

Приложение 3

Компьютерное моделирование развития пожара в машинном отделении ГРЭС

Оглавление

1. Аннотация.....	4
2. Цели и задачи	4
3. Описание расчетной модели.....	4
4. Пожароопасные свойства горючей нагрузки	7
5. Выбор расчетных сценариев	8
5.1. Сценарий 1. Пожар пролива	8
5.2. Сценарий 2. Пожар фонтана масла.....	9
6. Описание топологии объекта	9
6.1. Вид модели	10
6.2. Расчетные сетки.....	12
6.3. Свойства поверхностей	14
6.4. Вентиляция	17
6.5. Строительные конструкции	18
6.6. Датчики температуры на фермах.....	18
6.7. Датчики температуры на колоннах	25
6.8. Датчики температуры на ригелях.....	26
6.9. Датчики температуры газовой среды	27
6.10. Люки в покрытии машзала	28
6.11. Дренчерная завеса	30
7. Аппаратное обеспечение	32
8. Сценарий 1. Пролив масла.....	33
8.1. Параметры модели	33
8.2. Сценарий 1а. Исходный	35
8.2.1. Фермы	35
8.2.2. Колонны	40
8.2.3. Ригели.....	41
8.2.4. Визуализация данных.....	42
8.3. Сценарий 1б. С устройством люков	65
8.3.1. Фермы	65
8.3.2. Колонны	70
8.3.3. Ригели.....	71
8.3.4. Визуализация данных.....	72
9. Сценарий 2. Фонтан масла	95
9.1. Параметры модели	95
9.2. Сценарий 2а. Исходный	98
9.2.1. Фермы	98
9.2.2. Колонны	103

9.2.3.	Ригели.....	104
9.2.4.	Визуализация данных.....	105
9.3.	Сценарий 2б. С устройством люков.....	129
9.3.1.	Фермы.....	129
9.3.2.	Колонны.....	134
9.3.3.	Ригели.....	135
9.3.4.	Визуализация данных.....	136
9.4.	Сценарий 2в. С устройством системы орошения.....	159
9.4.1.	Фермы.....	159
9.4.2.	Колонны.....	164
9.4.3.	Ригели.....	165
9.4.4.	Визуализация данных.....	166
10.	Список литературы.....	169

1. Аннотация

В работе описаны расчетная модель и результаты моделирования развития пожара в машинном отделении ГРЭС с помощью полевой модели пожара FDS для проведения сравнительной оценки эффективности различных противопожарных мероприятий, направленных на повышение фактического предела огнестойкости отдельных строительных конструкций машинного отделения.

2. Цели и задачи

Цель расчета – получение данных об изменении температуры поверхности строительных конструкций машинного отделения в наиболее неблагоприятных сценариях развития пожара с учетом применения различных вариантов инженерно-технических мероприятий.

Задачи:

- описание расчетной модели;
- построение топологии здания ГРЭС, формулирование пожароопасных свойств горючей нагрузки;
- моделирование развития пожара и получение данных об изменении температуры поверхности применяемых строительных конструкций (без огнезащиты, с конструктивной огнезащитой, с неконструктивной огнезащитой) без применения и с применением дополнительных инженерно-технических мероприятий.

3. Описание расчетной модели

Моделирование выполнено в программе FDS с использованием графического интерфейса PyroSim.

FDS (Fire Dynamic Simulation) 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 часть 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.

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.

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:

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

Закон сохранения момента импульса:

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

где тензор вязких напряжений:

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

Закон сохранения энергии:

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

где теплоперенос

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

а энергия рассеяния

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

Уравнение состояния газа:

$$p = \frac{\rho R T}{W}$$

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

Закон сохранения отдельных компонент:

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

Для моделирования турбулентности FDS использует метод LES (Large Eddy Simulation) – масштабное моделирование вихрей. LES используется для моделирования диссипативных процессов (вязкость, теплопроводность, диффузивность), масштабы которых меньше размеров явно определенной численной сетки. Это значит, что параметры μ , k , D в вышеприведенных уравнениях не могут использоваться напрямую и заменяются выражениями, моделирующими их воздействие

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

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

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.

Подробнее с математической моделью FDS можно ознакомиться в техническом руководстве [1].

Модель FDS подверглась подробным оценочным исследованиям, проводимым специалистами Национального института стандартов и технологий США (NIST) и других организаций. Подробнее результаты валидации FDS приведены в документе «Technical Reference Guide. Volume 3: Validation» [2].

