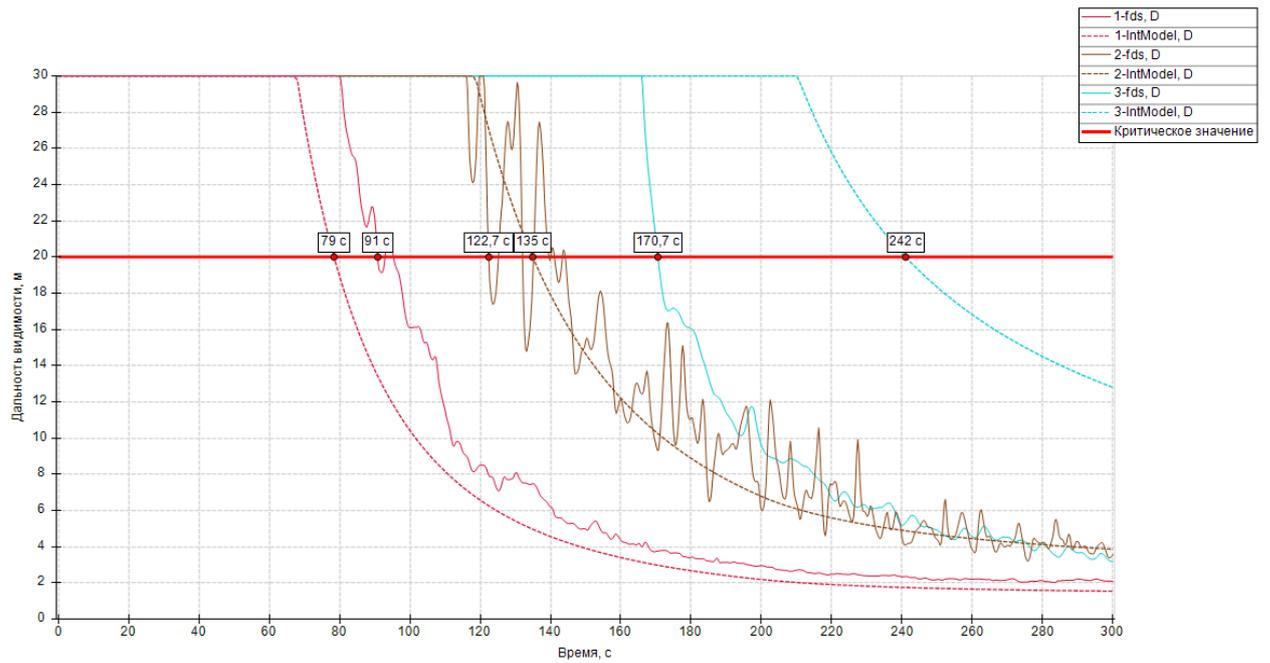
Обратите внимание, что в примерах на графиках отключено сглаживание, поэтому результаты FDS могут иметь много «выбросов». В реальных расчетах сглаживание обычно включается.

Результаты расчета в интегральной модели IntModel

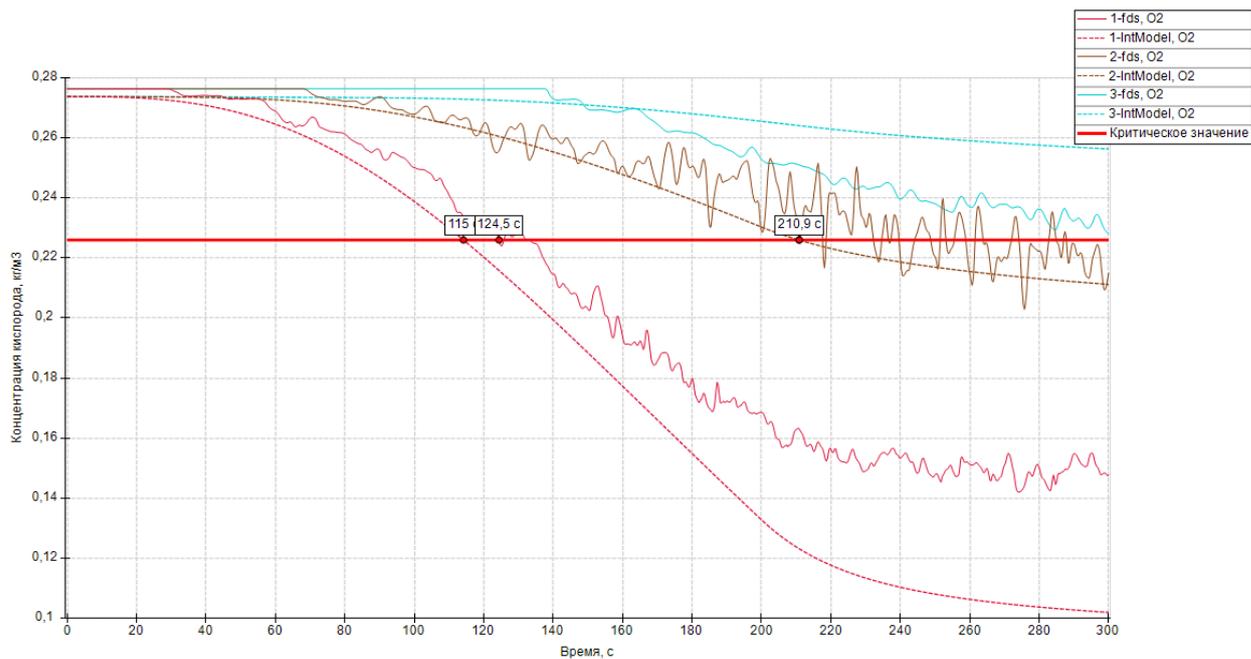
- температура



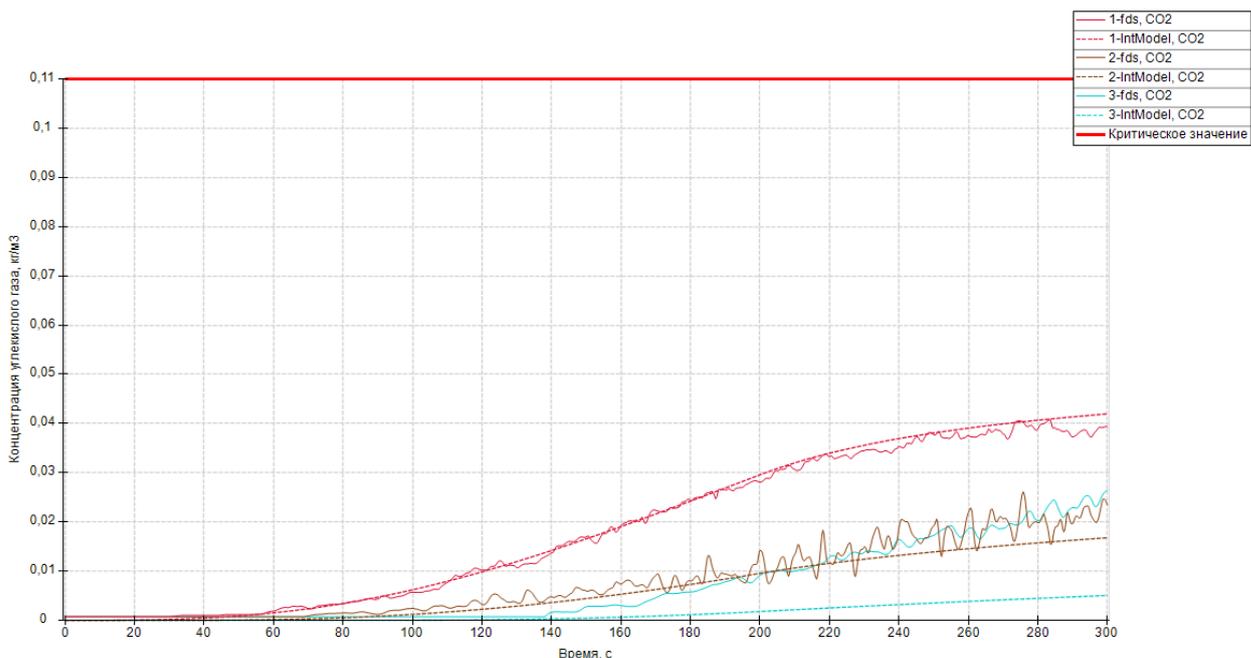
- дальность видимости



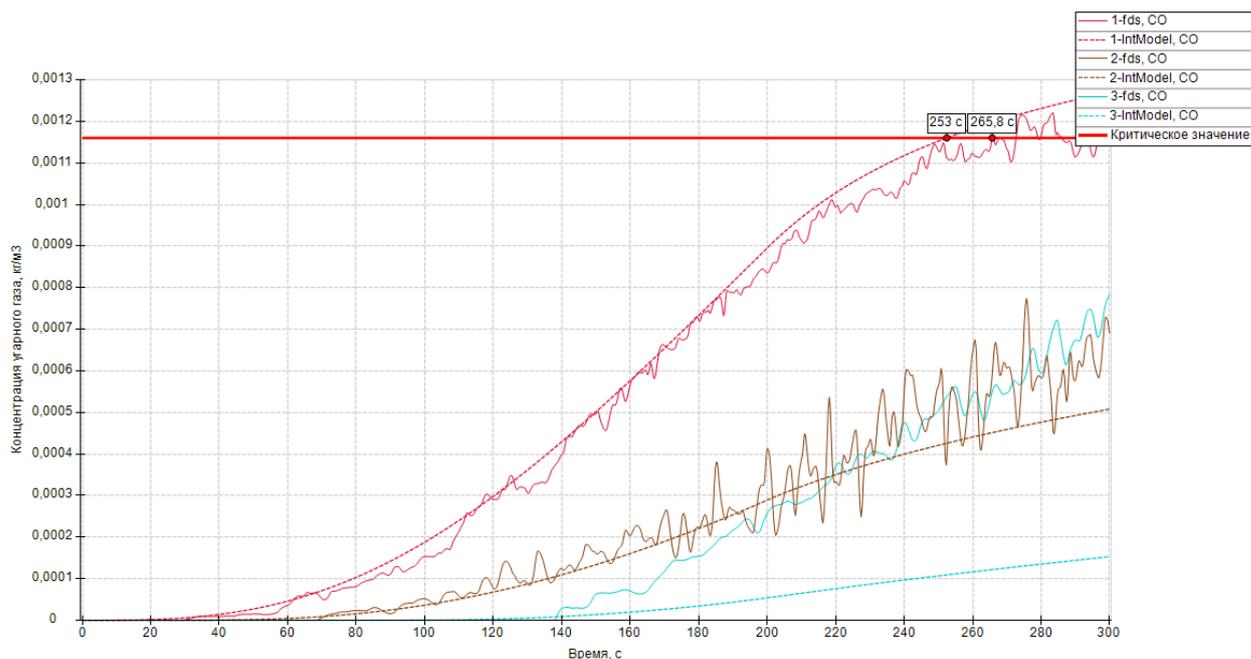
- концентрация кислорода



- концентрация углекислого газа



- концентрация угарного газа



Хлороводород в реакции данного примера не выделяется.

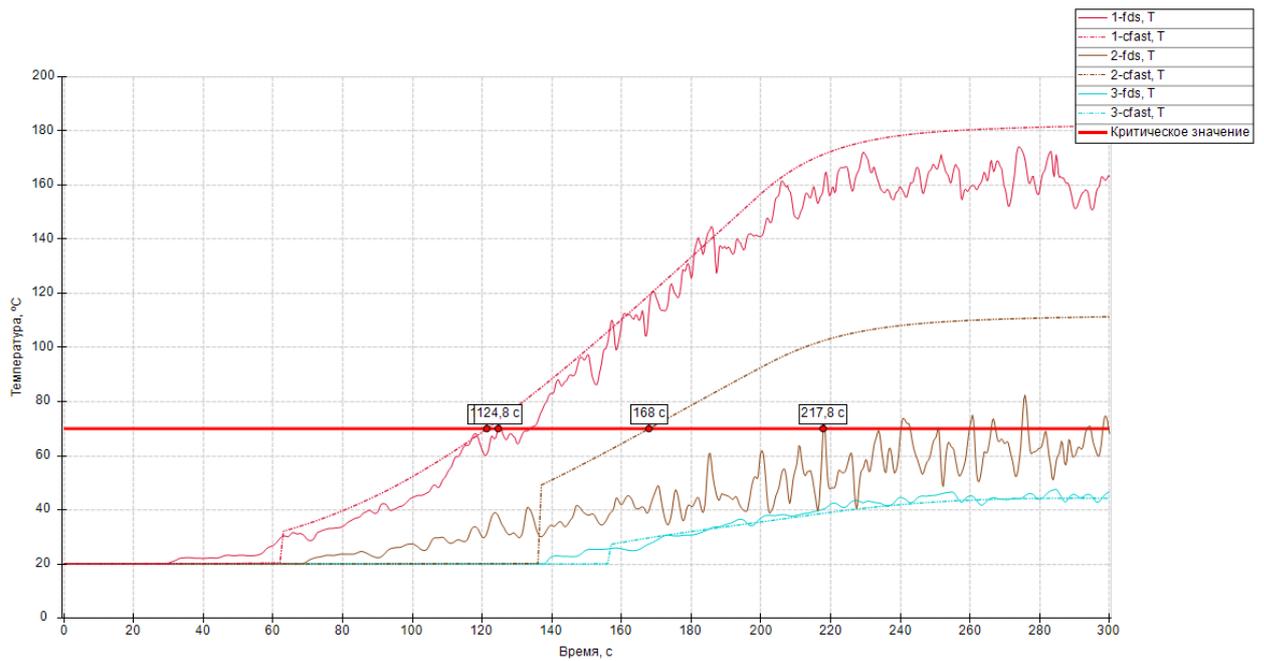
Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для нее:

Точка сравнения	FDS	IntModel	Разница относительно FDS, %
1	90,98	79,00	-13,2
2	122,72	135,00	10,0
3	170,71	242,00	41,8

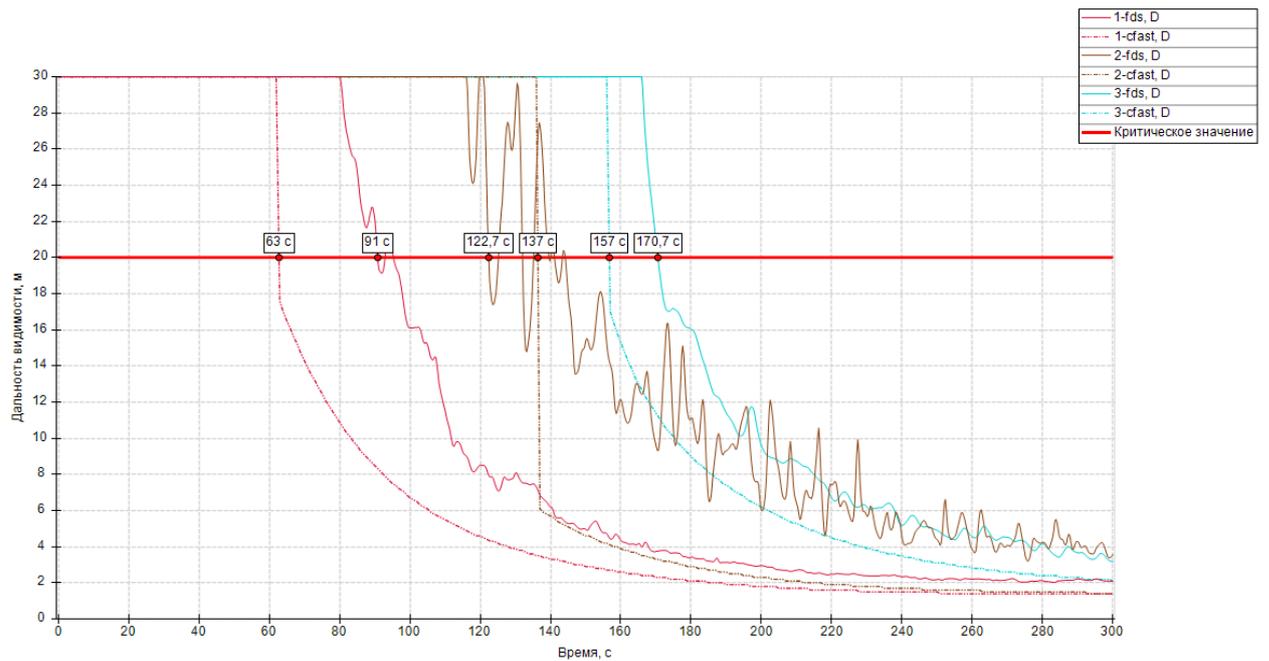
Вывод. Результаты моделирования IntModel достаточно точно совпадают с результатами FDS и позволяют оценить динамику ОФП в качественном и, в некоторых случаях, количественном отношении. Наилучшее совпадение результатов наблюдается в помещениях возле помещения очага пожара, где газовую среду можно считать однородной. Чем дальше от очага пожара, тем хуже совпадают результаты, так как в FDS газовая среда рассчитывается в каждой ячейке сетки, а интегральная модель предполагает однородную среду во всем помещении. Если в помещение попадает небольшое количество опасных факторов (например, в начальной стадии пожара или в далеком от источника пожара помещении), то результаты интегральной и полевой моделей могут существенно отличаться (особенно это характерно для дальности видимости). Превышение времени блокирования при расчете в IntModel над временем FDS составляет до 40%.

Результаты расчета в зонной модели CFAST

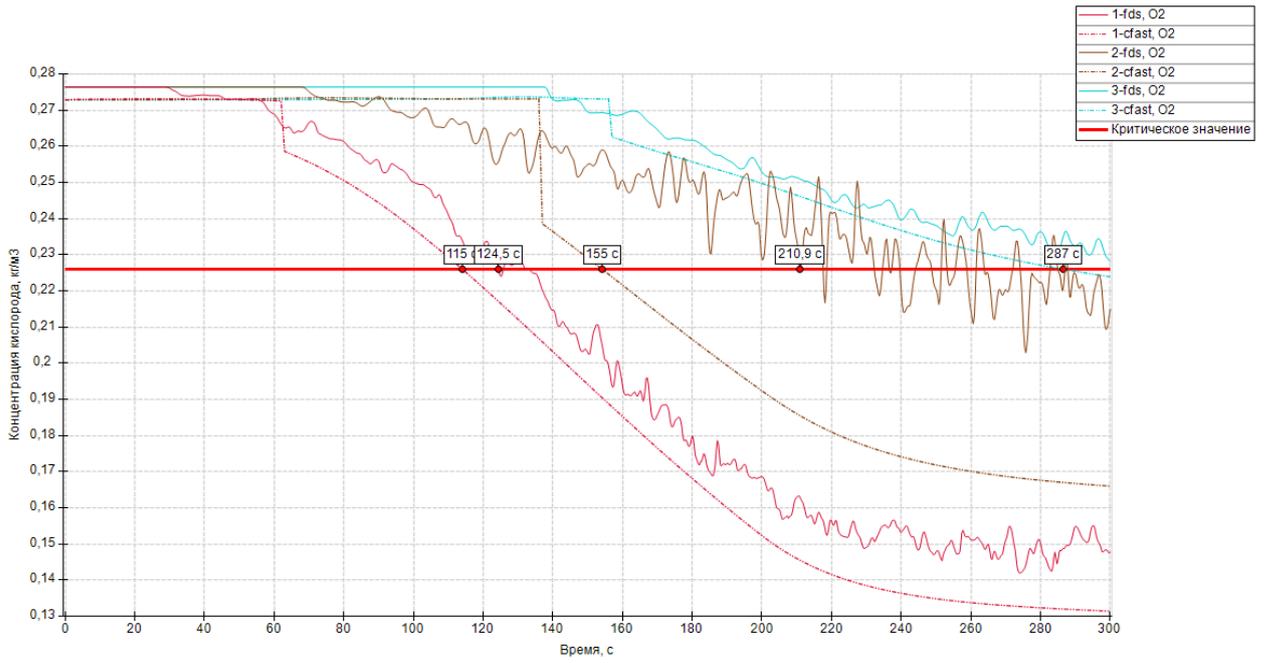
- температура



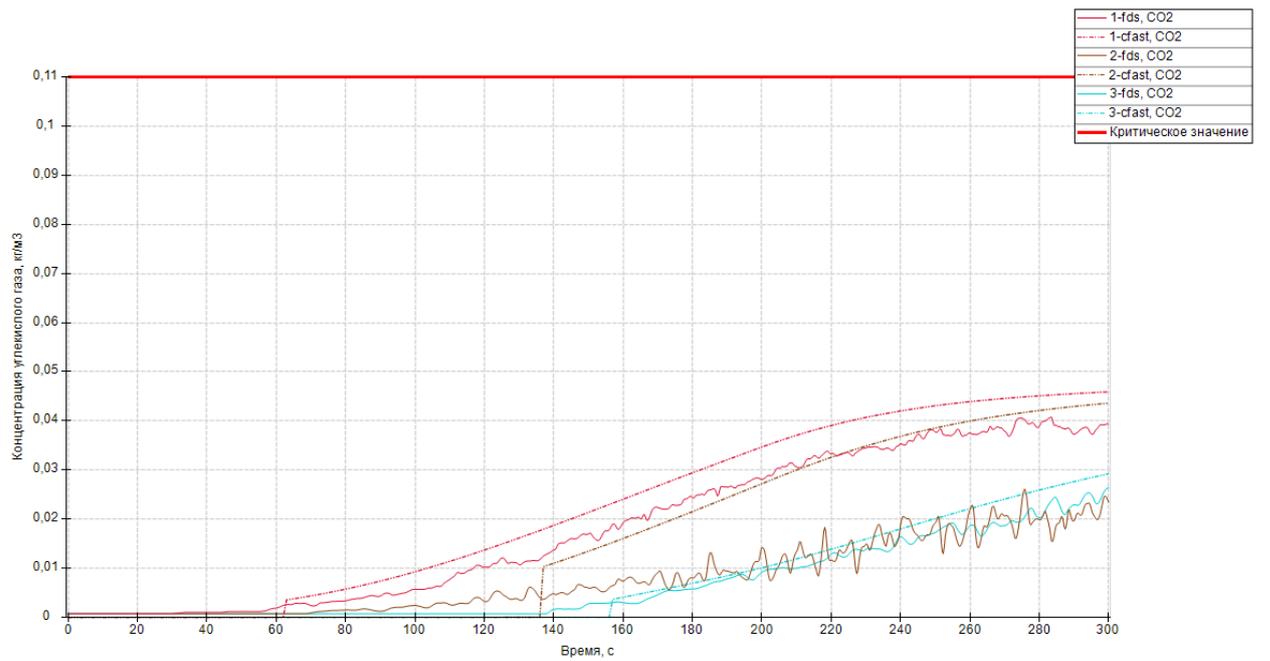
- дальность видимости



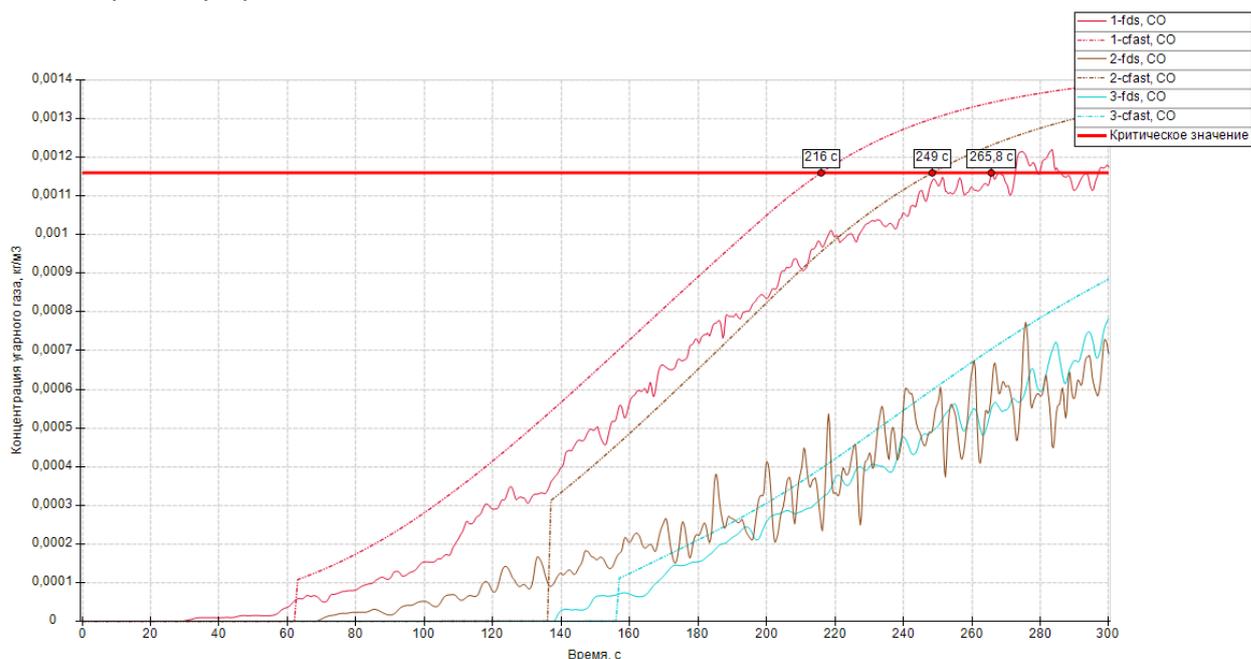
- концентрация кислорода



- концентрация углекислого газа



- концентрация угарного газа



Хлороводород в реакции данного примера не выделяется.

Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1	90,98	63,00	-30,8
2	122,72	137,00	11,6
3	170,71	157,00	-8,0

Вывод. Результаты моделирования CFAST достаточно точно совпадают с результатами FDS и позволяют оценить динамику ОФП. Наиболее существенное отличие вида графиков для всех опасных факторов наблюдается в точке 2 в коридоре перед помещением пожара, поскольку отличается характер распространения ОФП в разных моделях: в CFAST блокирование в основном наступает по всем опасным факторам одновременно, когда дымовой слой опускается до высоты расчетной точки, в FDS каждый опасный фактор рассчитывается независимо и блокирование по каждому опасному фактору наступает в разное время.

В разных точках время блокирования в CFAST оказывается как меньше, так и больше времени блокирования в FDS, разница составляет порядка 10% вне помещения пожара.

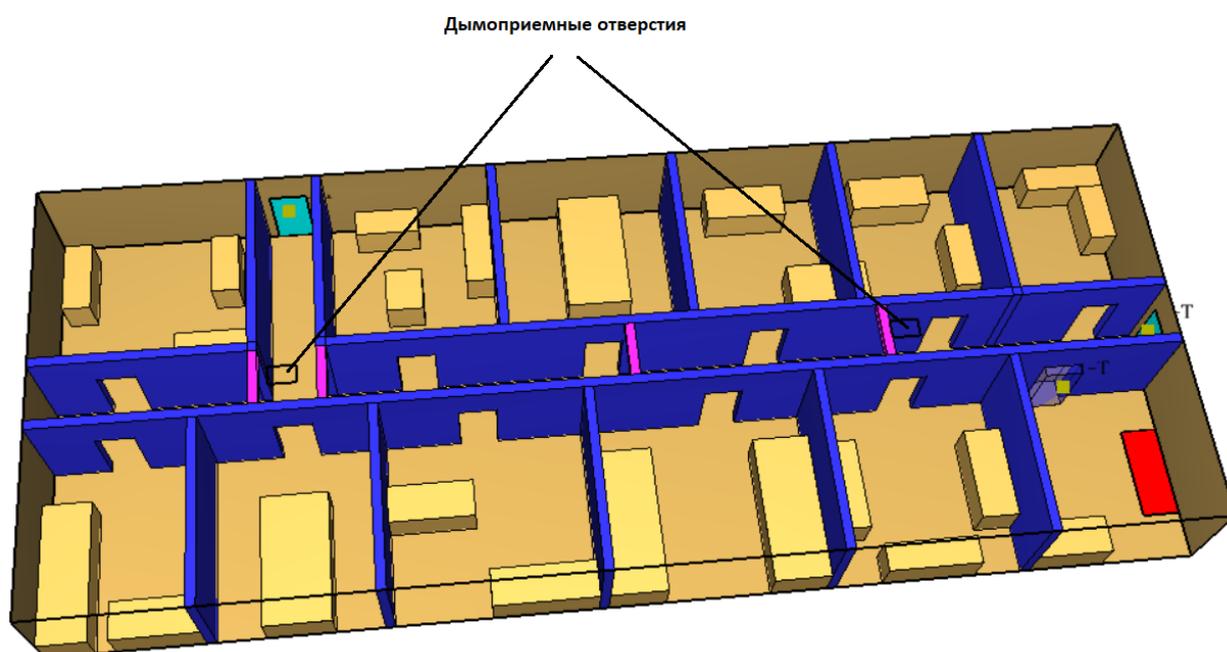
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления

Рассматривается та же модель, но с добавлением дымоудаления.

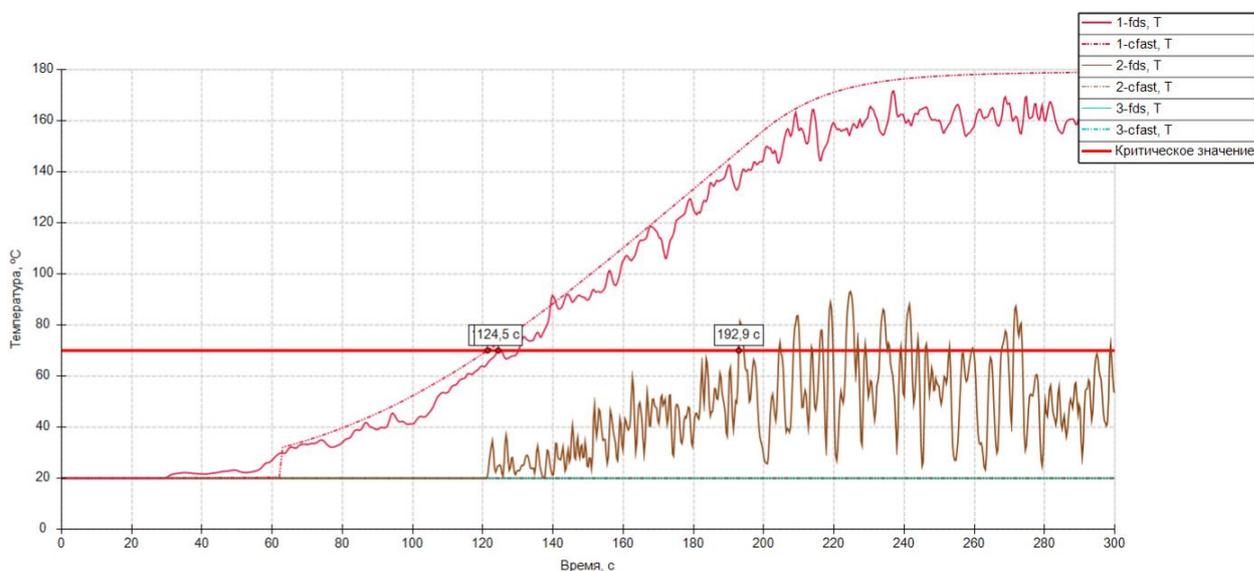
Расход дымоудаления рассчитан в соответствии с СП7.13130.2013 [9] и методическими рекомендациями ВНИИПО к СП7.13130.2013 [10].

Согласно формуле 17 рекомендаций [10] массовый расход из коридоров составляет 3,4 кг/с, что дает объемный расход 4,1 м³/с. Согласно п.7.8 СП7.13130.2013 [9] при угловой конфигурации коридора на одно дымоприемное отверстие должно приходиться не более 30 метров длины коридора. Длина коридора в модели составляет 35 метров, соответственно, в расчет принято два дымоприемных отверстия с расходом 2,05 м³/с каждое.

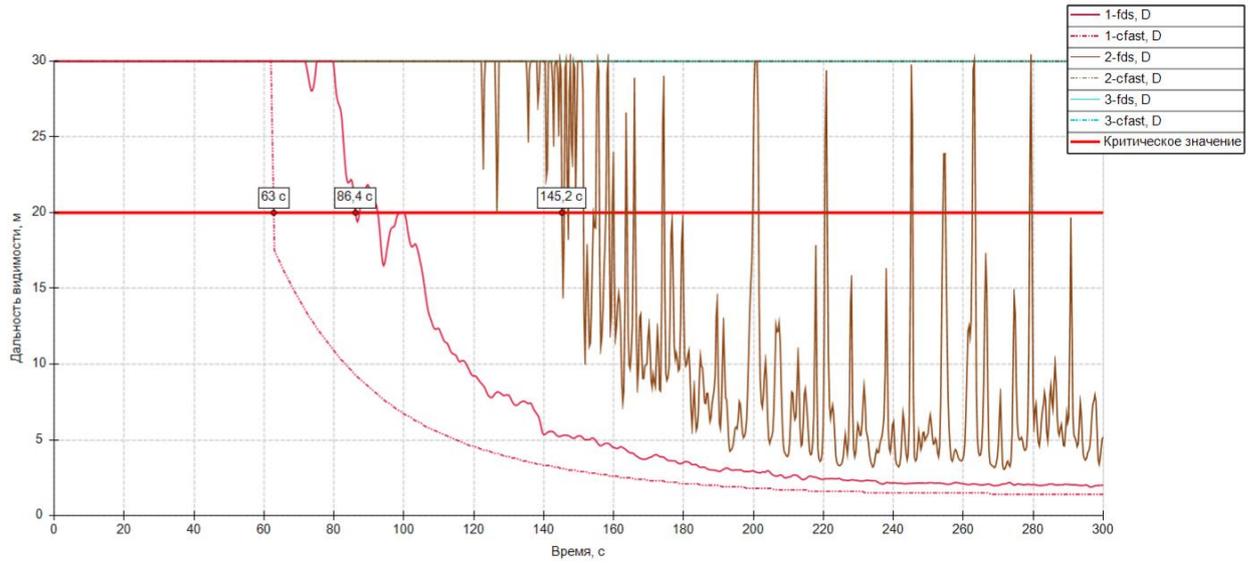
Поступление замещающего воздуха предусматривается через автоматически открывающиеся дверные проемы.



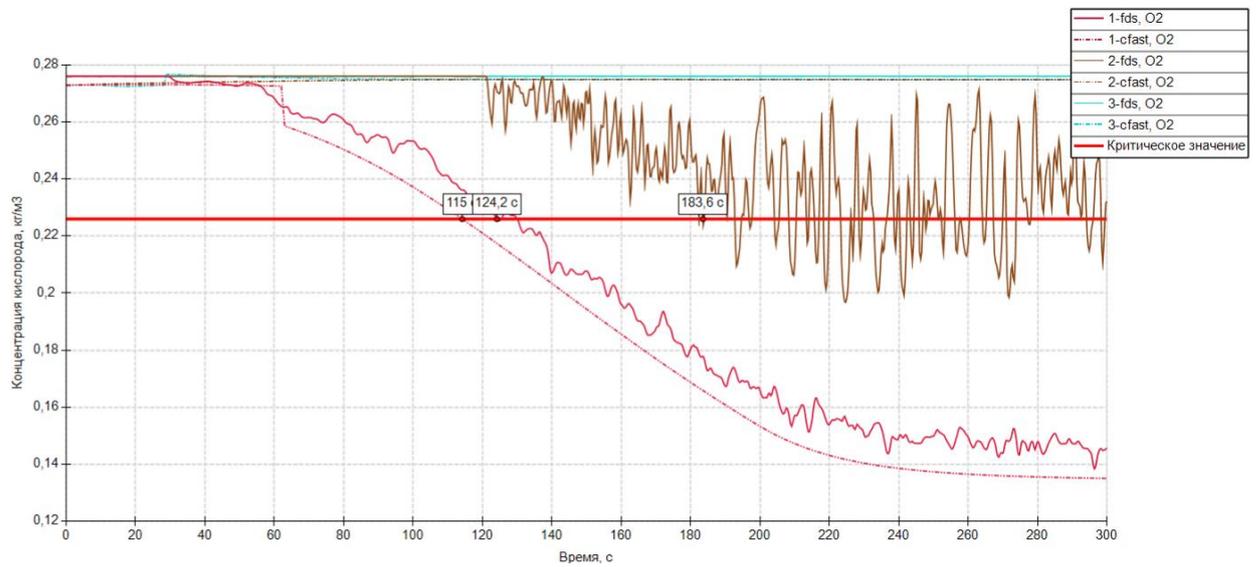
- температура



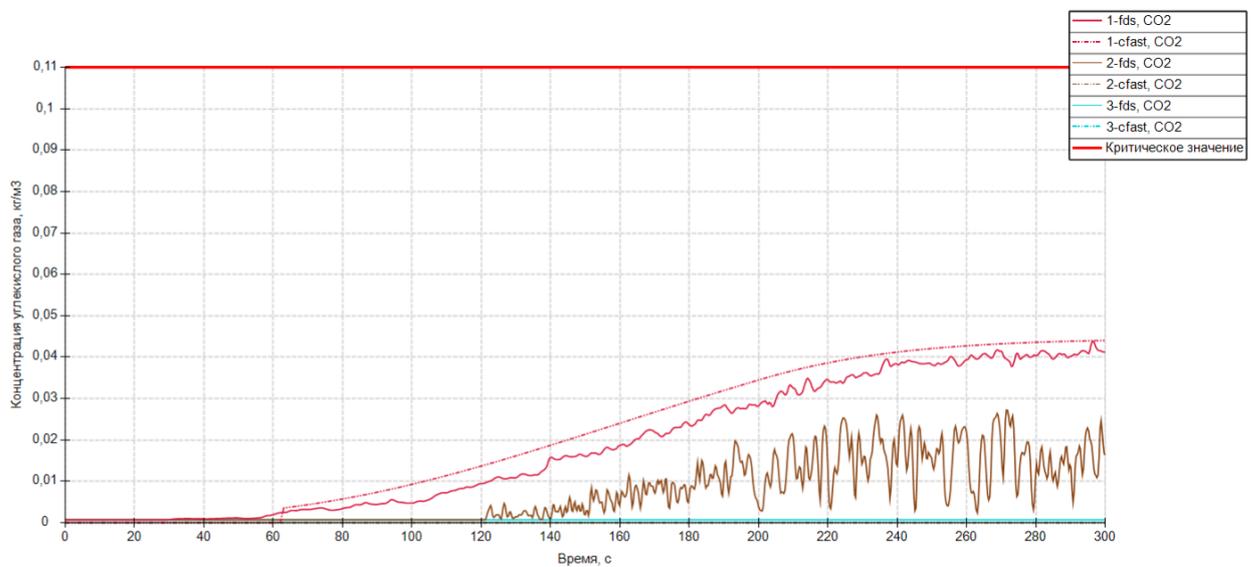
- дальность видимости



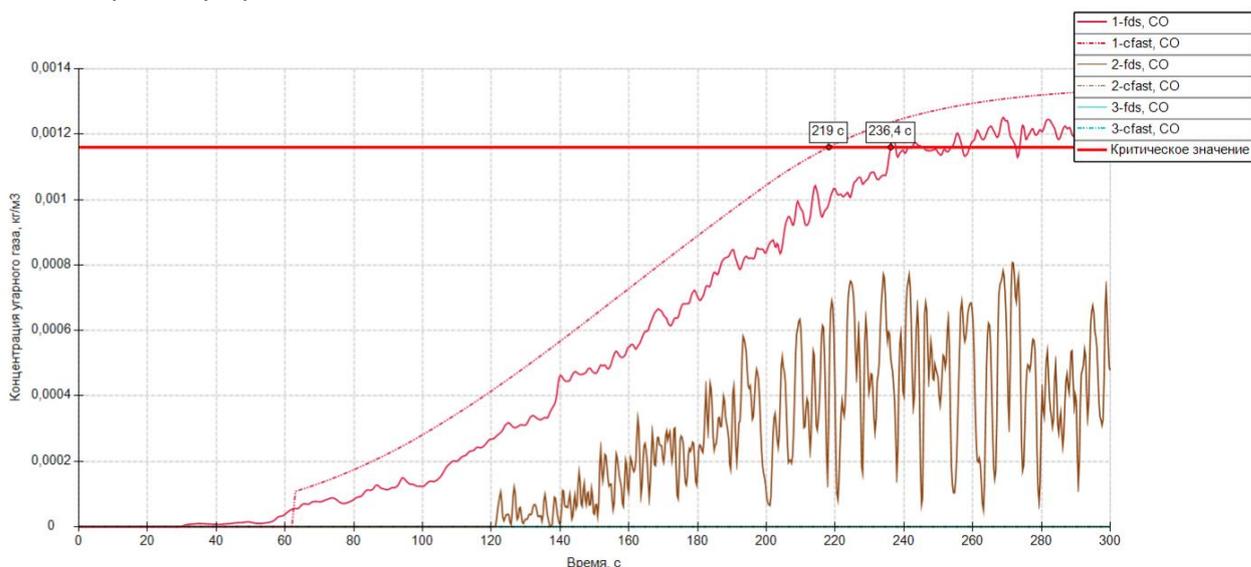
- концентрация кислорода



- концентрация углекислого газа



• концентрация угарного газа



Численное сравнение по блокированию по дальности видимости:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1	86,4	63,00	-27,1
2	145,2	>300	> 106,6
3	>300	>300	---

Таблица сравнения расчетов с дымоудалением и без в CFAST и FDS:

Точка сравнения	FDS		Увеличение времени, %	CFAST		Увеличение времени, %
	Без ДУ	С ДУ		Без ДУ	С ДУ	
1	90,98	86,4	-5,0	63,00	63,00	0,0
2	122,72	145,2	18,3	137,00	>300	> 119,0
3	170,71	>300	> 75,7	157,00	>300	> 91,1

Вывод. При наличии дымоудаления результаты расчета FDS и CFAST могут значительно отличаться из-за различного принципа расчета. В FDS возникает существенное перемешивание воздуха и дымовых газов, в результате чего коридор или часть коридора может блокироваться быстро, и дымоудаление оказывается неэффективным – не блокированной остается только точка 3 вдали от источника пожара. В зонной модели CFAST удаление продуктов горения выполняется из верхнего дымового слоя, за счет чего дымоудаление происходит эффективнее, и не задымленными остаются все точки в коридоре. Превышение времени блокирования при расчете в CFAST над временем FDS при наличии дымоудаления составляет более 100%.

Если сравнить, какое влияние на результаты расчета оказывает добавление дымоудаления, то видно, что при расчете в FDS в коридоре возле помещения пожара дымоудаление добавляет всего 20% времени, в CFAST – более 120%.

Расчет CFAST показывает, что параметры дымоудаления, рассчитанные согласно СП7 [9] обеспечивают безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Пример 2. Этаж здания с замкнутыми коридорами

Расчетные файлы

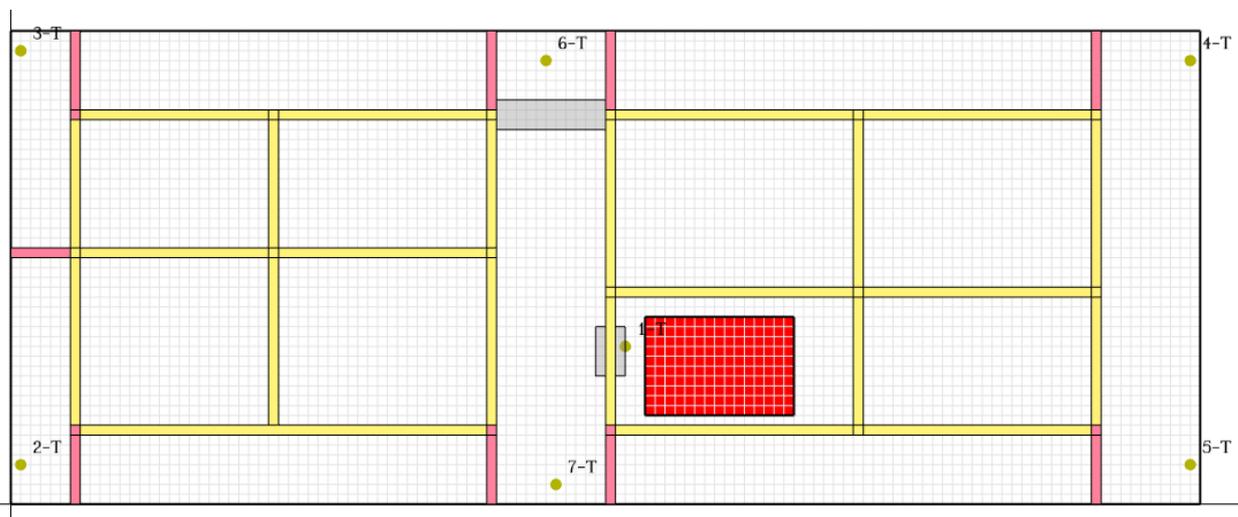
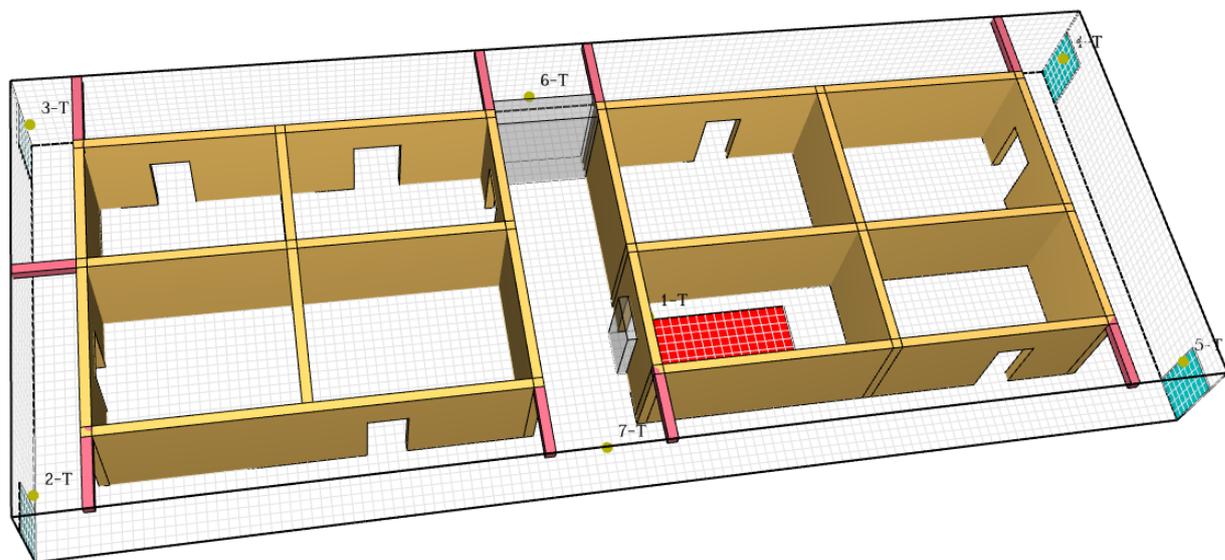
Расчетные файлы находятся в папке C:\Program Files\FIM\Examples\Пример_2

Название файла	Комментарии
ex2_int.fds	Исходный файл для расчетов FDS и IntModel (двери во все помещения открыты)
ex2.fds	Исходный файл для расчетов FDS и CFAST (двери закрыты во все помещения, кроме помещения пожара)
ex2_du.fds	Исходный файл для расчетов FDS и CFAST (с учетом работы системы дымоудаления)
ex2.rsk	Файл программы FireRisk для обработки результатов

Описание модели

Модель представляет собой один этаж здания с круговой коридорной планировкой. Пожар возникает в помещении возле одного из выходов. Расчетные точки расположены перед выходами и в помещении пожара. ПДЗ по видимости во всех точках принято 20 метров.

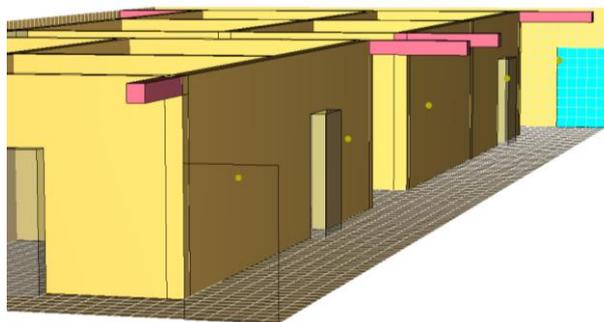
Вид модели и размещение расчетных точек:



Внесение изменений в файл FDS перед расчетом

Перед выполнением расчетов в IntModel и CFAST необходимо внести некоторые корректировки в модель:

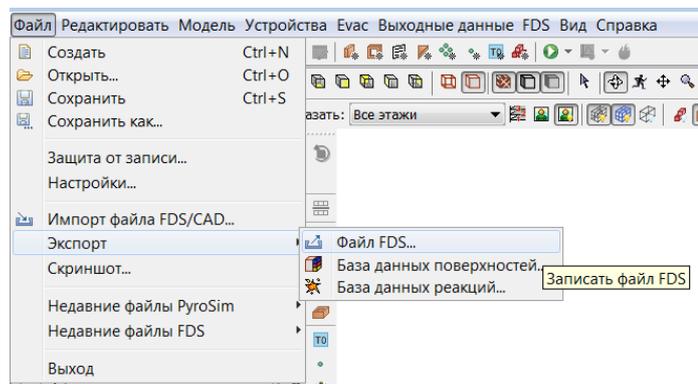
1. Круговой коридор невозможно описать одним замкнутым контуром, поэтому его необходимо разбить на части. Для этого под потолком коридора необходимо создать препятствие высотой в 1 ячейку сетки.
2. Для соответствия методике при работе с интегральной или зонной моделью необходимо разделить коридоры, длина которых превышает ширину/высоту более чем в 5 раз, на отдельные коридоры, соединенные вертикальными проемами. Для этого под потолком коридора необходимо создать препятствие высотой в 1 ячейку сетки.



Поскольку в IntModel и CFAST расчет не зависит от сетки, сетку можно сделать сколь угодно мелкой.

3. Перед выполнением расчета необходимо убедиться, что источник пожара задан правильно для той модели, которой будет выполняться расчет. Для расчета в CFAST проверьте, что изменение мощности горения выполняется через функцию/кусочно-линейную функцию в свойствах поверхности, а не через скорость распространения пламени. Для расчета в IntModel проверьте, что источник пожара задан вент.отверстием, а не препятствием.
4. Предварительные расчеты CFAST показывают, что для лучшего соответствия двух расчетов двери в другие помещения (за исключением помещения пожара) должны быть закрыты. То есть для CFAST рекомендуется включать в расчет только помещение пожара и пути эвакуации (блокировать или удалять двери в другие помещения). Для расчета в IntModel рекомендуется оставлять двери во все помещения. Расчеты FDS показывает, что наличие открытых/закрытых дверей в другие помещения на результаты существенного влияния не оказывает.

После внесения всех изменений необходимо сохранить файл FDS для расчета. При работе в PyroSim выполните команду «Экспорт» - «Файл FDS»:

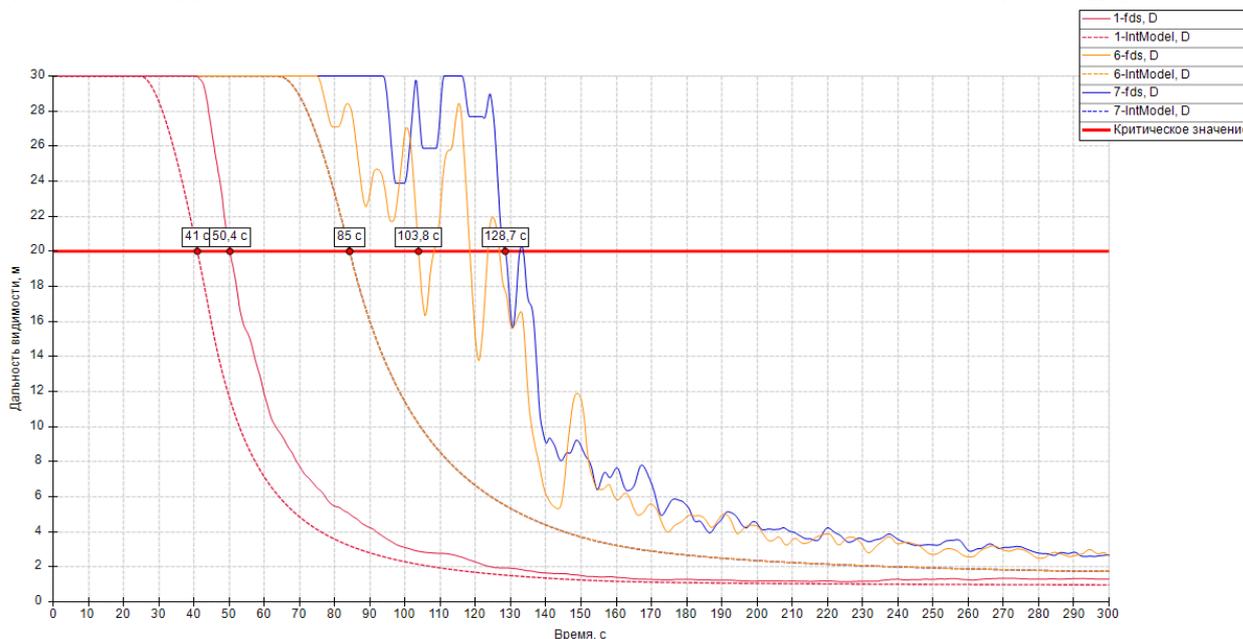


В программе FIM выберите путь к созданному файлу и выполните расчет в нужной модели.

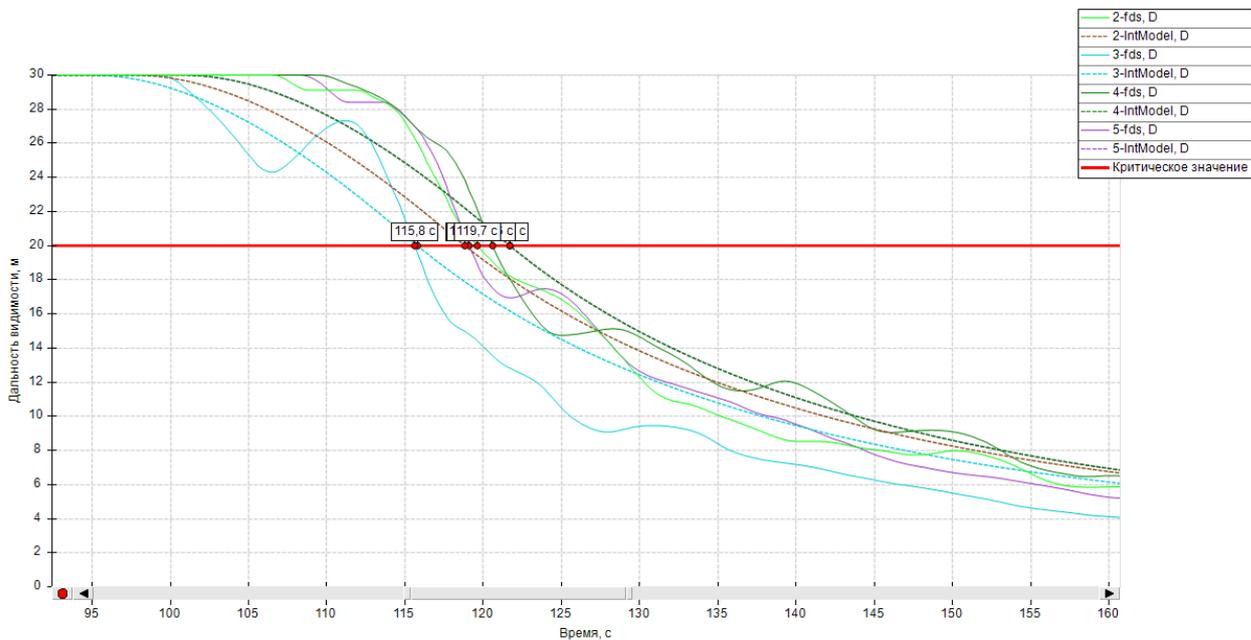
Обратите внимание, что в примерах на графиках отключено сглаживание, поэтому результаты FDS могут иметь много «выбросов». В реальных расчетах сглаживание обычно включается.

Результаты расчета в интегральной модели IntModel

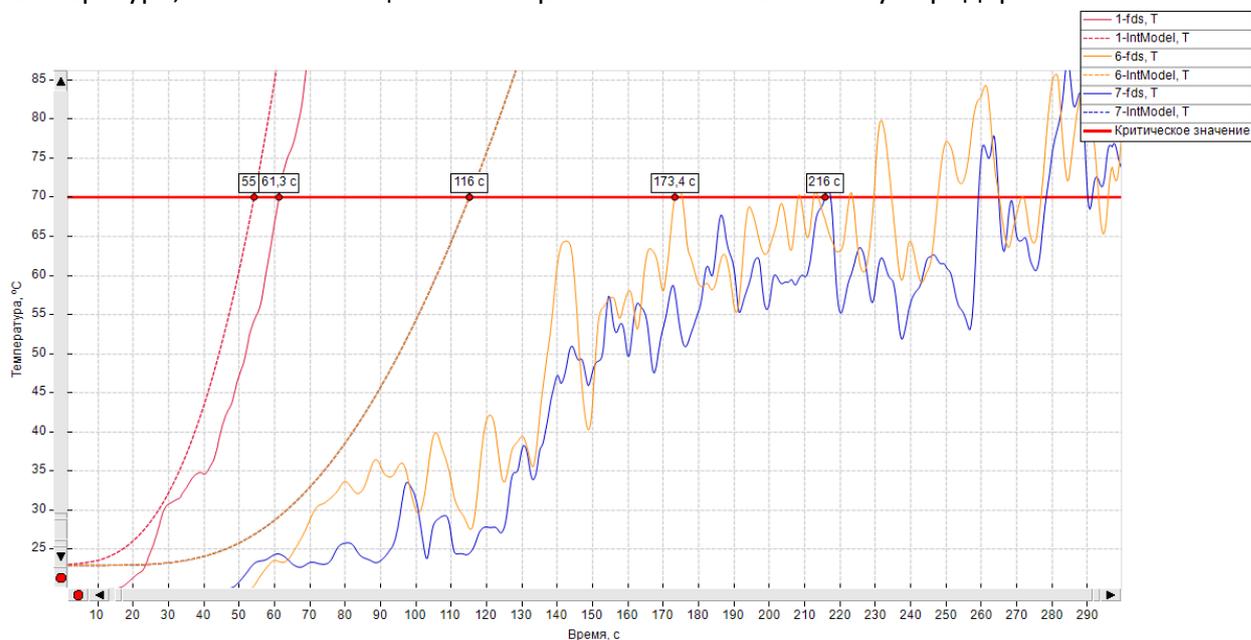
- дальность видимости, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



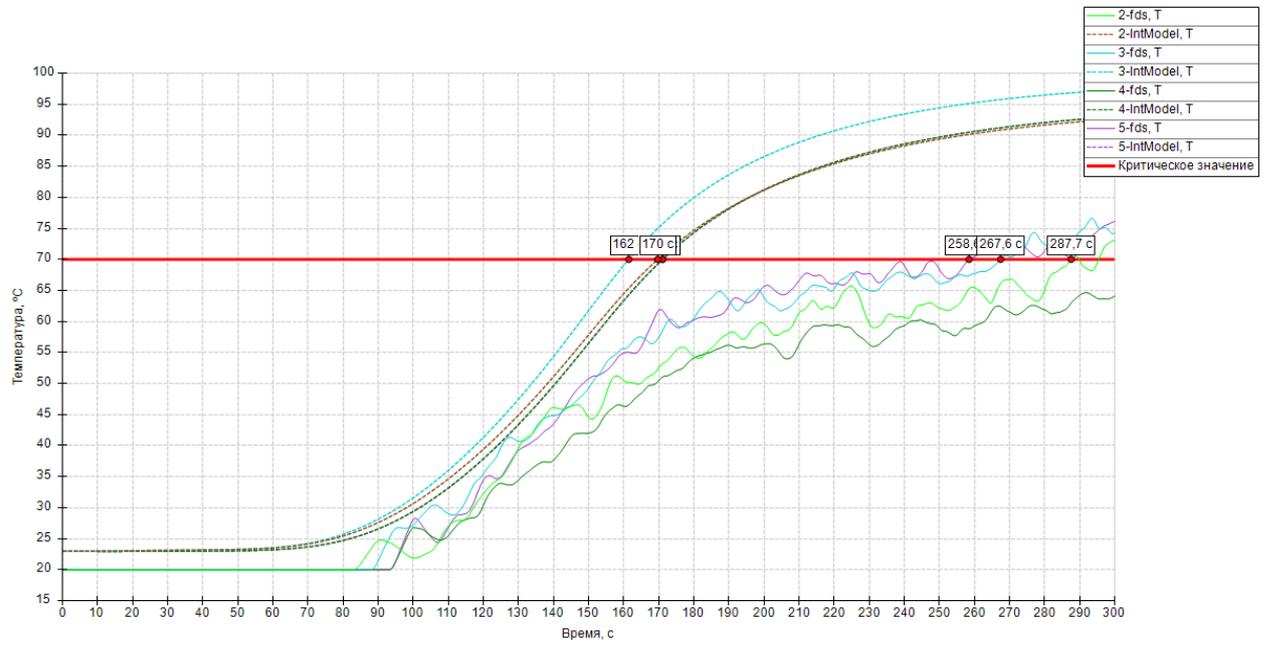
- дальность видимости, точки в «дальних» коридорах



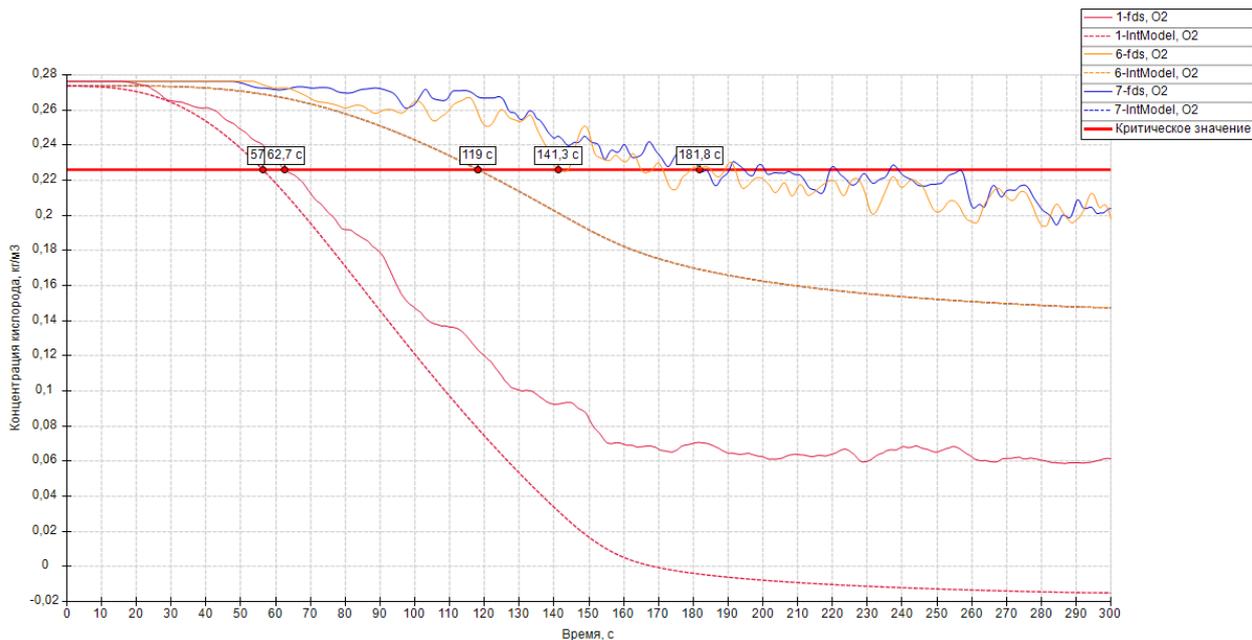
- температура, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



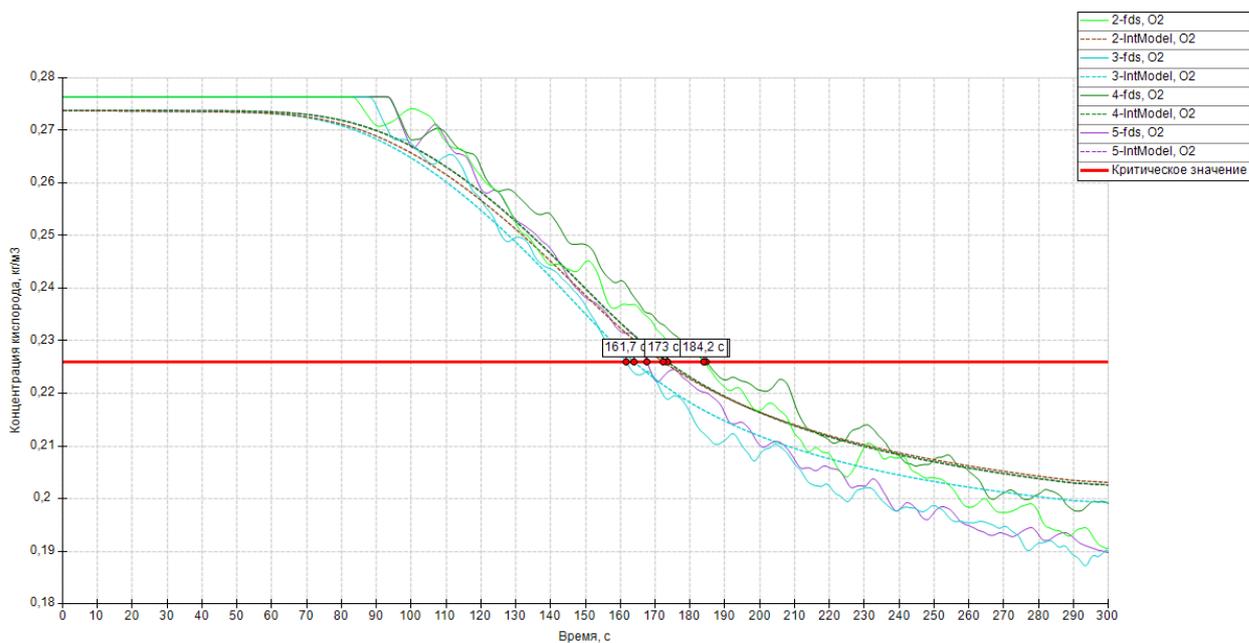
- температура, точки в «дальних» коридорах



- концентрация кислорода, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



- концентрация кислорода, точки в «дальних» коридорах



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

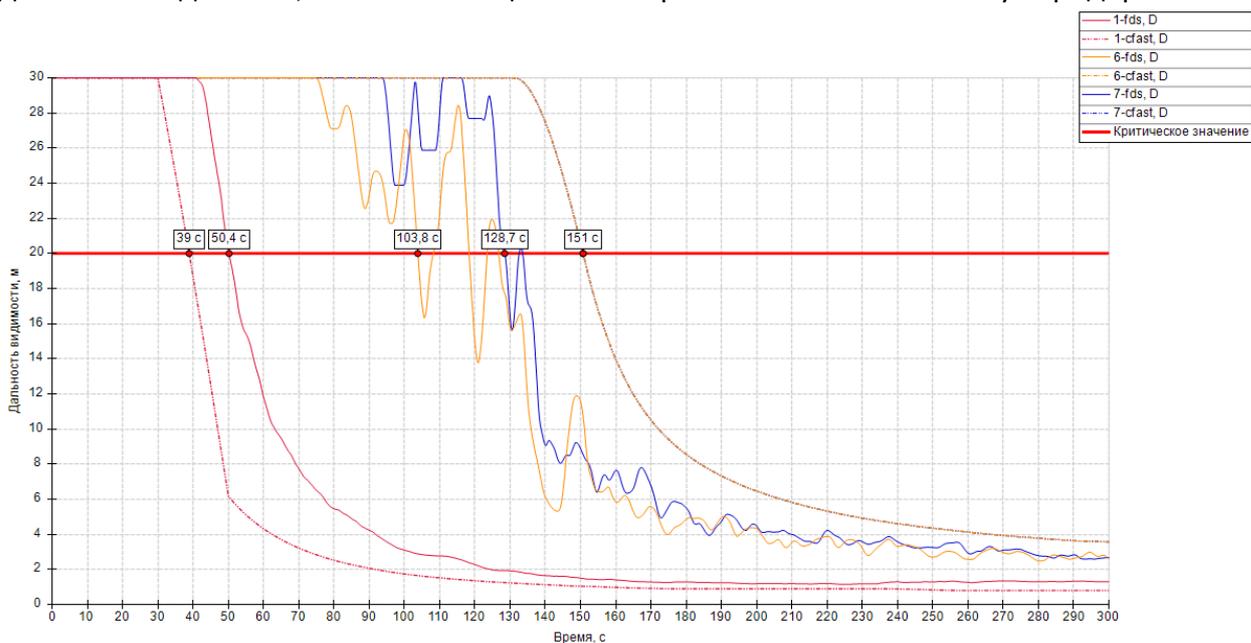
Точка сравнения	FDS	IntModel	Разница относительно FDS, %
1	50,42	41,00	-18,7
2	119,73	119,00	-0,6
3	115,84	116,00	0,1
4	120,64	122,00	1,1
5	119,10	122,00	-0,4
6	103,82	85,00	-18,1
7	128,71	85,00	-34,0

Вывод. Результаты моделирования FIM позволяют оценить динамику нарастания ОФП и достижение критических значений в первые 2-3 минуты пожара, что достаточно для предварительной оценки характера развития пожара. Расхождение результатов FIM и FDS увеличивается по мере увеличения продолжительности пожара.

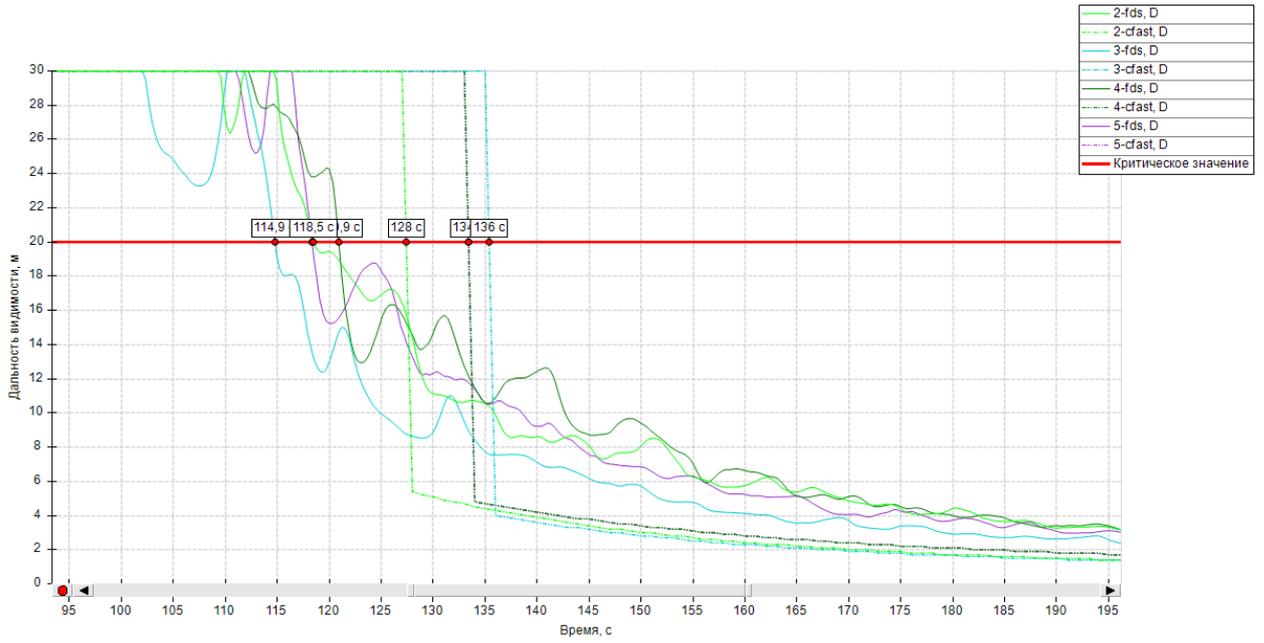
Превышение времени блокирования при расчете в FDS над временем IntModel составляет 20-35% в коридоре возле помещения пожара, где наблюдается сильное отличие концентрации ОФП в разных точках коридора. В остальных точках различия не превышают 2%.