4. Пожароопасные свойства горючей нагрузки

На рассматриваемом объекте наибольшую пожарную опасность представляют следующие горючие вещества: турбинное масло, водород, природный газ. Данные о количестве пожароопасных веществ на рассматриваемом объекте представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пожароопасных веществ в оборудовании

Наименование технологического блока	Количество единиц оборудования	Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества, т	
			в единице оборудования	в блоке
Маслонаполненное оборудование	6	Турбинное масло	35,7	288,4
	6	Турбинное масло	12,1	
	1	Турбинное масло	1,6	
	-	Турбинное масло	117,9	117,9
Система топливоснабжения	-	Природный газ	41,29	41,29
Система водородного охлаждения	6	Водород	0,01	0,06
Итого опасного вещества – масло турбинное – на объекте, т			406,3	
из них – в сосудах (аппаратах), т			288,4	
в трубопроводах и маслосистемах, т			117,9	
Итого опасного вещества – природный газ – на объекте, т			41,29	
из них – в сосудах (аппаратах), т			-	
в трубопроводах, т			41,29	
Итого опасного вещества – водород – на объекте, т			0,06	
из них – в сосудах (аппаратах), т			-	
в трубопроводах, т			0,06	

Исходя из количества пожароопасных веществ, содержащихся в оборудовании, и наиболее вероятных сценариев развития пожароопасных ситуаций на объекте в качестве основной горючей нагрузки для целей настоящего расчета принято турбинное масло (ТП-22).

Пожароопасные свойства турбинного масла, необходимые для моделирования развития пожара приведены в таблице 2 (характеристики приняты по базе данных типовых горючих нагрузок [3]).

Таблица 2. Характеристики пожароопасных свойств горючей нагрузки

Характеристика	Горючая нагрузка	Турбинное масло
Низшая теплота сгорания, МДж/кг		41,9
Удельная скорость выгорания, кг/м ² ·с		0,03
Дымообразующая способность, Нп м ² /кг		243
Удельный расход кислорода, кг/кг		-0,282
Удельный выход токсичных газов, кг/кг	CO ₂	0,70
	CO	0,122
	HCl	0

5. Выбор расчетных сценариев

Для целей настоящего расчета – определение температуры поверхности строительных конструкций машинного отделения в наиболее неблагоприятных сценариях развития пожара – под наиболее неблагоприятными сценариями развития пожара понимаются сценарии, приводящие к быстрому прогреву строительных конструкций (ферм, колонн, ригелей) до критической температуры, приводящему к потере несущей способности и их обрушению.

Поэтому в качестве наиболее неблагоприятных рассматриваются два сценария. Первый – постепенный розлив масла на поверхности турбины на большой площади и его воспламенение в результате контакта с высоконагретыми частями оборудования. В этом случае будет наблюдаться загорание масла практически сразу по всей площади, сопровождающееся большим тепловыделением и интенсивным нагревом ферм пламенем.

Второй – воспламенение масла происходит сразу в момент выхода его из оборудования. Площадь пожара относительно небольшая, но масло выходит под давлением – в виде фонтана с достаточно большим расходом, и фонтан направлен вертикально вверх, что приводит к нагреву как ферм, так и других строительных конструкций, находящихся поблизости.

5.1. Сценарий 1. Пожар пролива

Пожар пролива турбинного масла на поверхности турбины, площадью 200 м².

Сценарий рассчитывается в следующих вариантах:

- 1а. Без дополнительных мероприятий;
- 1б. С устройством в покрытии машинного отделения 36 люков площадью по 6 м², служащих для сброса тепловой энергии и продуктов горения в атмосферу.

5.2. Сценарий 2. Пожар фонтана масла

Пожар фонтана турбинного масла, выходящего вертикально вверх от отметки 6 метров под давлением 0,9 МПа с расходом 10,5 л/с.

Сценарий рассчитывается в следующих вариантах:

2а. Без дополнительных мероприятий.

2б. С устройством в покрытии машинного отделения 36 люков площадью по 6 м², служащих для сброса тепловой энергии и продуктов горения в атмосферу.

2в. С устройством системы орошения по периметру проема на уровне 11,6 м, служащей для снижения интенсивности горения фонтана, снижения температуры пламени и уменьшения тепловыделения в целом.