Результаты расчета в зонной модели CFAST

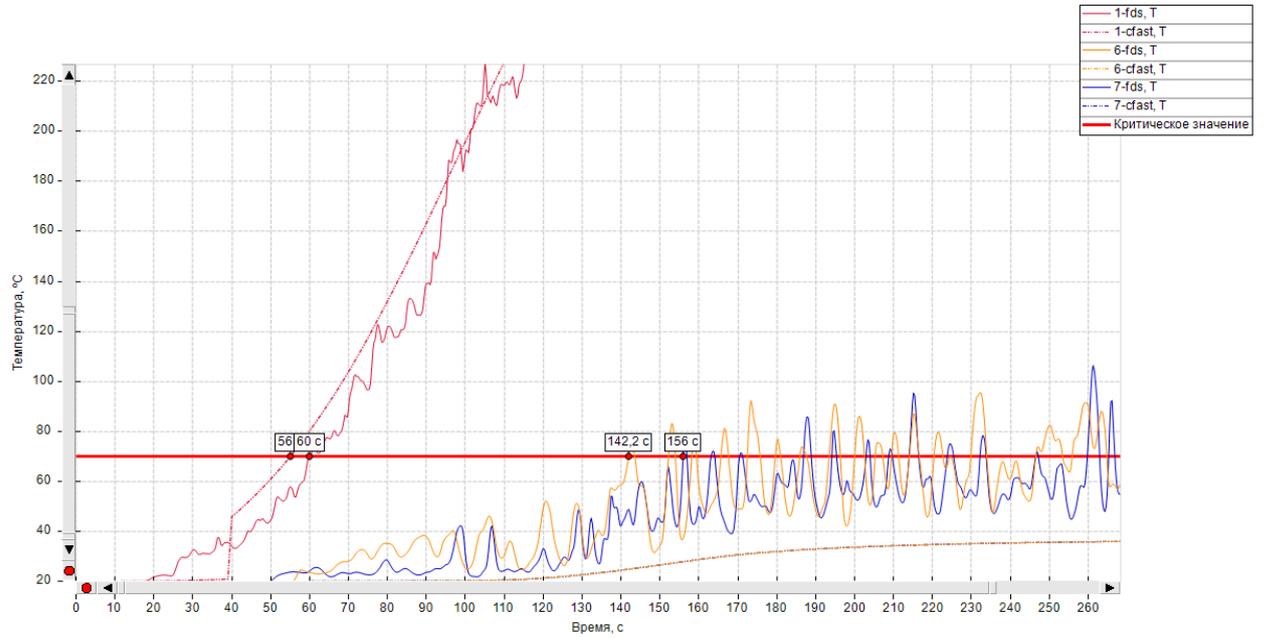
- дальность видимости, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



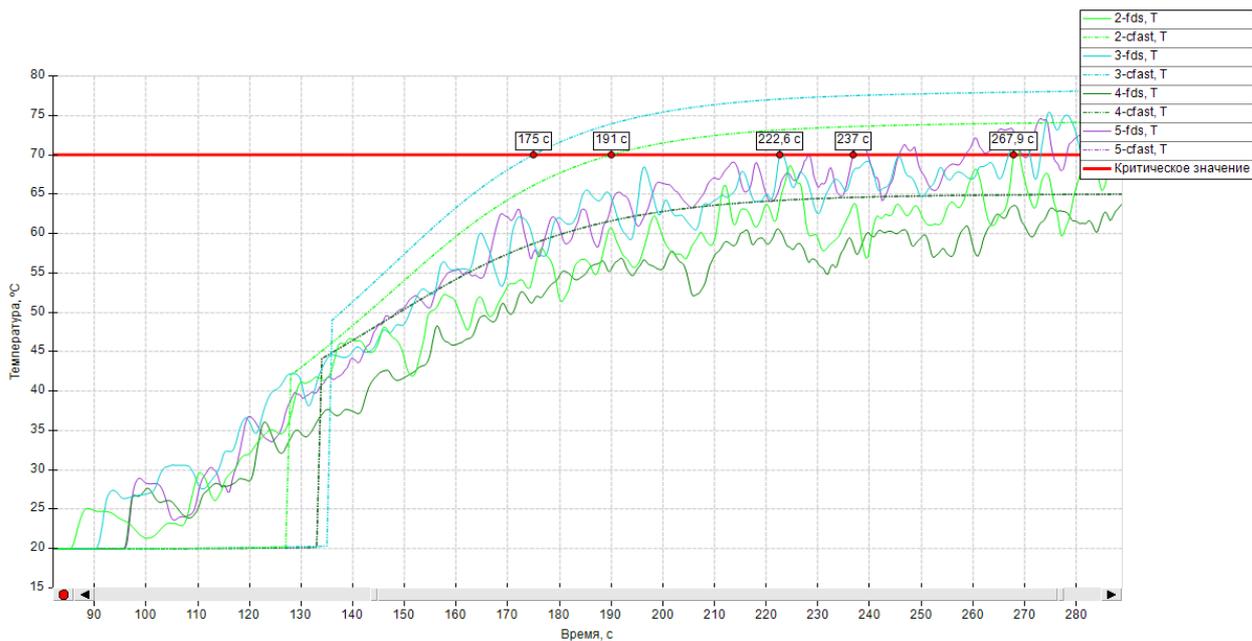
- дальность видимости, точки в «дальних» коридорах



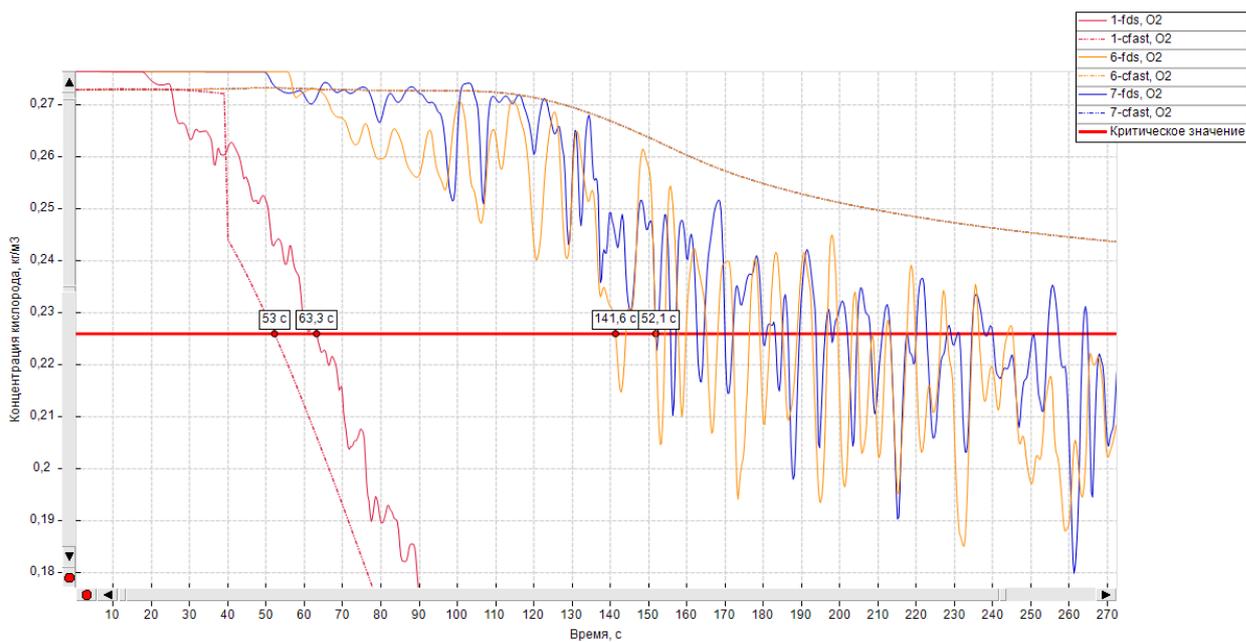
- температура, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



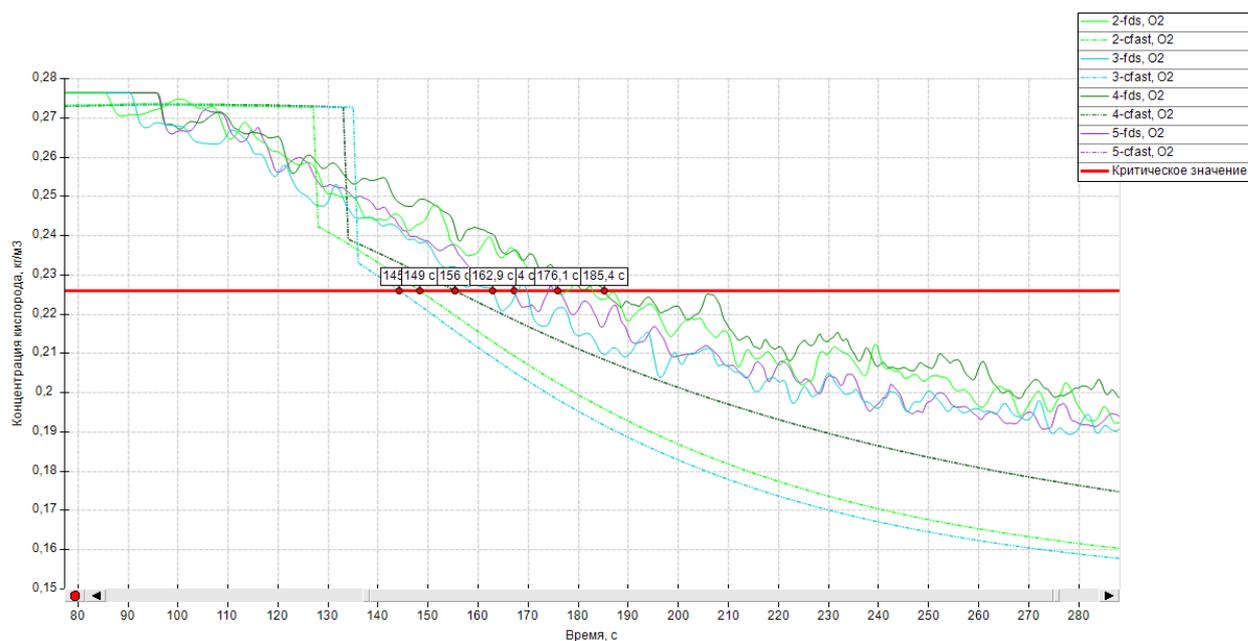
- температура, точки в «дальних» коридорах



- концентрация кислорода, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



- концентрация кислорода, точки в «дальних» коридорах



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1	50,42	39,00	-22,6
2	119,73	126,00	5,2
3	115,84	134,00	15,7
4	120,64	132,00	9,4
5	119,10	132,00	10,8
6	103,82	151,00	45,4
7	128,71	151,00	17,3

Вывод. Результаты моделирования CFAST позволяют оценить динамику нарастания ОФП и достижение критических значений в первые 2-3 минуты пожара, что достаточно для предварительной оценки характера развития пожара. Блокирование точек в коридорах вдали от помещения пожара происходит почти одновременно в FDS и CFAST. Существенное различие наблюдается в коридоре перед помещением пожара, что объясняется различием принципа расчета: в FDS происходит перемешивание воздуха и дымовых газов при выходе из помещения пожара, в CFAST движение воздуха равномерно, и благодаря высокой температуре газов в этом коридоре дымовой слой держится высоко долгое время.

Превышение времени блокирования при расчете в CFAST над временем FDS составляет 10-15% вдали от источника пожара, и до 45% в коридоре перед помещением пожара.

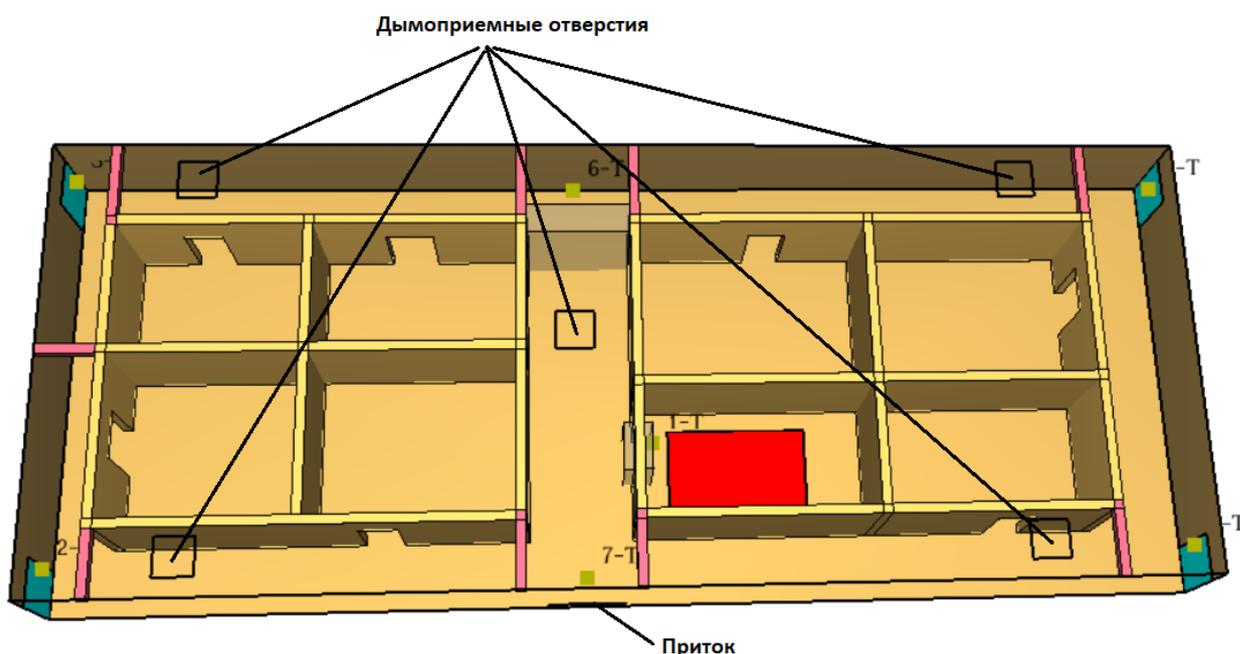
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления

Рассматривается та же модель, но с добавлением дымоудаления.

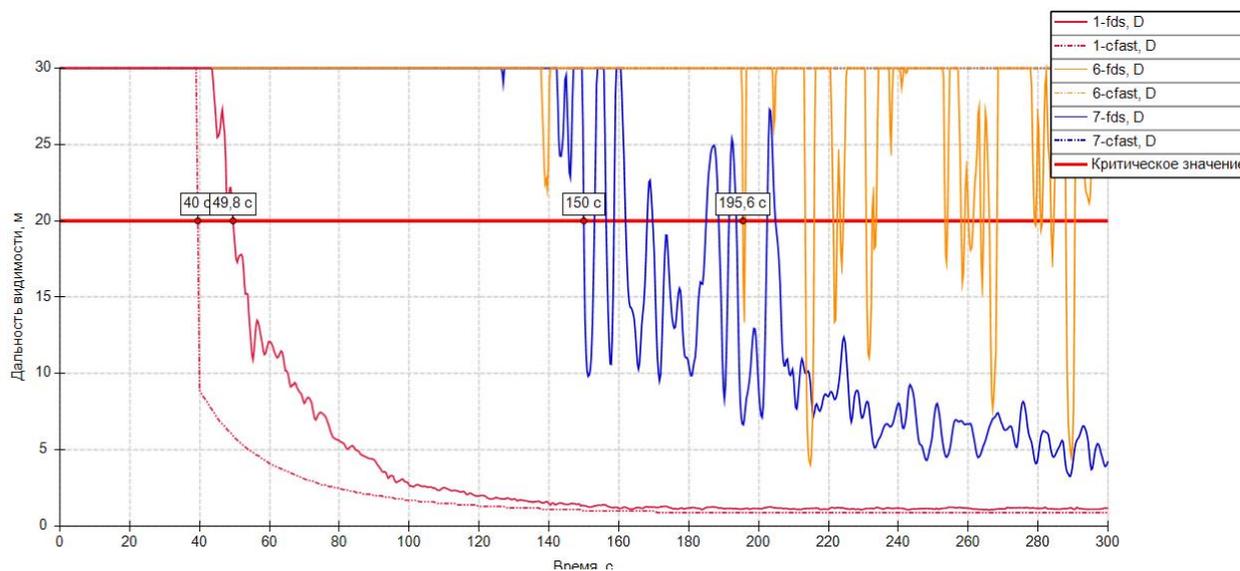
Расход дымоудаления рассчитан в соответствии с СП7.13130.2013 [9] и методическими рекомендациями ВНИИПО к СП7.13130.2013 [10].

Согласно формуле 17 рекомендаций [10] массовый расход из коридоров составляет 3,4 кг/с, что дает объемный расход 3,6 м³/с. Согласно п.7.8 СП7.13130.2013 [9] при кольцевой конфигурации коридора на одно дымоприемное отверстие должно приходиться не более 20 метров длины коридора. Длина коридора в модели составляет 84 метра, соответственно, в расчет принято пять дымоприемных отверстий с расходом 0,73 м³/с каждое.

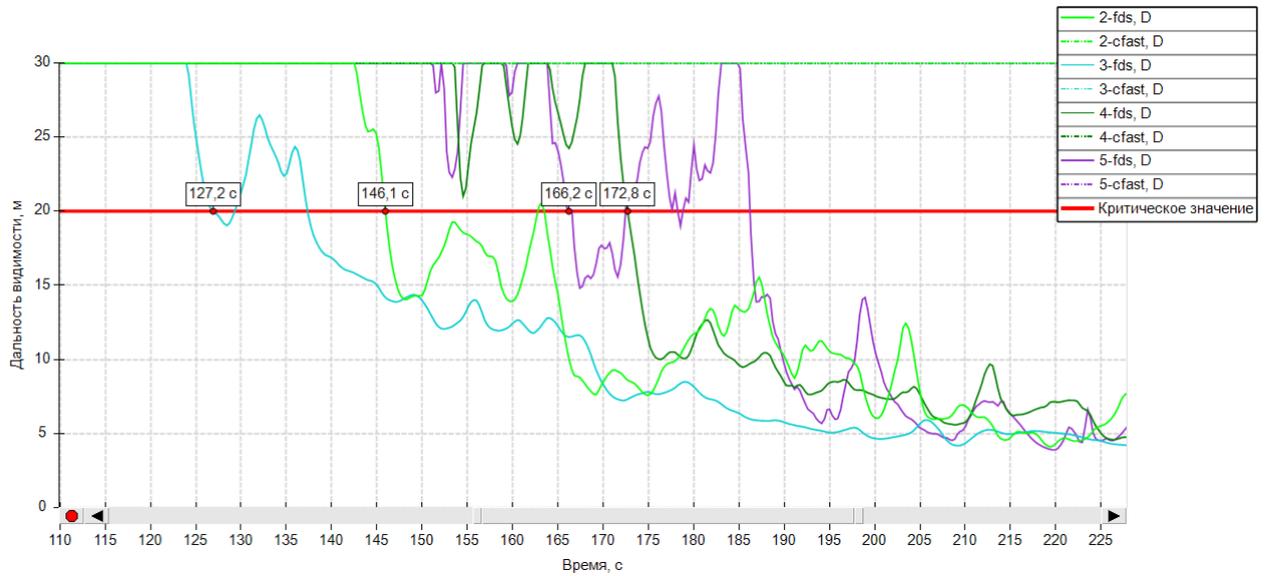
Поступление компенсирующего воздуха выполняется системой подпора воздуха с расходом 3 м³/с.



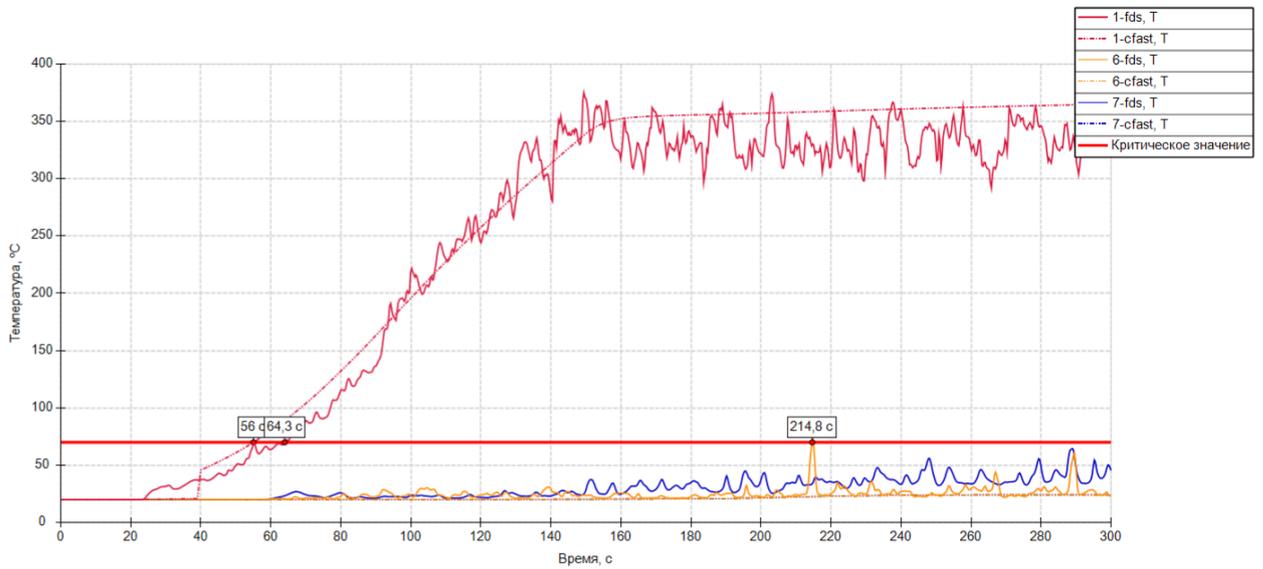
- дальность видимости, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



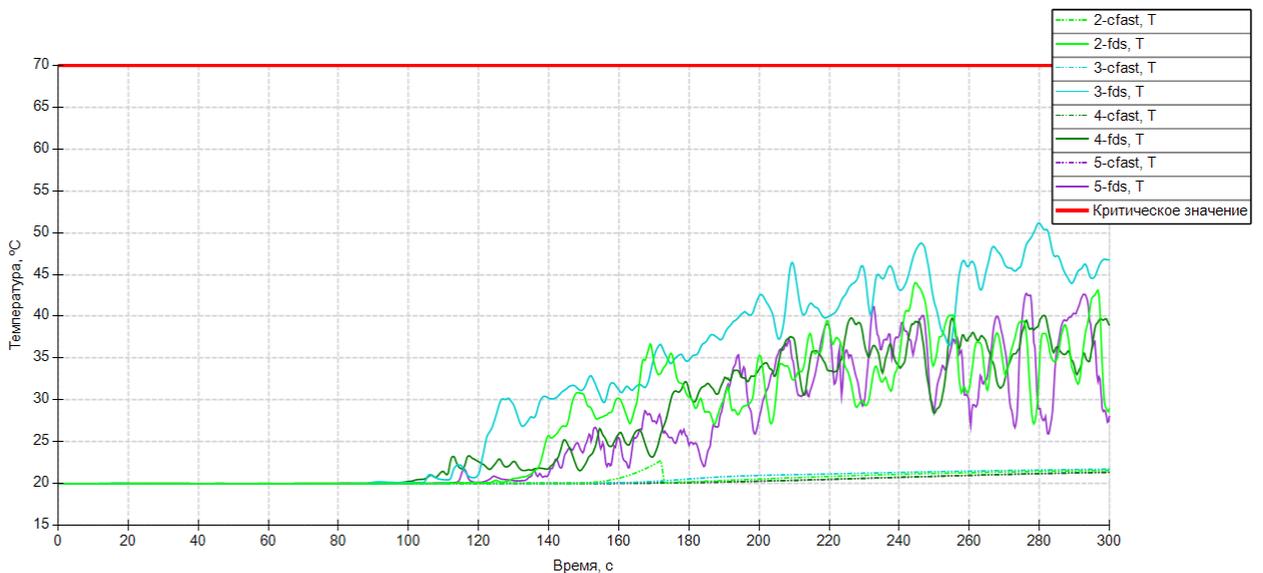
- дальность видимости, точки в «дальних» коридорах



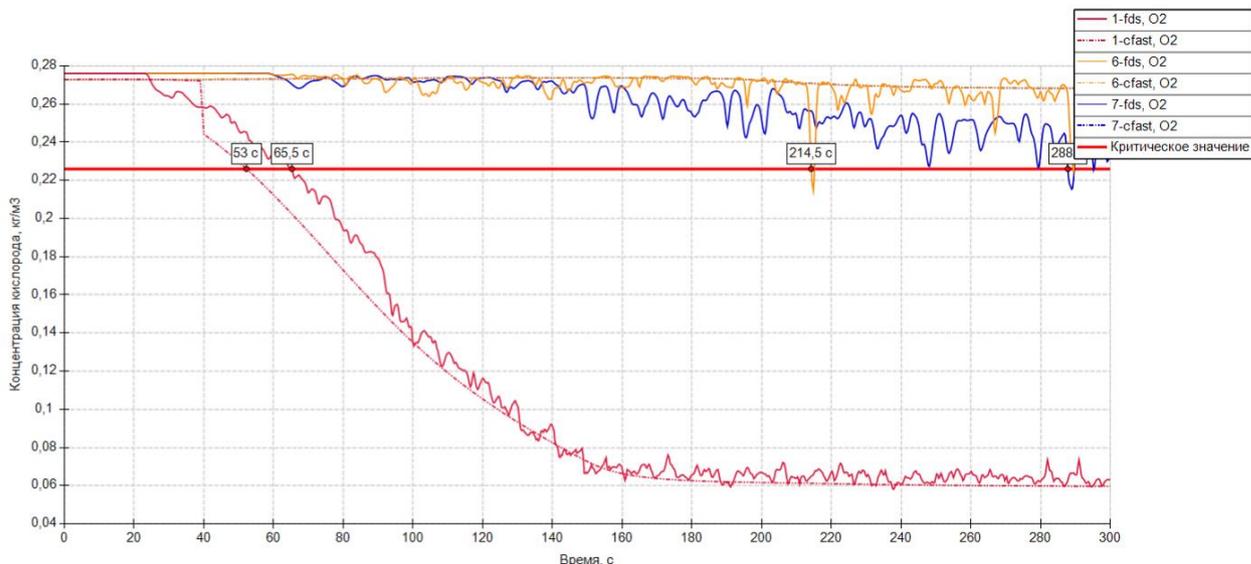
- температура, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