6. Описание топологии объекта

Главный корпус построен в ... г. В нём размещается оборудование, предназначенное для сжигания природного газа в котлах с получением пара, а также преобразования в турбинах тепловой энергии пара в механическую и далее в генераторе в электрическую энергию.

Главный корпус скомпонован из турбинного, деаэрационного, котельного и дымососного отделений.

В главном корпусе установлено 6 блоков мощностью по 800 МВт. Основное оборудование блоков:

турбина ...;

генератор ...;

котлоагрегат – прямоточный, однокорпусной типа ПП-2650-255 ГМ (по типу ТГМП-204).

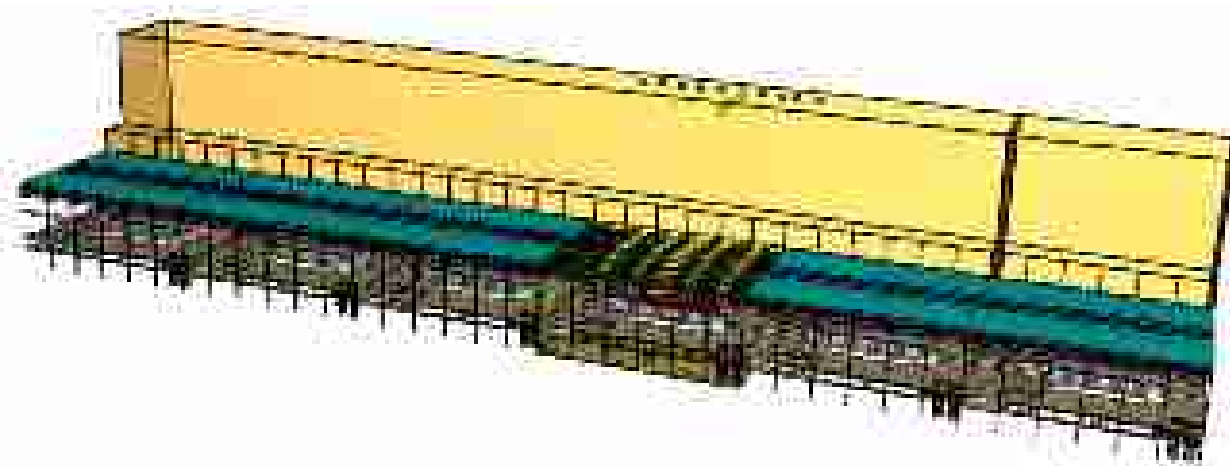
Общая протяженность главного корпуса – 575 м, ширина – 120 м. Высота – 83 м. Общая площадь 103680 м². Длина ячейки блока – 72 м.

Каркас главного корпуса стальной, стены до отметки 15,6 м выполнены из навесных керамзитобетонных панелей. Выше этой отметки стены выполнены из трехслойных трудносгораемых панелей марки ПСМ. Несущие конструкции покрытий стальные.

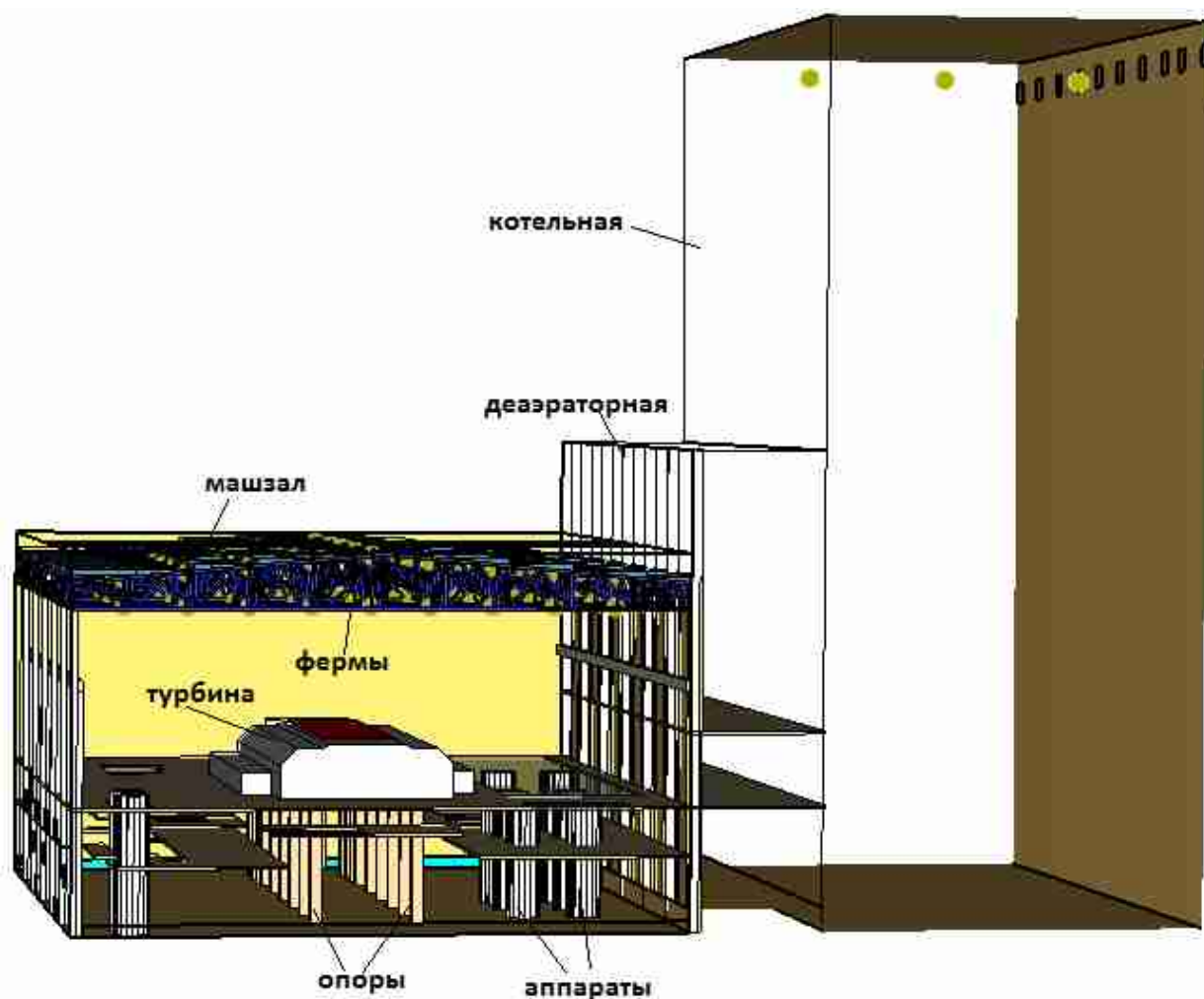
Модель главного корпуса для использования в программе FDS выполнена в графическом интерфейсе Pyrosim 2015.

В качестве расчетного принят один из блоков ГРЭС, при этом машинное отделение, в котором располагается очаг пожара и анализируется динамика температуры, выполнено к наибольшей детализацией, а деаэрационная и другие отделения – с меньшей, так как влияние находящегося в них оборудования на развитие пожара в машинном отделении пренебрежимо мало.