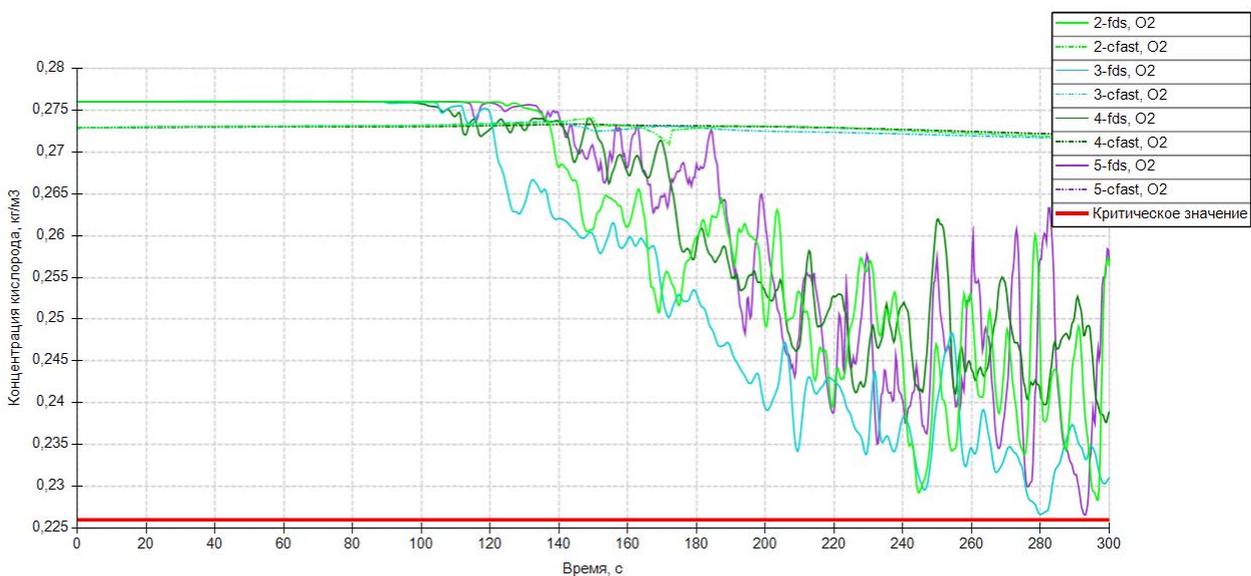
- температура, точки в «дальних» коридорах



- концентрация кислорода, точки в помещении пожара и в ближайшем к нему коридоре



- концентрация кислорода, точки в «дальних» коридорах



Численное сравнение по блокированию по дальности видимости:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1	49,80	40,00	-19,7
2	146,1	>300	> 105,3
3	138*	>300	> 117
4	172,8	>300	> 73,6
5	185*	>300	> 62
6	195,6	>300	> 53,4
7	160*	>300	> 87

*для точек не учитывалось кратковременное снижение дальности видимости ниже 20 метров

Визуализация распространения ОФП по этажу при работе дымоудаления:

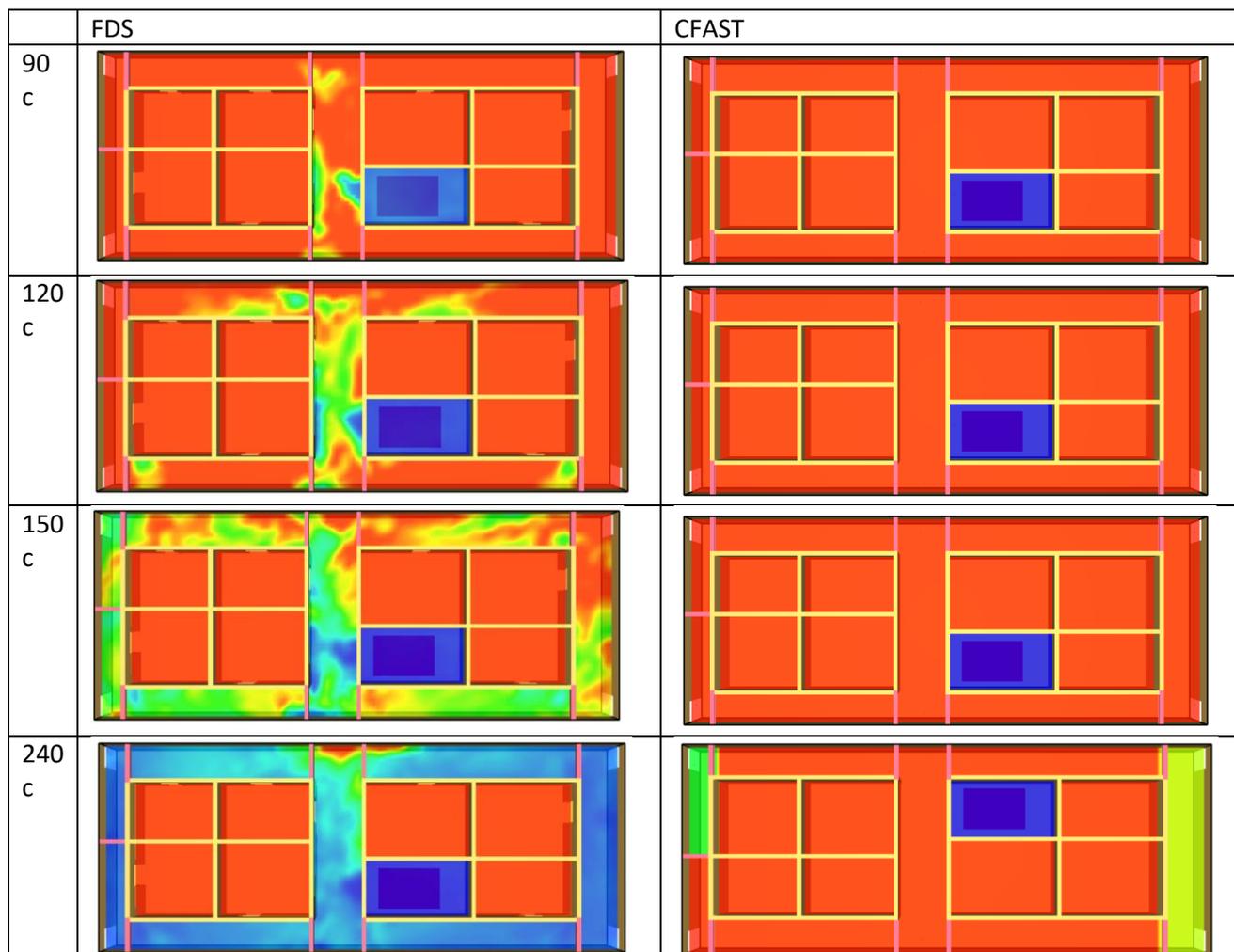


Таблица сравнения расчетов с дымоудалением и без в CFAST и FDS:

Точка сравнения	FDS		Увеличение времени, %	CFAST		Увеличение времени, %
	Без ДУ	С ДУ		Без ДУ	С ДУ	
1	50,42	49,80	-1,2	39,00	40,00	2,6
2	119,73	146,1	22,0	126,00	>300	> 138,1
3	115,84	138	19,1	134,00	>300	> 123,9
4	120,64	172,8	43,2	132,00	>300	> 127,3
5	119,10	185	55,3	132,00	>300	> 127,3
6	103,82	195,6	88,4	151,00	>300	> 98,7
7	128,71	160	24,3	151,00	>300	> 98,7

Вывод. При наличии дымоудаления результаты расчета FDS и CFAST могут значительно отличаться из-за различного принципа расчета. В FDS возникает существенное перемешивание воздуха и дымовых газов, в результате чего коридор или часть коридора может блокироваться достаточно быстро. В зонной модели CFAST удаление продуктов горения выполняется из верхнего дымового слоя, за счет чего дымоудаление происходит эффективнее, и не задымленными остаются все точки в коридоре. Превышение времени блокирования при расчете в CFAST над временем FDS при наличии дымоудаления составляет более 50-100%.

Если сравнить, какое влияние на результаты расчета оказывает добавление дымоудаления, то из таблицы выше видно, что при расчете в FDS введение дымоудаления добавляет 20-50% к времени блокирования (88% в одной точке), в CFAST – более 100% во всех расчетных точках в коридорах.

Расчет CFAST показывает, что параметры дымоудаления, рассчитанные согласно СП7 [9] обеспечивают безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Пример 3. Двухэтажная часть здания

Расчетные файлы

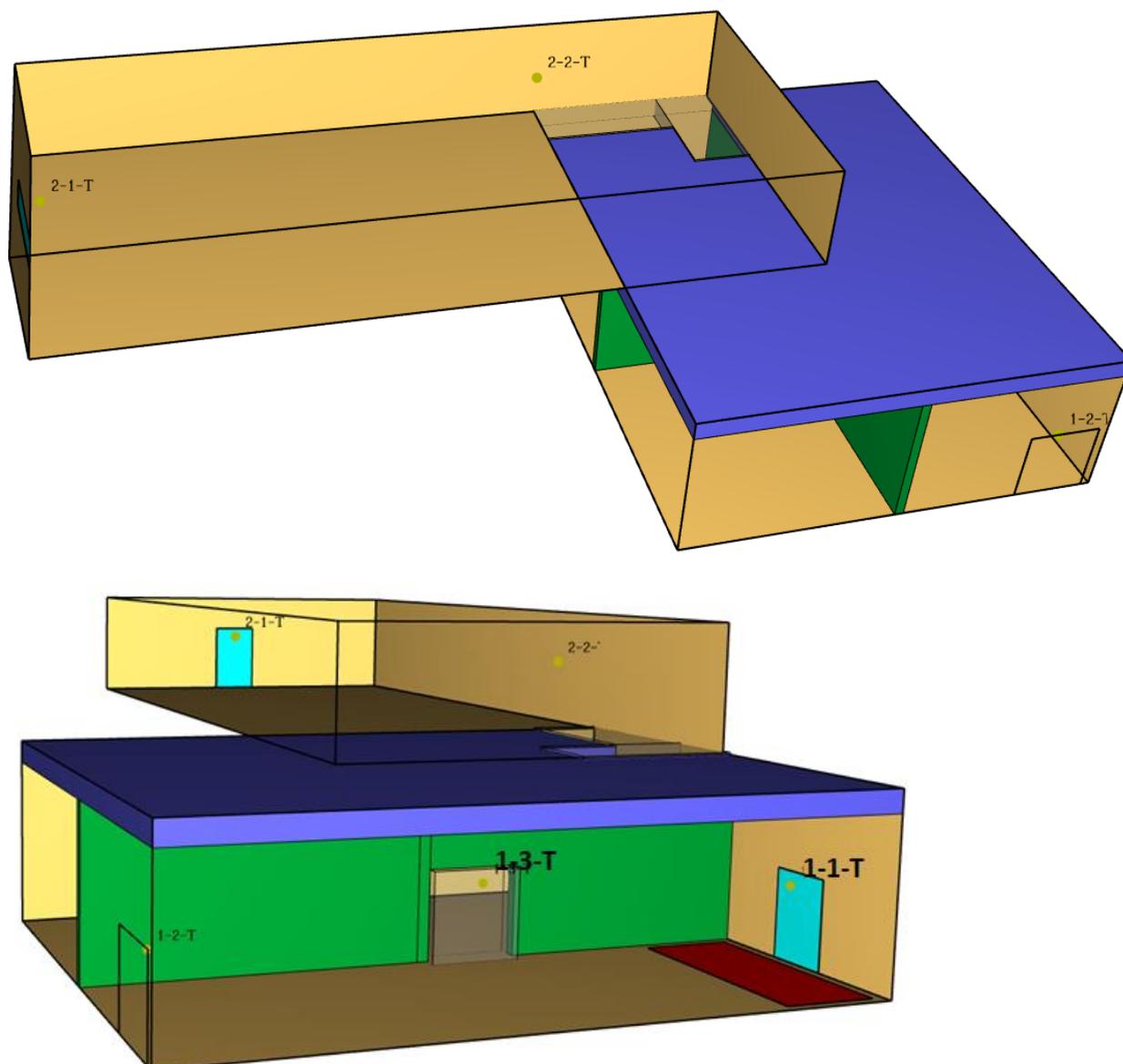
Расчетные файлы находятся в папке C:\Program Files\FIM\Examples\Пример_3

Название файла	Комментарии
ex3.fds	Исходный файл для расчетов FDS, IntModel и CFAST
ex3_du.fds	Исходный файл для расчетов FDS и CFAST (с учетом работы системы дымоудаления)
ex3.rsk	Файл программы FireRisk для обработки результатов

Описание модели

Двухэтажное здание, состоящее из двух зальных помещений. Соединение между этажами выполнено открытым проемом. Пожар возникает на первом этаже, через открытый проем ОФП распространяются на второй этаж. Расчетные точки расположены перед выходами и лестницами. ПДЗ по видимости во всех точках принято 20 метров.

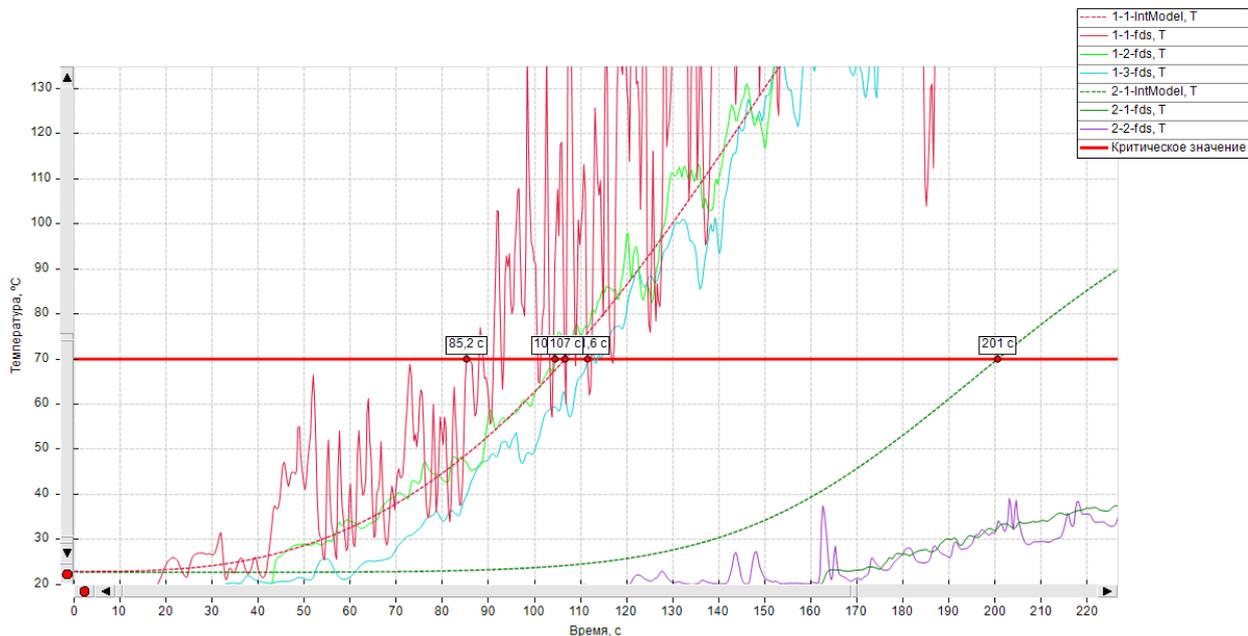
Вид модели и размещение расчетных точек:



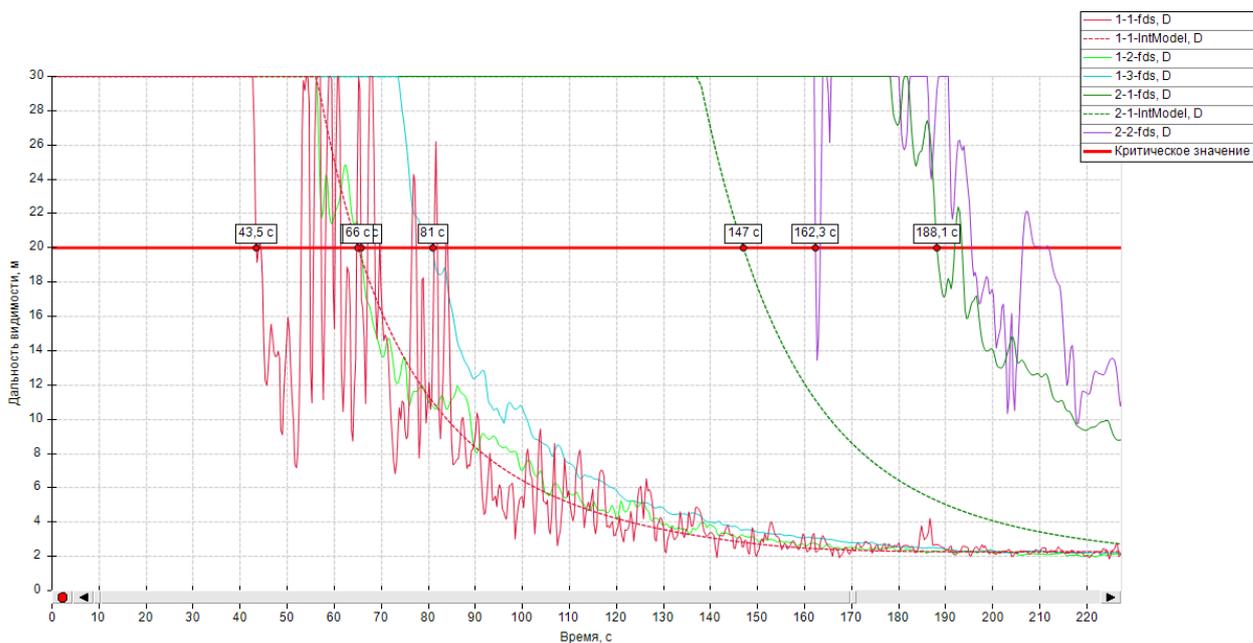
Результаты расчета в интегральной модели IntModel

Поскольку в IntModel значения точек, расположенных в одном помещении на одной высоте, одинаковы, то на графиках для наглядности приведено одно значение на 1 этаже и одно на 2 этаже.

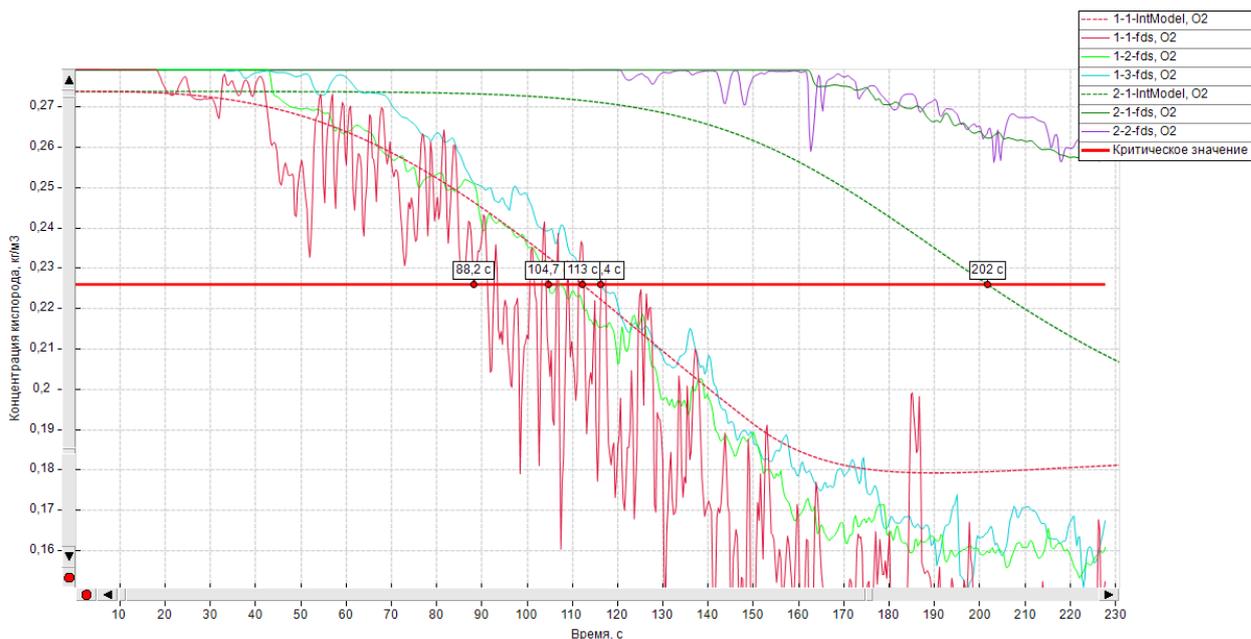
- температура



- дальность видимости



- концентрация кислорода



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	IntModel	Разница относительно FDS, %
1-1	43,54	66,00	51,6
1-2	65,75	66,00	0,4
1-3	81,05	66,00	-18,6
2-1	188,10	147,00	-21,9
2-2	190	147,00	-22,6

*для точки 2-2-fds при определении времени блокирования не учитывается выброс в 162 секунды

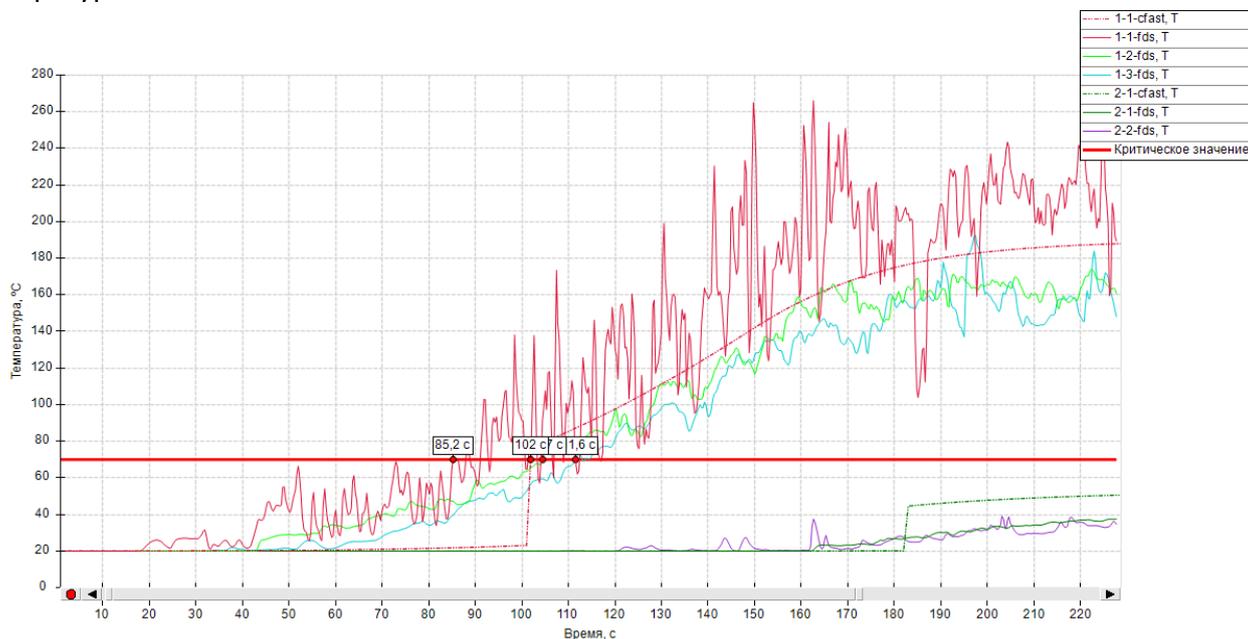
Вывод. Результаты моделирования IntModel достаточно точно совпадают с результатами FDS только для помещения очага пожара. По мере удаления от помещения очага пожара результаты совпадают хуже. В целом, отличия в динамике развития ОФП по двум моделям можно объяснить тем, что в интегральной модели завышена (по сравнению с FDS) интенсивность газообмена по вертикали между этажами. Интенсивный поток воздуха снизу вверх обуславливает более высокие значения ОФП в высокие в верхнем помещении.

Превышение времени блокирования при расчете в FDS над временем IntModel составляет примерно 20% на втором этаже, и существенно отличается в разных точках первого этажа.

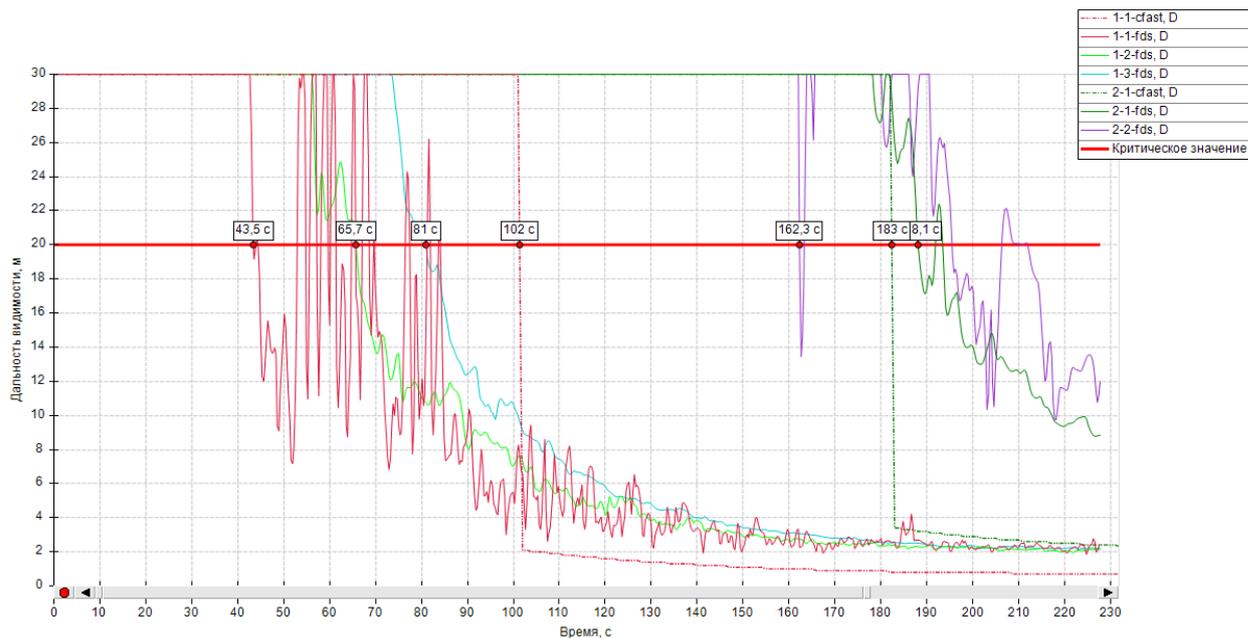
Результаты расчета в зонной модели CFAST

Поскольку в CFAST значения точек, расположенных в одном помещении на одной высоте, одинаковы, то на графиках для наглядности приведено одно значение на 1 этаже и одно на 2 этаже.