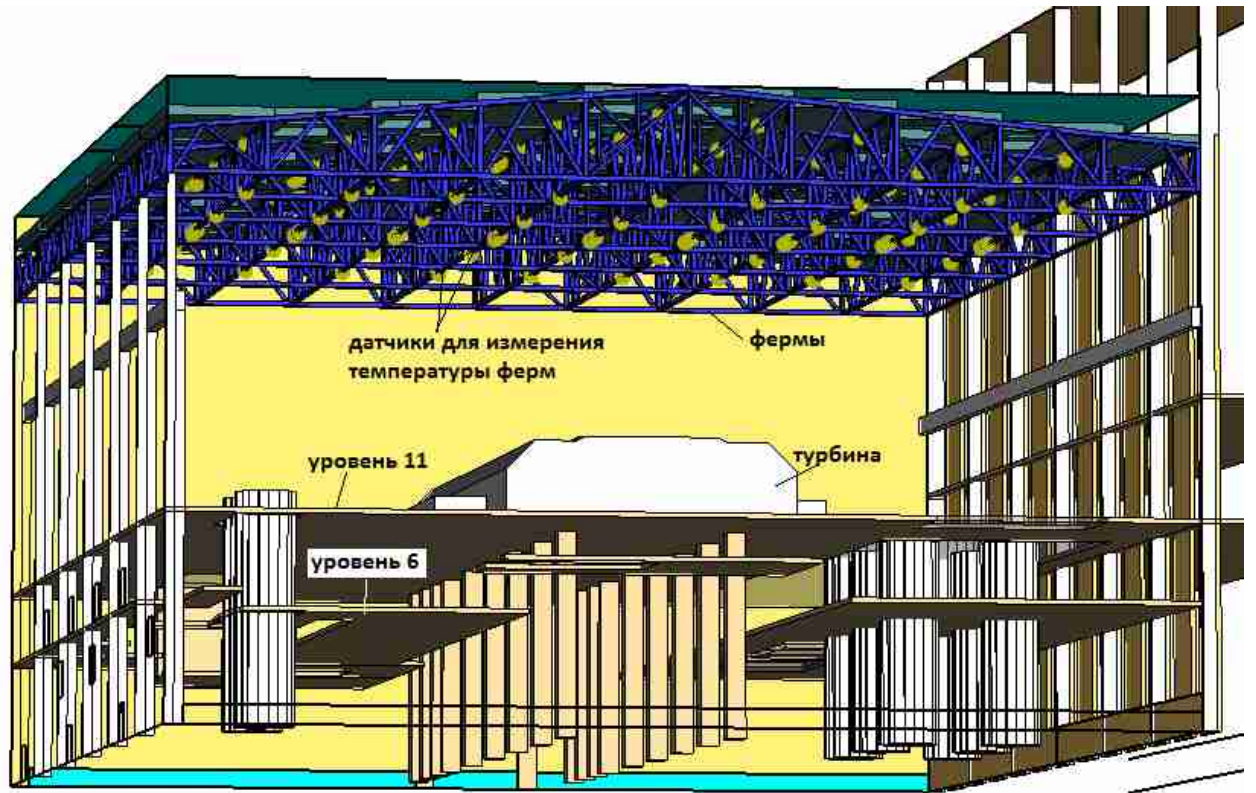
6.1. Вид модели



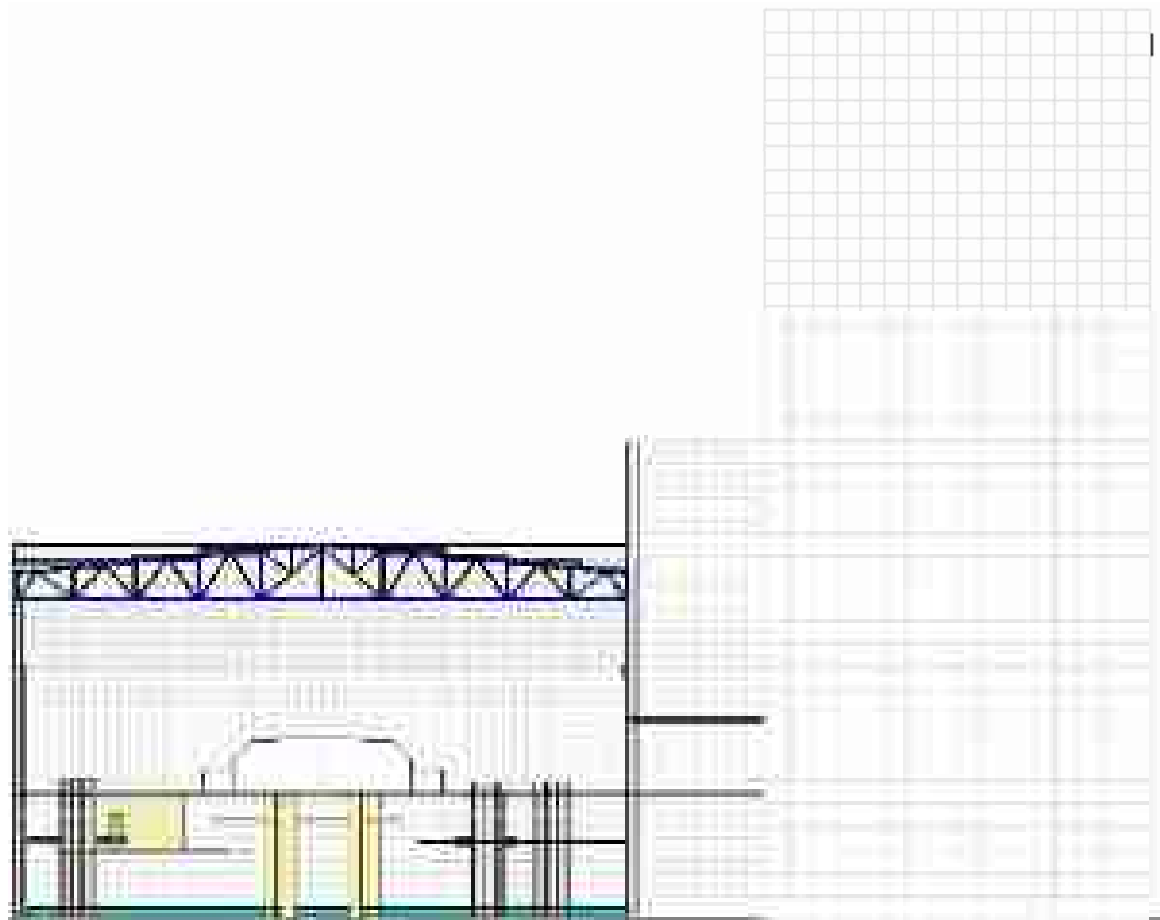
Модель главного корпуса в целом



Модель четвертого (расчетного) блока



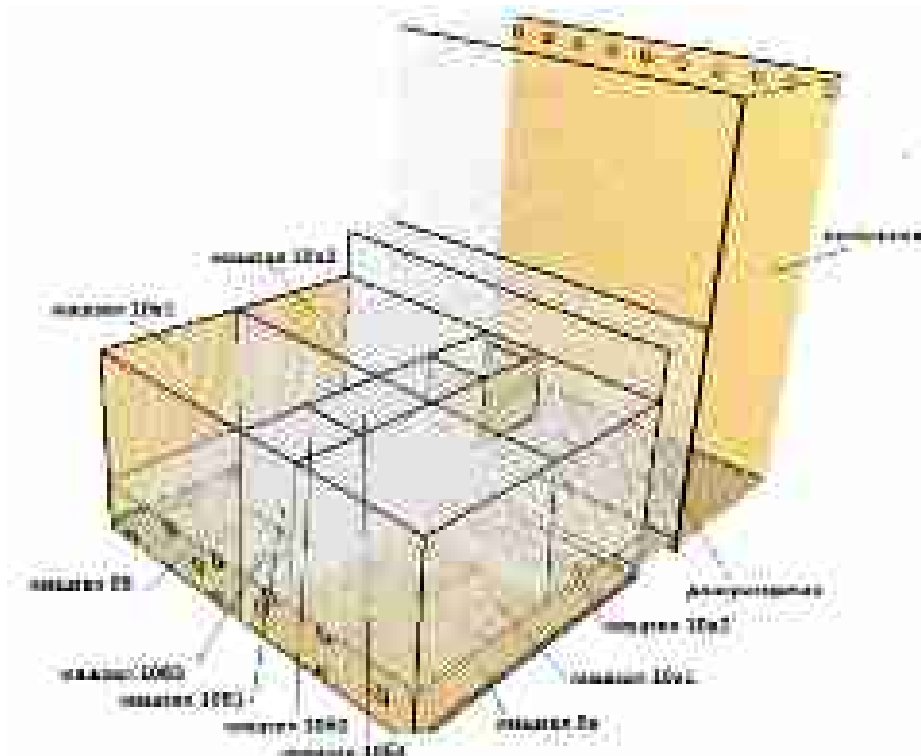
Машинное отделение



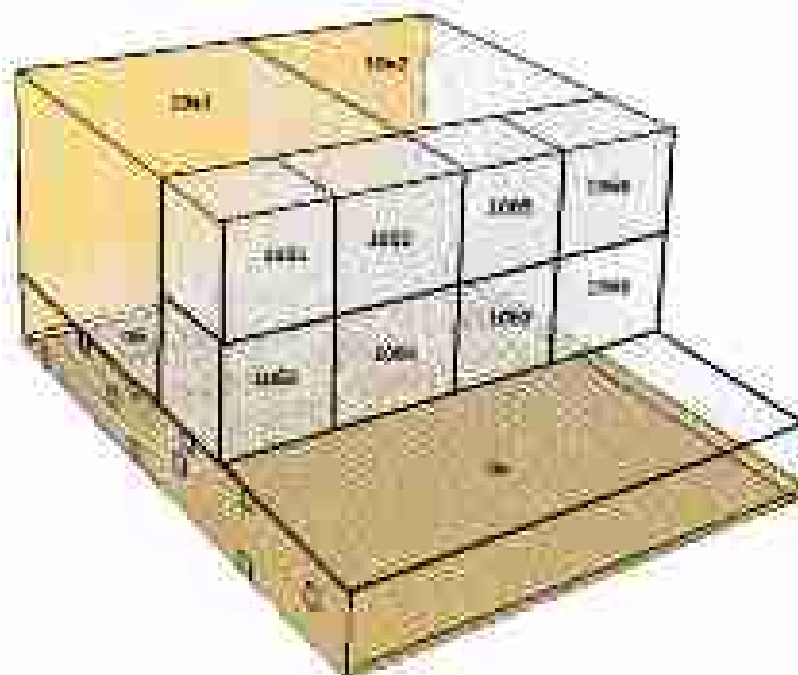
Машинное отделение в разрезе

6.2. Расчетные сетки

Объем блока разбит на 16 расчетных сеток. Сетки имеют различные размеры и количество ячеек – возле источника пожара и расчетных ферм ячейки сетки меньше, вдали от источника ячейки больше. Это позволяет, во-первых, повысить точность расчета, во-вторых, обеспечить более равномерную загрузку расчетных мощностей.



Расположение расчетных сеток



Для наглядности скрыты сетки 10a1 и 10a2

Таблица 3. Характеристики расчетных сеток

№	Сетка	Геометрические размеры, м	Размеры ячеек, м	Количество ячеек в сетке
1	Машзал 0а	36*54*9	1*1*1	17496
2	Машзал 0б	36*54*9	1*1*1	17496
3	Машзал 10а1	24*27*24	1*1*1	15552
4	Машзал 10а2	24*27*24	1*1*1	15552