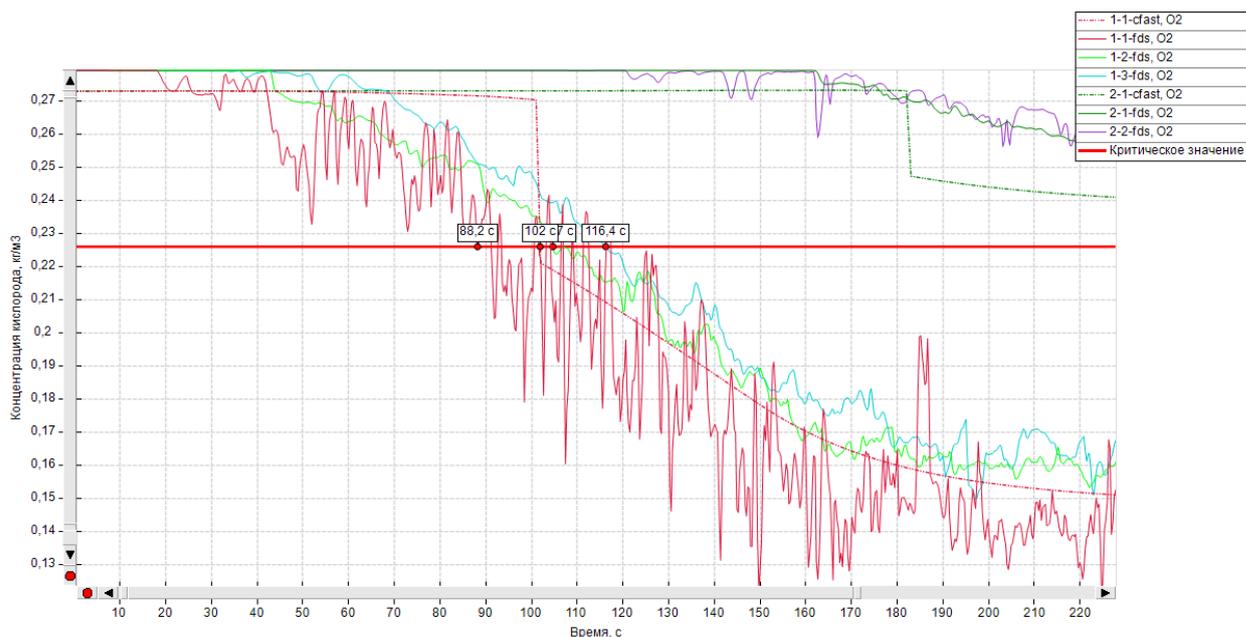
- температура



- дальность видимости



- концентрация кислорода



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1-1	43,54	102,00	134,3
1-2	65,75	102,00	55,1
1-3	81,05	102,00	25,8
2-1	188,10	183,00	-2,7
2-2	190	183,00	-3,7

*для точки 2-2-fds при определении времени блокирования не учитывается выброс в 162 секунды

Вывод. Результаты моделирования CFAST не слишком хорошо совпадают с результатами FDS в помещении пожара – вероятно потому, что расчетные точки расположены возле стен, и в FDS дым быстрее опускается возле стен, тогда как в зонной модели CFAST опускание дымового слоя происходит одновременно во всех точках помещения. На втором этаже результаты расчета CFAST и FDS совпадают с очень хорошей точностью.

Превышение времени блокирования при расчете в FDS над временем CFAST не превышает 5% на втором этаже, и существенно отличается в разных точках первого этажа (25-135% превышения времени блокирования в CFAST над результатами FDS).

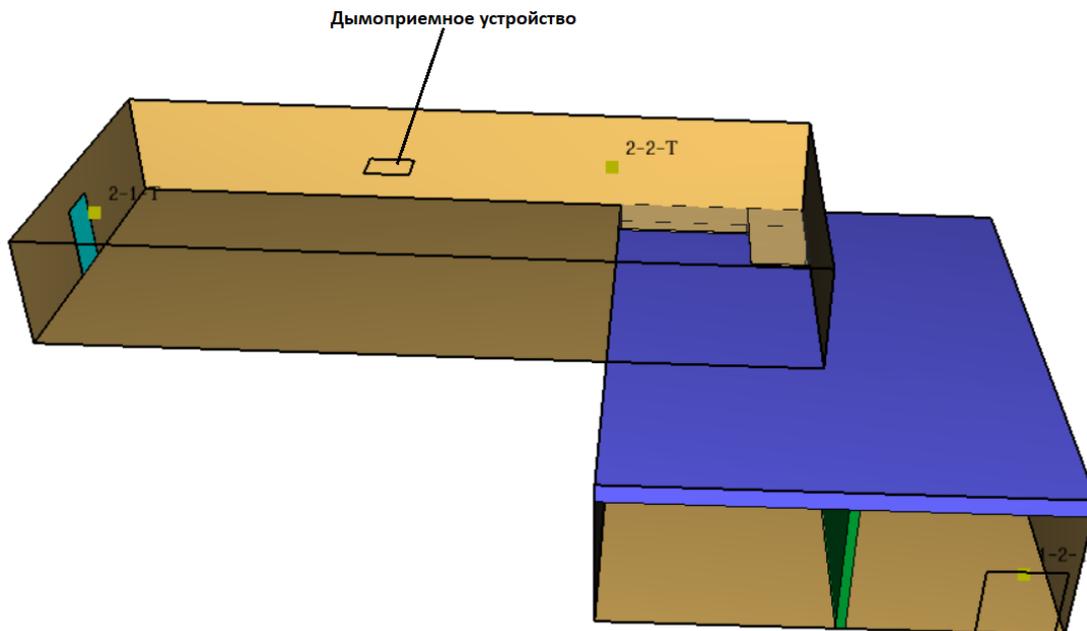
Результаты расчета в зонной модели CFAST при работе системы дымоудаления

Рассматривается та же модель, но с добавлением дымоудаления.

Расход дымоудаления рассчитан в соответствии с СП7.13130.2013 [9] и методическими рекомендациями ВНИИПО к СП7.13130.2013 [10].

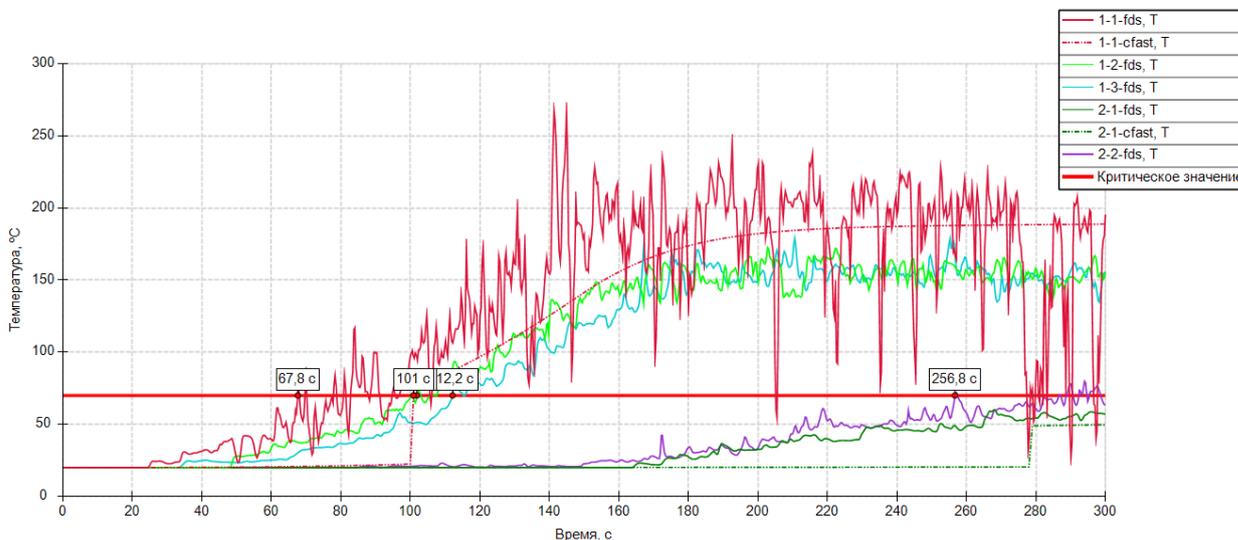
Согласно формуле 7 для зальных помещений [10] массовый расход из коридоров составляет 4,2 кг/с, что дает объемный расход 5,16 м³/с. Согласно п.7.9 СП7.13130.2013 [9], площадь помещения, приходящаяся на одно дымоприемное устройство, должна составлять не более 1000 м². Площадь помещения составляет 200 м², поэтому в расчет принято одно дымоприемное отверстие.

Поступление замещающего воздуха предусматривается через автоматически открывающиеся дверные проемы.

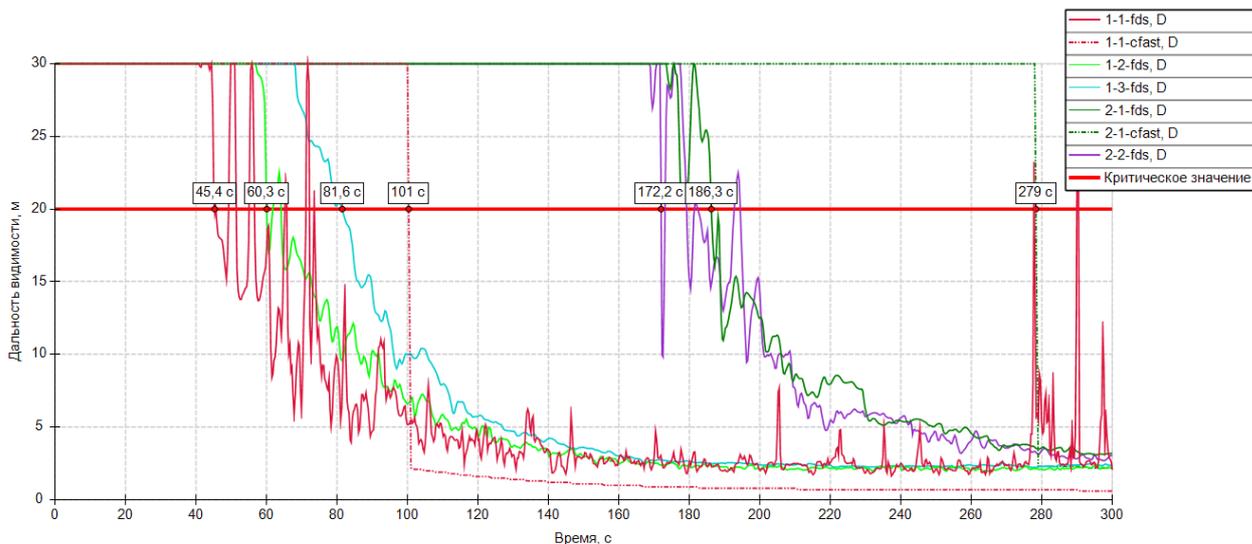


Поскольку в CFAST значения точек, расположенных в одном помещении на одной высоте, одинаковы, то на графиках для наглядности приведено одно значение на 1 этаже и одно на 2 этаже.

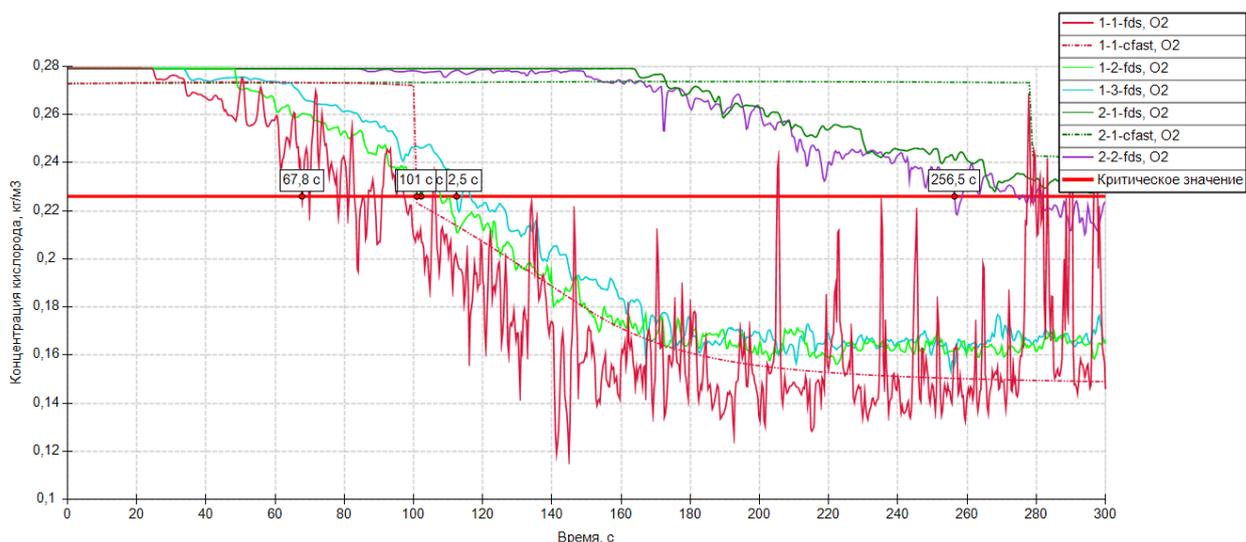
- температура



• дальность видимости



• концентрация кислорода



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
1-1	45,4	101	122,5
1-2	60,3	101	67,5
1-3	81,6	101	23,8
2-1	186,3	279	49,8
2-2	172,3	279	61,9

Таблица сравнения расчетов с дымоудалением и без в CFAST и FDS:

Точка сравнения	FDS		Увеличение времени, %	CFAST		Увеличение времени, %
	Без ДУ	С ДУ		Без ДУ	С ДУ	
1-1	43,54	45,4	4,3	102,00	101	-1,0
1-2	65,75	60,3	-8,3	102,00	101	-1,0
1-3	81,05	81,6	0,7	102,00	101	-1,0
2-1	188,10	186,3	-1,0	183,00	279	52,5
2-2	190	172,3	-9,3	183,00	279	52,5

Вывод. При наличии дымоудаления результаты расчета FDS и CFAST могут значительно отличаться из-за различного принципа расчета. В FDS возникает существенное перемешивание воздуха и дымовых газов, в результате чего коридор или часть коридора может блокироваться достаточно быстро. В зонной модели CFAST удаление продуктов горения выполняется из верхнего дымового слоя, за счет чего дымоудаление происходит эффективнее. Превышение времени блокирования при расчете в CFAST над временем FDS при наличии дымоудаления составляет более 50-60% на втором этаже.

Если сравнить, какое влияние на результаты расчета оказывает добавление дымоудаления, то из таблицы выше видно, что при расчете в FDS введение дымоудаления практически не влияет на время блокирования (и даже может его уменьшать), в CFAST – увеличивает время блокирования на 50% на втором этаже.

Увеличение расхода дымоудаления на 10% (до 5,6 м³/с) приводит к отсутствию блокирования путей эвакуации при расчете в CFAST в течение расчетного времени (300 секунд).

Пример 4. Многоэтажное здание с распространением ОФП по лестничной клетке

Расчетные файлы

Расчетные файлы находятся в папке C:\Program Files\FIM\Examples\Пример_4

Название файла	Комментарии
ex4-1.fds	Исходный файл для расчетов FDS, IntModel и CFAST (лестница – одно помещение)
ex4-2.fds	Исходный файл для расчетов FDS, IntModel и CFAST (лестница – несколько помещений)
ex4.rsk	Файл программы FireRisk для обработки результатов

Описание модели

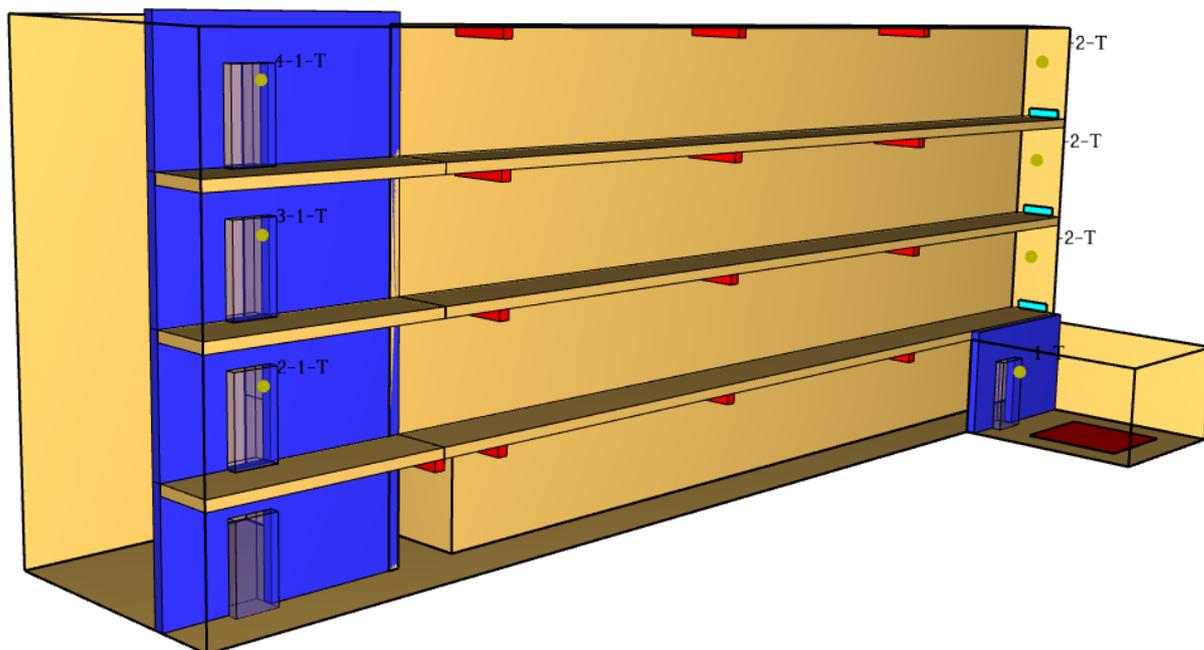
Четырехэтажное здание, коридорная планировка. Соединение между этажами выполнено через лестницу, двери в которую открыты на всех этажах. Пожар возникает на первом этаже в помещении возле одного из выходов. Расчетные точки на 1 этаже расположены в помещении пожара и перед выходами, на 2-4 этажах – в двух противоположных концах коридора. ПДЗ по видимости во всех точках принято 20 метров.

При построении модели необходимо обратить внимание на следующее правило преобразования помещений в программе FIM: если в лестнице будут заданы перекрытия с отверстиями в них, то FIM при преобразовании модели в IntModel и CFAST разобьет лестницу на отдельные помещения, связанные между собой проемами. Если лестница будет задана одним объемом, без перекрытий, то в IntModel и CFAST она будет преобразована единым помещением.

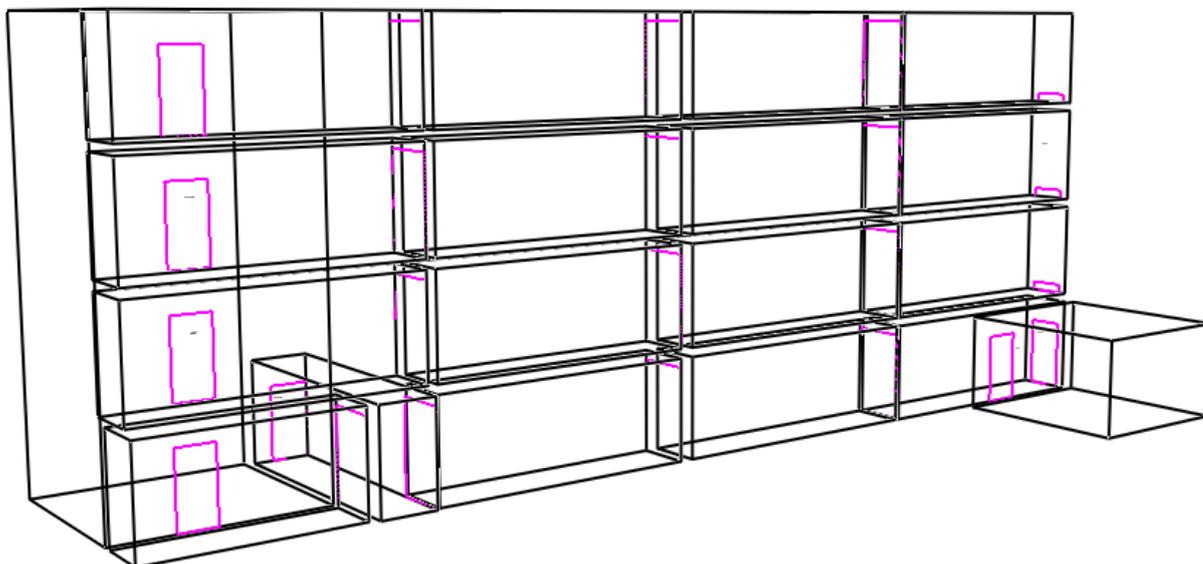
Далее рассмотрено два варианта моделирования лестницы.

Вариант 1. Лестница – одно помещение

В лестнице отсутствуют перекрытия и другие объекты. В IntModel и CFAST лестница преобразуется в единое помещение.