5	Машзал 10б1	12*12*12	0,5*0,5*0,5	13824
6	Машзал 10б2	12*15*12	0,5*0,5*0,5	17280
7	Машзал 10б3	12*12*12	1*1*1	1728
8	Машзал 10б4	12*15*12	1*1*1	2160
9	Машзал 10б5	12*12*12	0,5*0,5*0,5	13824
10	Машзал 10б6	12*15*12	0,5*0,5*0,5	17280
11	Машзал 10б7	12*12*12	1*1*1	1728
12	Машзал 10б8	12*15*12	1*1*1	2160
13	Машзал 10в1	36*27*24	1*1*1	23328
14	Машзал 10в1	36*27*24	1*1*1	23328
15	Котельная	72*34*80	2*2,125*2	23040
16	Деаэрационная	72*12*40	1*1,5*1	23040

Общее количество ячеек в модели 459 216. Общий расчетный объем 358 704 м³.

Записи FDS

```

&MESH ID='Машзал 0а', IJK=36,54,9, XB=0.0,36.0,-54.0,0.0,0.0,9.0/
&MESH ID='Машзал 0б', IJK=36,54,9, XB=36.0,72.0,-54.0,0.0,0.0,9.0/
&MESH ID='Машзал 10а1', IJK=24,27,24, XB=0.0,24.0,-27.0,0.0,9.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10а2', IJK=24,27,24, XB=0.0,24.0,-54.0,-27.0,9.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10б1', IJK=24,24,24, XB=24.0,36.0,-12.0,0.0,21.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10б2', IJK=24,30,24, XB=24.0,36.0,-27.0,-12.0,21.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10б3', IJK=12,12,12, XB=24.0,36.0,-12.0,0.0,9.0,21.0/
&MESH ID='Машзал 10б4', IJK=12,15,12, XB=24.0,36.0,-27.0,-12.0,9.0,21.0/
&MESH ID='Машзал 10б5', IJK=24,24,24, XB=24.0,36.0,-39.0,-27.0,21.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10б6', IJK=24,30,24, XB=24.0,36.0,-54.0,-39.0,21.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10б7', IJK=12,12,12, XB=24.0,36.0,-39.0,-27.0,9.0,21.0/
&MESH ID='Машзал 10б8', IJK=12,15,12, XB=24.0,36.0,-54.0,-39.0,9.0,21.0/
&MESH ID='Машзал 10в1', IJK=36,27,24, XB=36.0,72.0,-27.0,0.0,9.0,33.0/
&MESH ID='Машзал 10в2', IJK=36,27,24, XB=36.0,72.0,-54.0,-27.0,9.0,33.0/
&MESH ID='Деаэрационная', IJK=72,8,40, XB=0.0,72.0,-66.0,-54.0,2.0,42.0/
&MESH ID='Котельная', IJK=36,16,40, XB=0.0,72.0,-100.0,-66.0,0.0,80.0/
    
```

6.3. Свойства поверхностей

Фермы выполнены из стали С345 приведенной толщиной 2,4 мм.