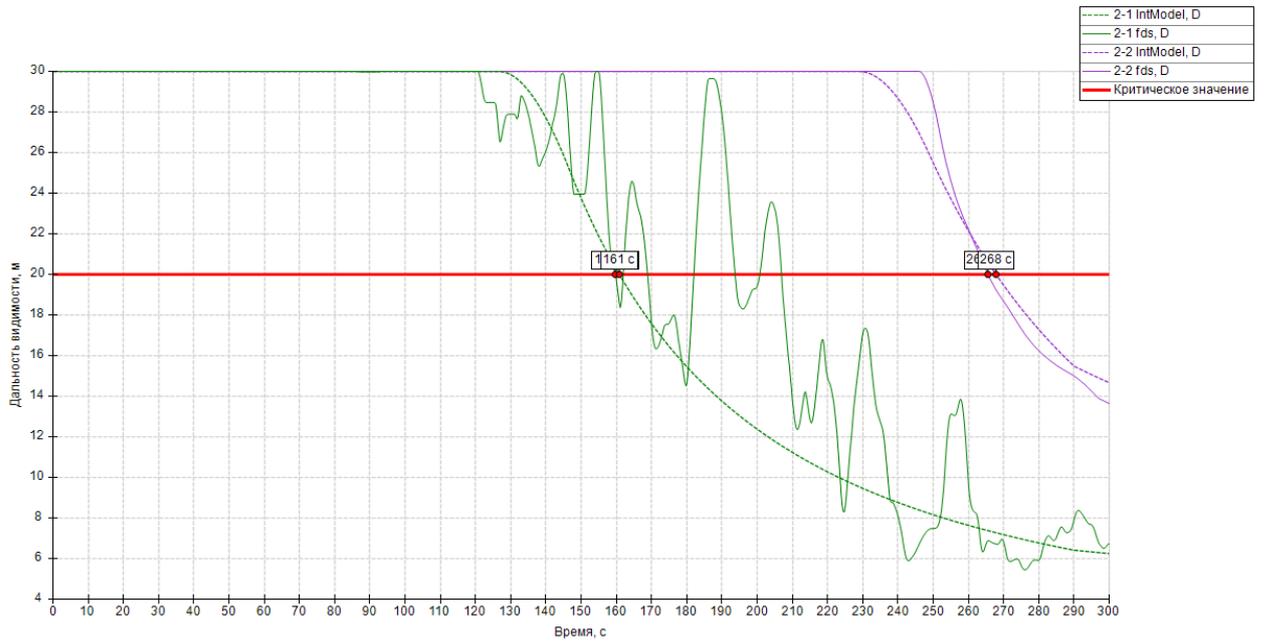
Вид преобразованной модели в CFAST:



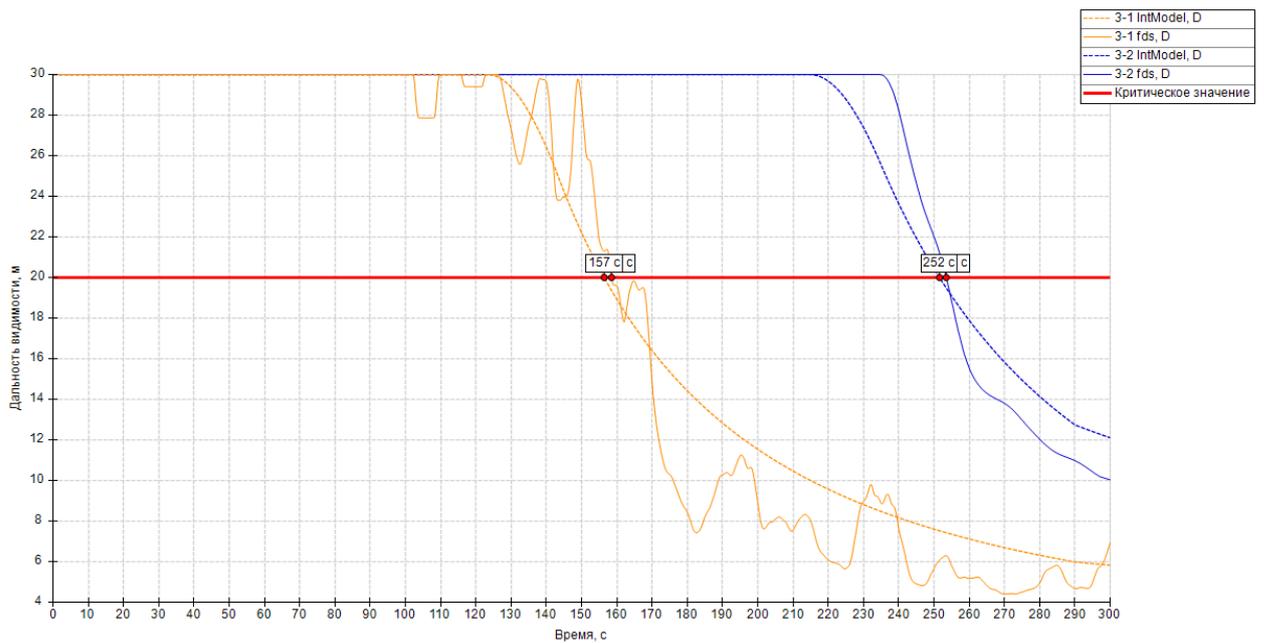
Вариант 1. Результаты расчета в интегральной модели IntModel

Сравнение величин на этаже пожара выполнено в первом примере, поэтому в данном примере не рассматривается.

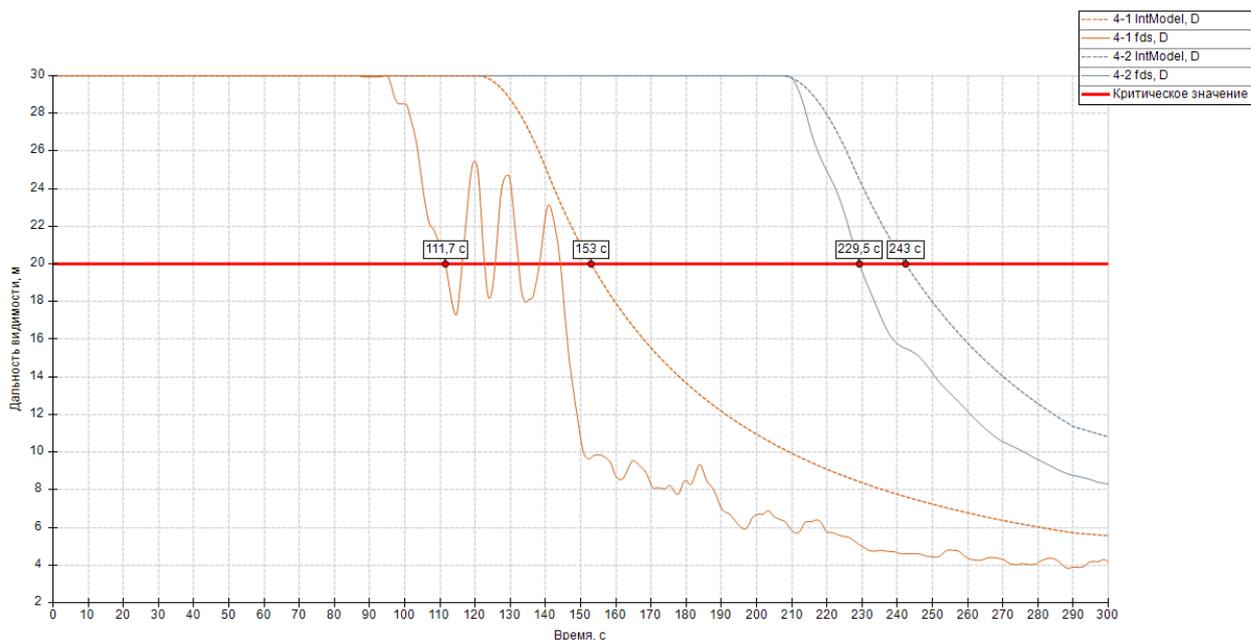
- дальность видимости на 2 этаже



- дальность видимости на 3 этаже



- дальность видимости на 4 этаже



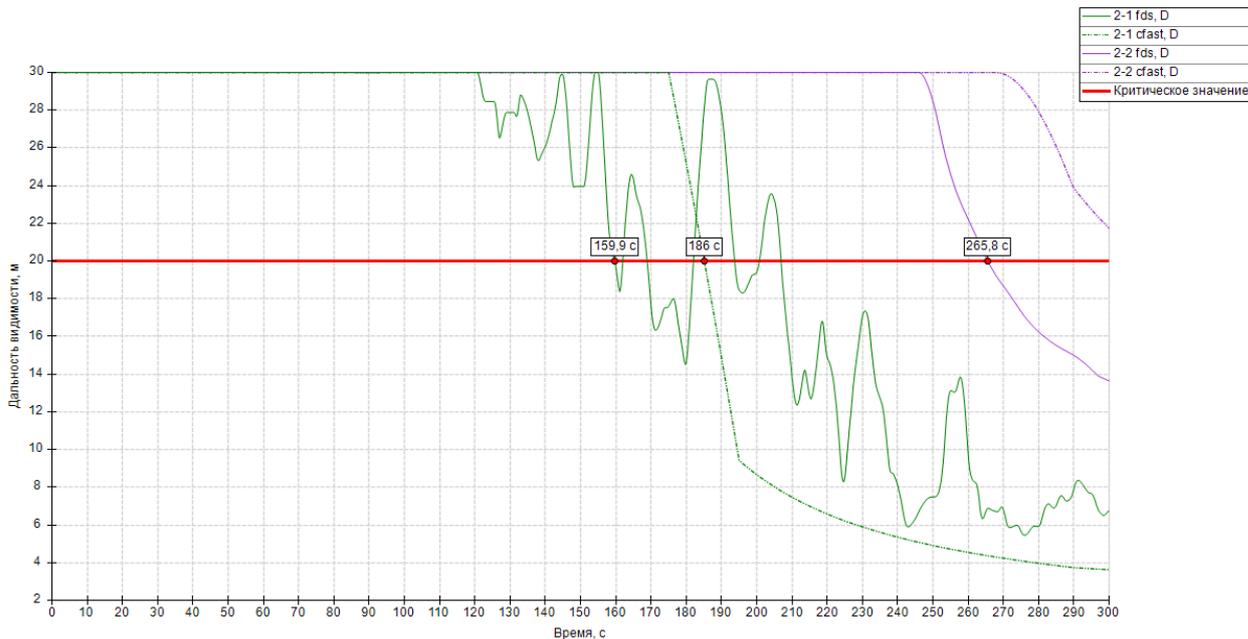
Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	IntModel	Разница относительно FDS, %
2-1	159,92	161,00	0,7
2-2	265,85	268,00	0,8
3-1	158,71	157,00	-1,1
3-2	253,50	252,00	-0,6
4-1	111,65	153,00	37,0
4-2	229,52	243,00	5,9

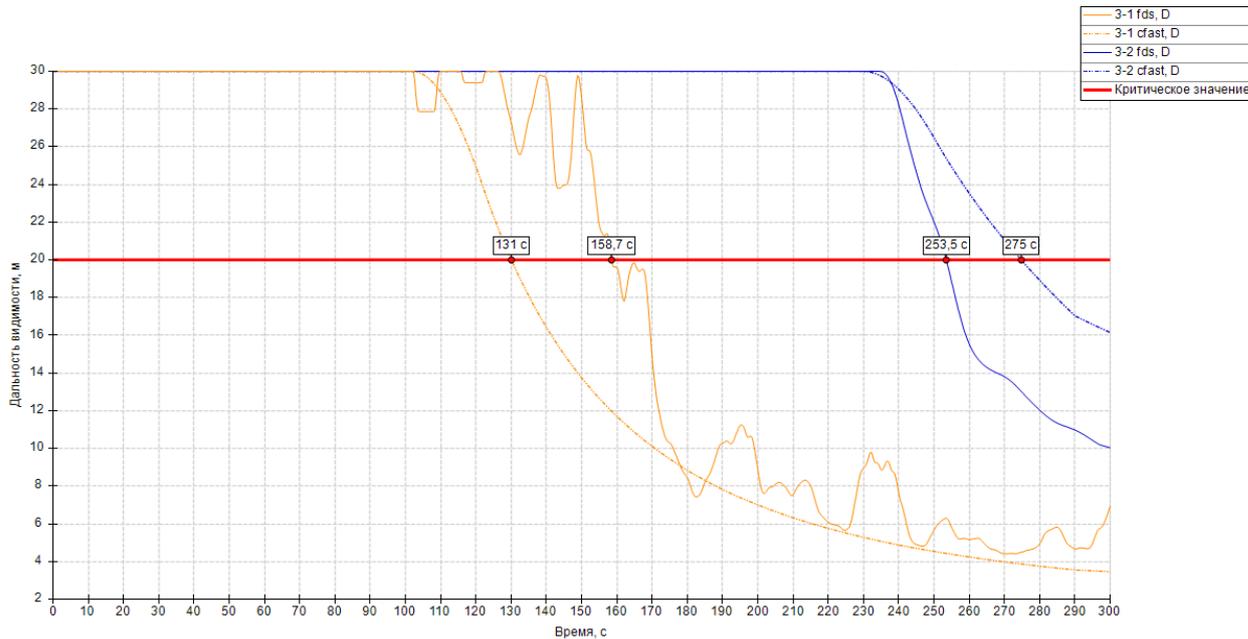
Вариант 1. Результаты расчета в зонной модели CFAST

Сравнение величин на этаже пожара выполнено в первом примере, поэтому в данном примере не рассматривается.

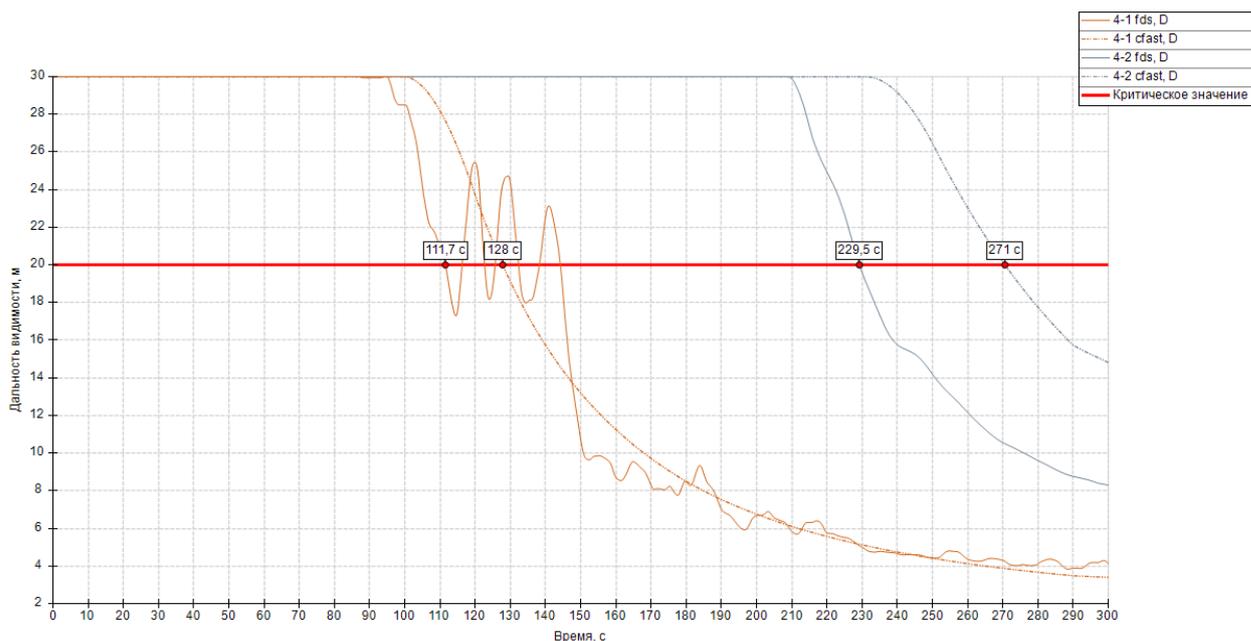
- дальность видимости на 2 этаже



- дальность видимости на 3 этаже



- дальность видимости на 4 этаже



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
2-1	159,92	186,00	16,3
2-2	265,85	320*	20,4
3-1	158,71	131,00	-17,5
3-2	253,50	275,00	8,5
4-1	111,65	128,00	14,6
4-2	229,52	271,00	18,1

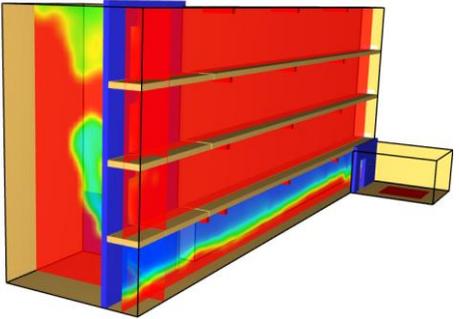
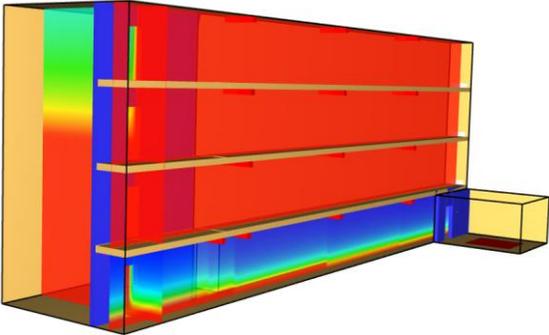
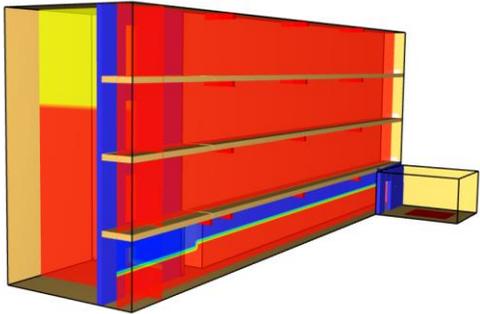
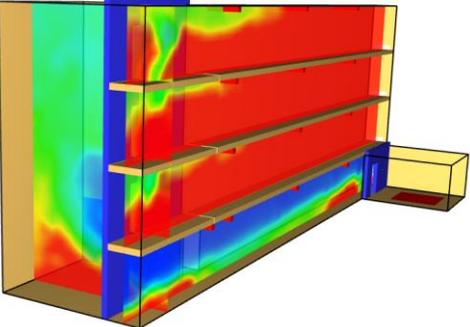
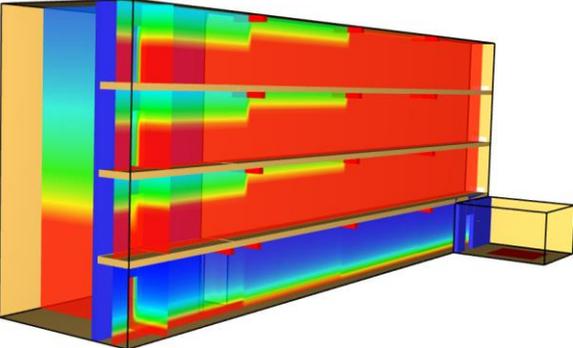
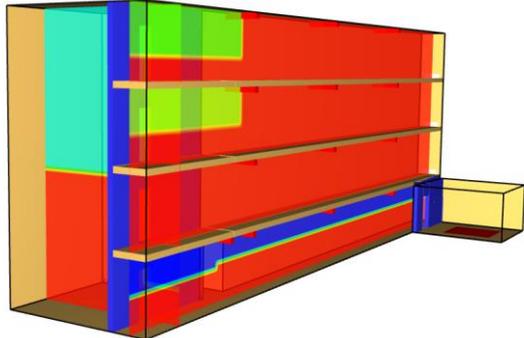
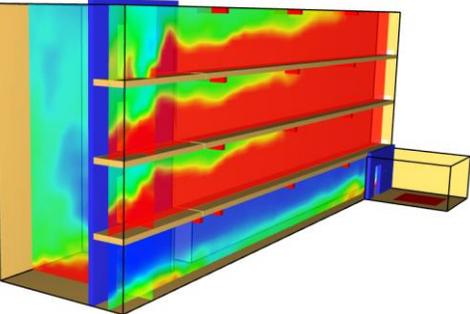
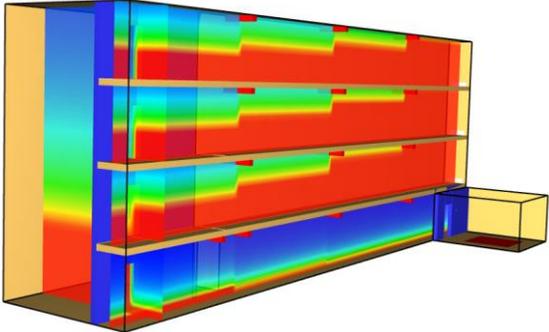
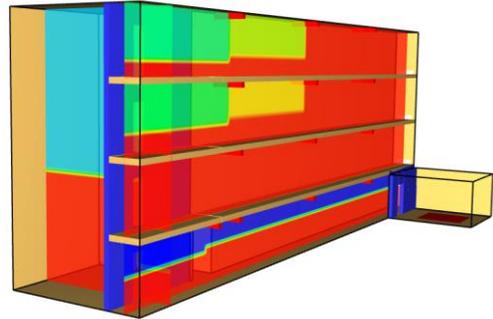
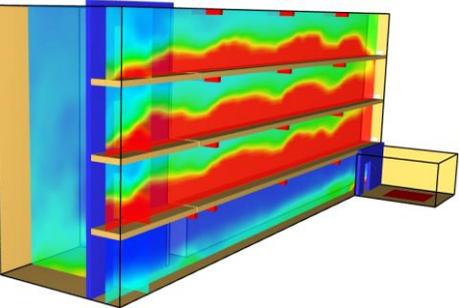
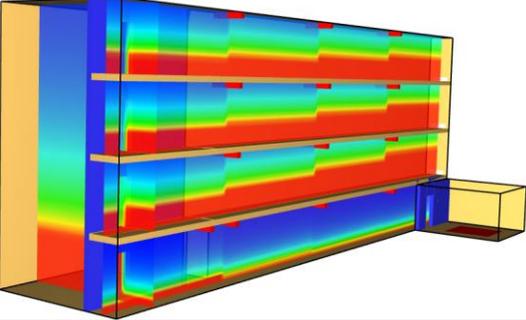
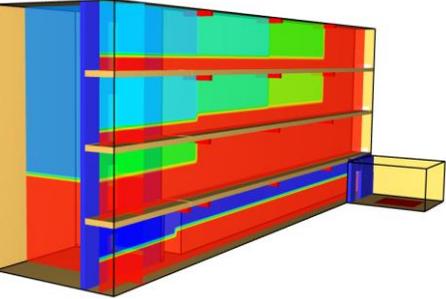
* в точке 2-2 для CFAST приведено примерное аппроксимировано значение

Вариант 1. Визуализация распространения ОФП при расчете в разных моделях

Ниже приведены иллюстрации распространения ОФП по зданию в разные моменты времени. Видно, что во всех трех моделях ОФП распространяется единообразно: попадая в лестницу, дым поднимается вверх, и начинает распространяться на этажи здания «сверху вниз» - задымляются сначала верхние этажи, затем нижние.

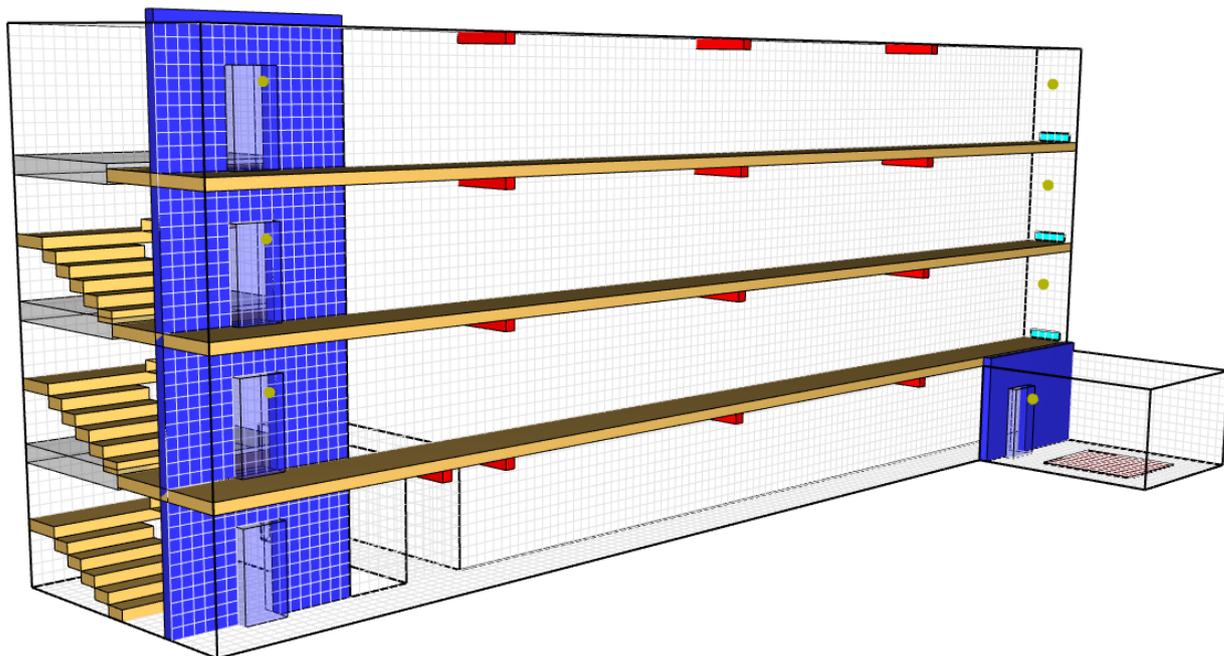
Таким образом, данная схема построения модели подходит для моделирования атриумных пространств, где дым беспрепятственно поднимается вверх, и оттуда начинает опускаться, блокируя пути эвакуации.

Различие результатов CFAST и FDS составляет 15-20% (в CFAST время больше), различие результатов IntModel и FDS – до 5% (за исключением точки 4-1 где наблюдается значительное «дребезжание» результатов FDS).

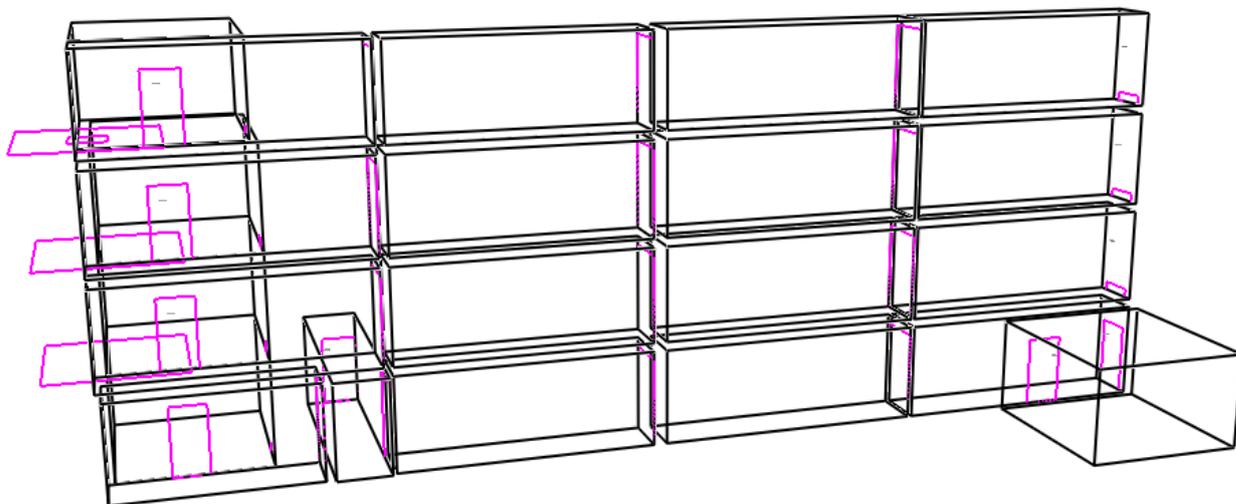
	FDS	IntModel	CFAST
90 c			
150 c			
180 c			
240 c			

Вариант 2. Лестница – несколько помещений

В лестнице для расчета FDS заданы перекрытия и ступени. В IntModel и CFAST лестница преобразуется в несколько помещений, соединенных между собой проемами.



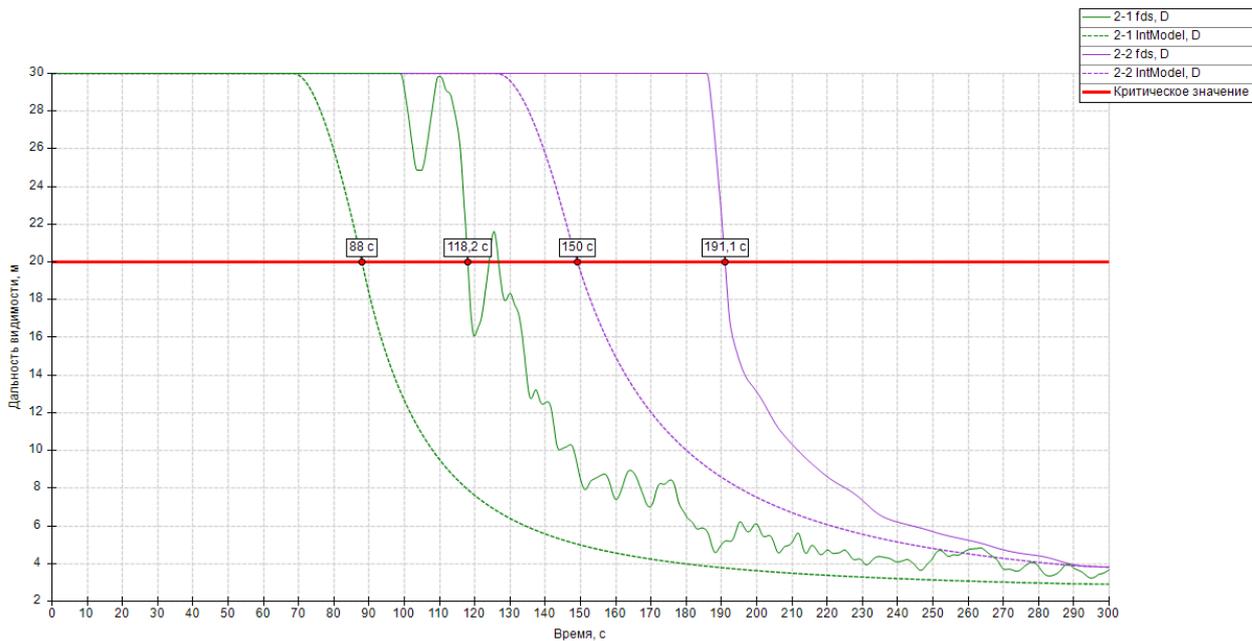
Вид преобразованной модели в CFAST:



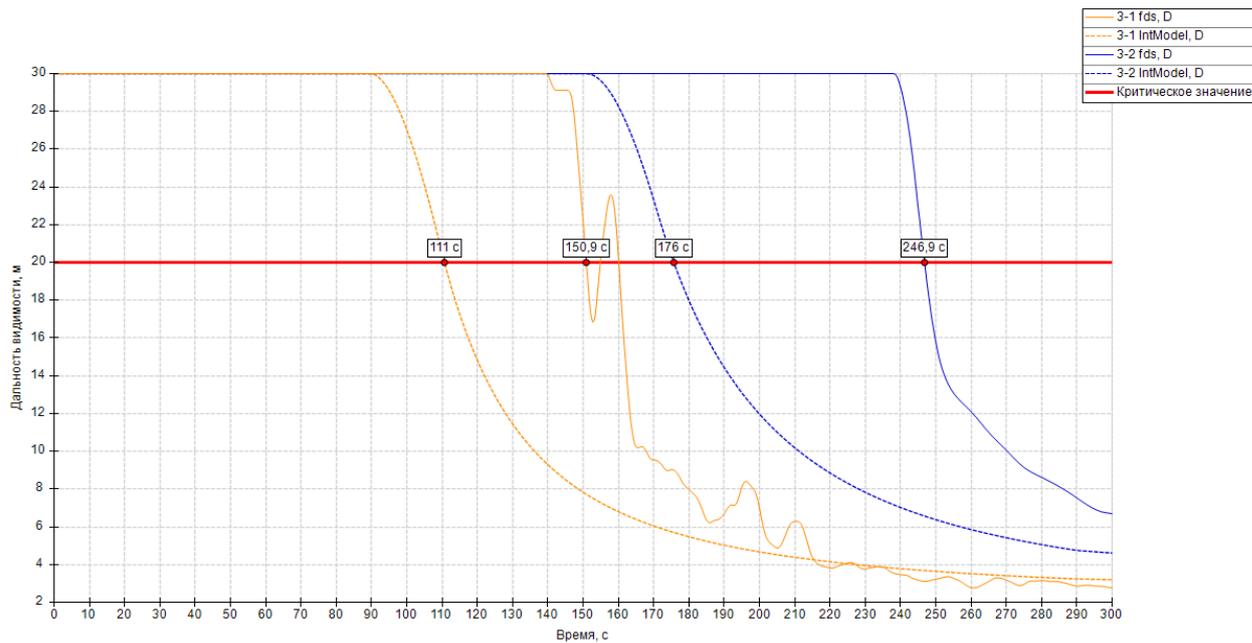
Вариант 2. Результаты расчета в интегральной модели IntModel

Сравнение величин на этаже пожара выполнено в первом примере, поэтому в данном примере не рассматривается.

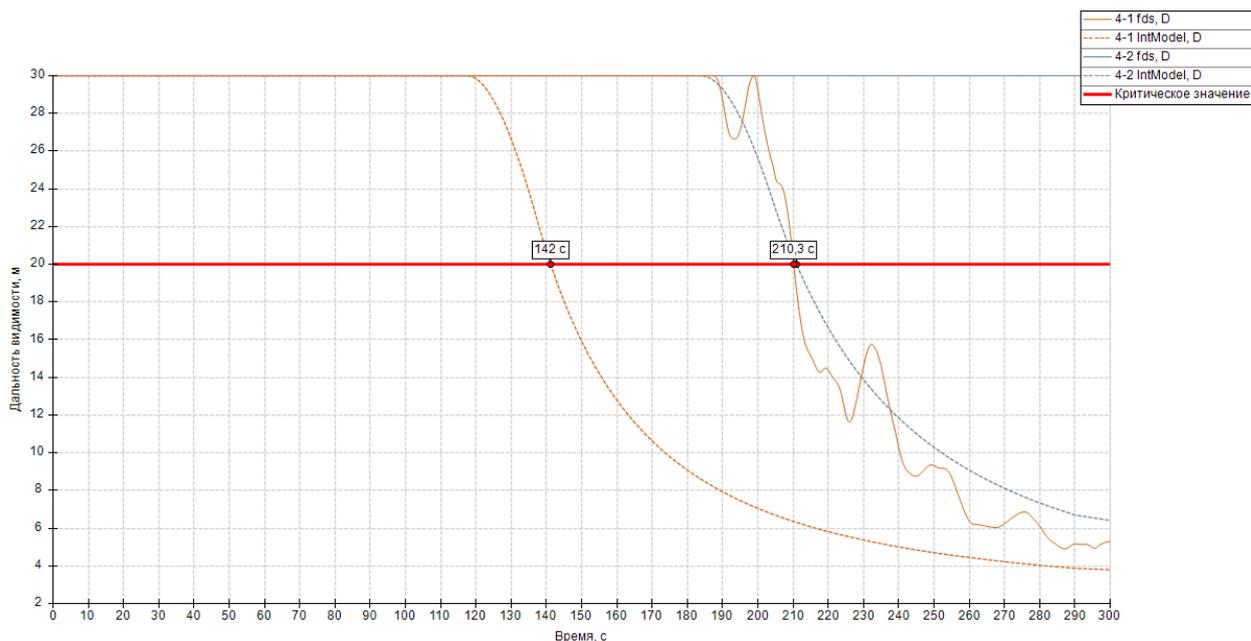
- дальность видимости на 2 этаже



- дальность видимости на 3 этаже



- дальность видимости на 4 этаже



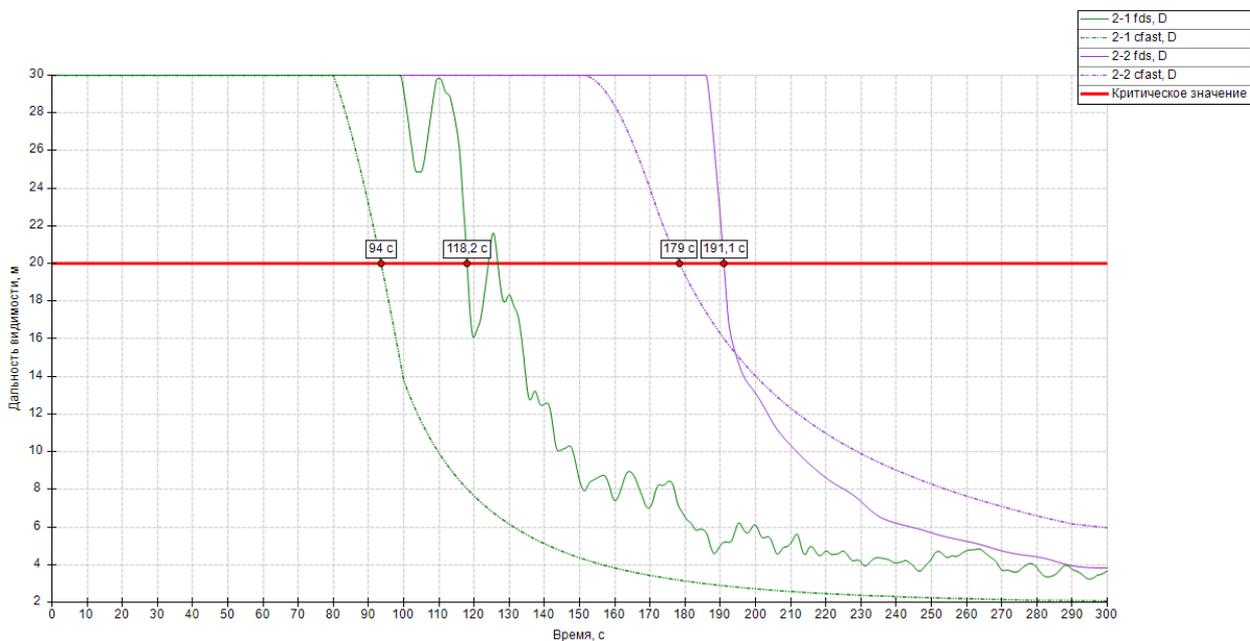
Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

Точка сравнения	FDS	IntModel	Разница относительно FDS, %
2-1	118,25	88,00	-25,6
2-2	191,13	150,00	-21,5
3-1	150,91	111,00	-26,4
3-2	246,91	176,00	-28,7
4-1	210,33	142,00	-32,5
4-2	>300	211,00	> -29,7

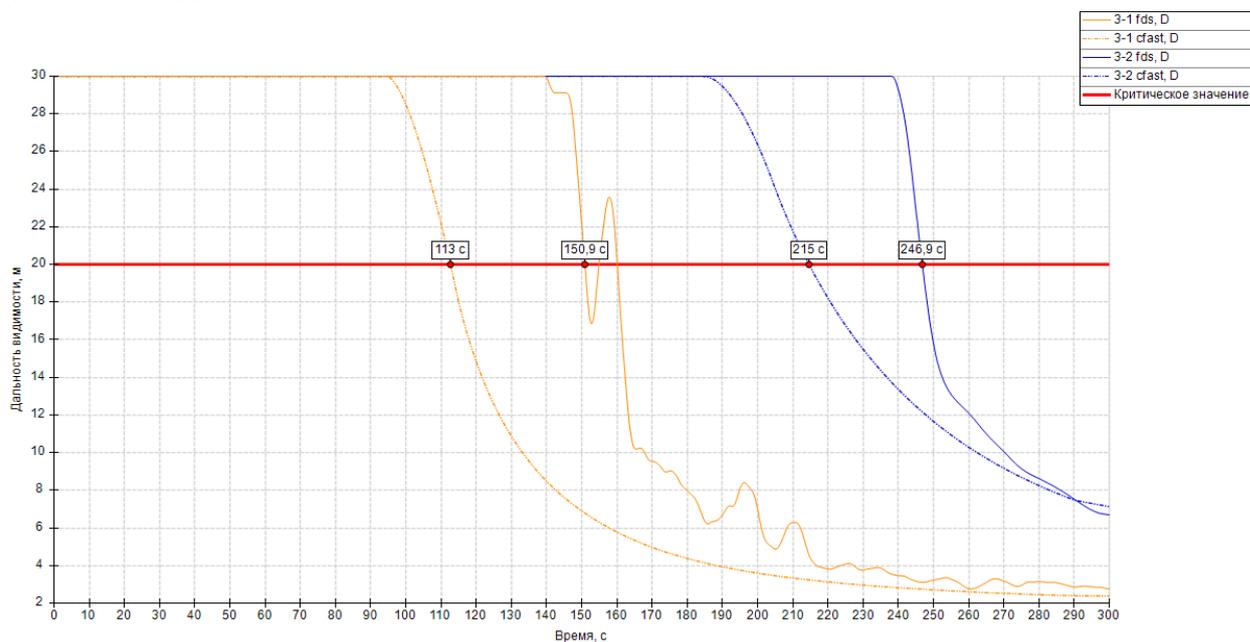
Вариант 2. Результаты расчета в зонной модели CFAST

Сравнение величин на этаже пожара выполнено в первом примере, поэтому в данном примере не рассматривается.

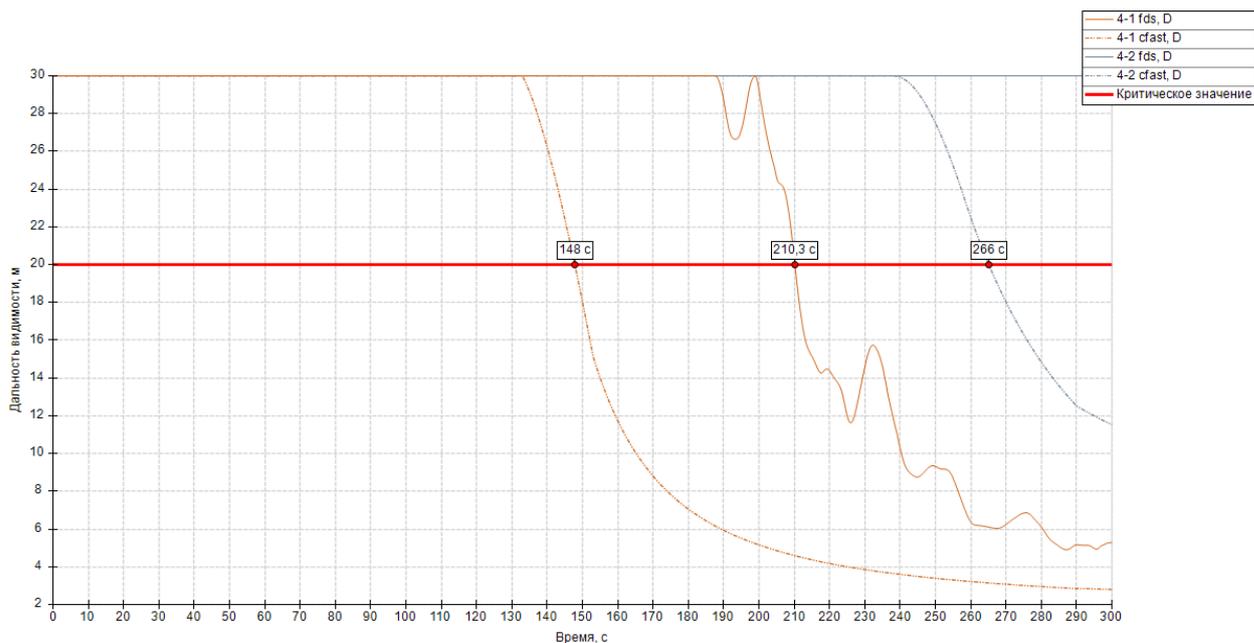
- дальность видимости на 2 этаже



- дальность видимости на 3 этаже



- дальность видимости на 4 этаже



Поскольку основным опасным фактором, по которому происходит блокирование, является дальность видимости, то численное сравнение выполнено для ее:

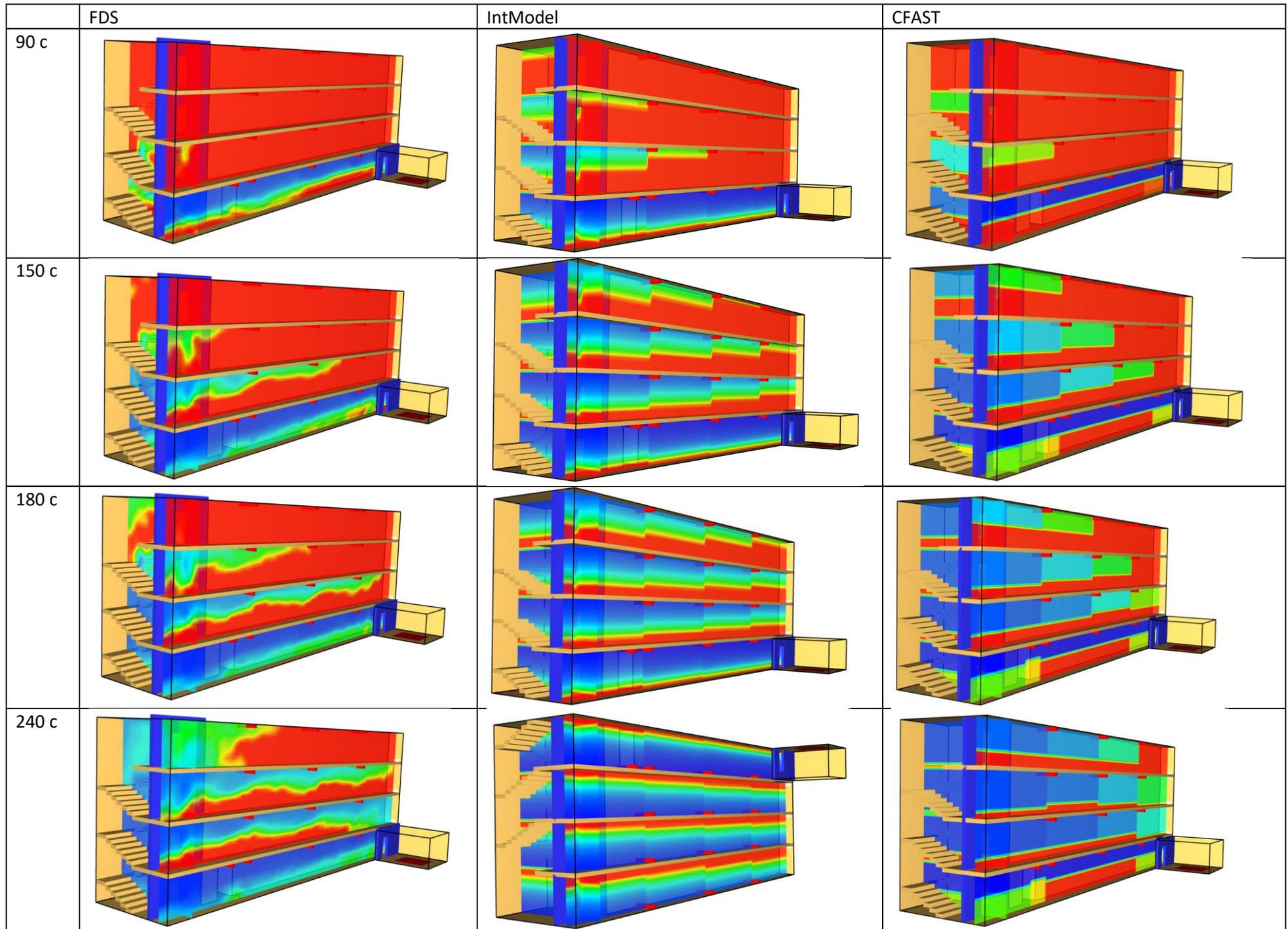
Точка сравнения	FDS	CFAST	Разница относительно FDS, %
2-1	118,25	94,00	-20,5
2-2	191,13	179,00	-6,3
3-1	150,91	113,00	-25,1
3-2	246,91	215,00	-12,9
4-1	210,33	148,00	-29,6
4-2	>300	266,00	-11,3

Вариант 2. Визуализация распространения ОФП при расчете в разных моделях

Ниже приведены иллюстрации распространения ОФП по зданию в разные моменты времени. Видно, что во всех трех моделях ОФП распространяется единообразно: попадая в лестницу, дым наполняет пространство лестницы на втором этаже и выходит в коридор второго этажа, затем наполняет пространство лестницы на третьем этаже и выходит в коридор третьего этажа, и так далее. Распространение дыма по зданию происходит «снизу вверх» - задымляются сначала нижние этажи, затем верхние.

Таким образом, данная схема построения модели подходит для моделирования лестничных клеток, открытых лестниц с небольшими проемами в перекрытии, где дым сначала наполняет пространство нижнего этажа и только потом распространяется на вышележащие этажи.

Различие результатов CFAST и FDS составляет 10-25% (в FDS время больше), различие результатов IntModel и FDS составляет 20-30% (в FDS время больше).



Вывод.

По результатам рассмотренных вариантов видно, что пользователь должен хорошо представлять себе поведение опасных факторов пожара в рассчитываемом сценарии, чтобы соответствующим образом реализовать рассчитываемую модель. При моделировании многоэтажных зданий необходимо учитывать, каким образом распространяется дым с этажа на этаж (беспрепятственно в атриумном пространстве или с препятствиями в виде ступеней и перекрытий в лестничной клетке), и строить модель в соответствии с этим.

Результаты моделирования IntModel и CFAST достаточно точно совпадают с результатами FDS и позволяют оценить динамику ОФП. Различие результатов составляет примерно 20% в первом варианте и 30% во втором варианте, что является хорошим соответствием.

Заключение

По итогам рассмотренных примеров можно сделать вывод, что результаты расчета IntModel и CFAST достаточно точно совпадают с результатами FDS и позволяют оценить динамику ОФП в начальной стадии пожара.

Интегральная модель IntModel показывает достаточно хорошее соответствие результатам FDS в помещении пожара и близких к помещению пожара помещениях, где газовую среду с достаточной степенью точности можно считать однородной.

Зонная модель CFAST показывает хорошее соответствие результатам FDS в помещениях вдали от помещения пожара, где в газовой среде можно выделить дымовой слой.

Отличия результатов IntModel/CFAST и FDS могут достигать 20-30% как в меньшую, так и в большую сторону, в зависимости от того, насколько хорошо рассчитываемый сценарий попадает в область определения расчетной модели.

При наличии дымоудаления результаты расчета FDS и CFAST могут значительно отличаться из-за различного принципа расчета. В FDS возникает существенное перемешивание воздуха и дымовых газов, в результате чего помещение может блокироваться быстро, и дымоудаление оказывается неэффективным. В зонной модели CFAST удаление продуктов горения выполняется из верхнего дымового слоя, за счет чего дымоудаление происходит эффективнее. Благодаря этому, в расчете CFAST параметры дымоудаления, рассчитанные согласно СП7 [9] обеспечивают безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Таким образом, оценивая поведение газовой среды в том или ином сценарии, и правильно выбирая модель, в область определения которой входит данный сценарий, с помощью программы FIM можно получить достаточно точные значения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Документация

1. Официальный сайт FDS и Smokeview <https://pages.nist.gov/fds/>
2. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. – 118 с.
3. Руководство PyroSim.– http://www.pyrosim.ru/download/Pyrosim_rus_manual.pdf
4. Руководство FireRisk.– http://www.pyrosim.ru/download/FireRisk_manual.pdf
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382).
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (приложение к приказу МЧС России от 10.07.2009 г. №404).
7. Официальный сайт CFAST <https://pages.nist.gov/cfast/>
8. Руководство пользователя CFAST. - https://github.com/firemodels/cfast/releases/download/CFAST7.3.1/Users_Guide.pdf
9. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013. http://www.norm-load.ru/PB/NORM/SP/posob_SP7.htm
10. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»