Колонны – из стали С345 приведенной толщиной 16,3 мм.

Ригели – из стали С345 приведенной толщиной 9,6 мм.

Для стали приняты следующие параметры [9]:

Плотность, кг/м ³	7890
Удельная теплоемкость, кДж/кгК	0,461 .. 0,595
Теплопроводность, Вт/мК	80 .. 27

Таблица 4. Температурная зависимость теплоемкости и теплопроводности

Т, К	λ , Вт/м·К	С, Дж/кг·К
293,15	80	461
373,15	58	494
473,15	54	515
573,15	49	536
673,15	45	549
773,15	40	561
873,15	36	574
973,15	32	595
1073,15	29	-
1173,15	27	-

Записи FDS

```

&SURF ID='Ферма (без защиты)', RGB=51,51,255, MATL_ID(1,1)='C345',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0, THICKNESS(1)=0.0024/
&MATL ID='C345', SPECIFIC_HEAT_RAMP='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
CONDUCTIVITY_RAMP='C345_CONDUCTIVITY_RAMP',
DENSITY=7890.0,
EMISSIVITY=0.95/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=20.0, F=80.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=100.0, F=58.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=200.0, F=54.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=300.0, F=49.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=400.0, F=45.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=500.0, F=40.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=600.0, F=36.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=700.0, F=32.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=800.0, F=29.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=900.0, F=27.0/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=20.0, F=0.461/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=100.0, F=0.494/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=200.0, F=0.515/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=300.0, F=0.536/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=400.0, F=0.549/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=500.0, F=0.561/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=600.0, F=0.574/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=700.0, F=0.595/
    
```

Для защиты строительных конструкций фермы приняты следующие варианты:

– конструктивная огнезащита – рулонное минераловатное покрытие:

Плотность, кг/м ³	100
Удельная теплоемкость, кДж/кг·К	0,92
Теплопроводность, Вт/м·К	0,032
Толщина, м	0,008 – для элементов ферм 0,020 – для колонн и ригелей

Записи FDS

```
&MATERIAL ID='минвата',
SPECIFIC_HEAT=0.92,
CONDUCTIVITY=0.032,
DENSITY=100.0/
```

```
&SURF ID='Ферма (минвата)',
RGB=51,6,134,
MATERIAL_ID(1,1)='минвата',
MATERIAL_ID(2,1)='С345',
MATERIAL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
MATERIAL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
THICKNESS(1:2)=0.008,0.0024/
```

– неконструктивная огнезащита, схожая по характеристикам со вспучивающимися составами:

Плотность, кг/м ³	30
Удельная теплоемкость, кДж/кг·К	1,26
Теплопроводность, Вт/м·К	0,042
Толщина, м	0,065

(моделирование защиты конструкции в процессе вспучивания не выполняется. В расчете принимается, что краска уже вспучена в начале моделирования. Толщина защитного слоя составляет 65 мм [4])

Записи FDS

```
&MATERIAL ID='краска вспучивающаяся',
SPECIFIC_HEAT=1.26,
CONDUCTIVITY=0.042,
DENSITY=30.0/
```

```
&SURF ID='Ферма (краска)',
RGB=51,166,110,
MATERIAL_ID(1,1)='краска вспучивающаяся',
MATERIAL_ID(2,1)='С345',
MATERIAL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
MATERIAL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
THICKNESS(1:2)=0.065,0.0034/
```

```
&SURF ID='Колонна (краска)',
```

```

        RGB=51,166,110,
        MATL_ID(1,1)='краска вспучивающаяся',
        MATL_ID(2,1)='C345',
        MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
        MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
        THICKNESS(1:2)=0.065,0.0163/

&SURF ID='Ригель (краска)',
        RGB=51,166,110,
        MATL_ID(1,1)='краска вспучивающаяся',
        MATL_ID(2,1)='C345',
        MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
        MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
        THICKNESS(1:2)=0.065,0.0096/

&MATL ID='краска вспучивающаяся',
        SPECIFIC_HEAT=1.26,
        CONDUCTIVITY=0.042,
        DENSITY=30.0/
&MATL ID='C345',
        SPECIFIC_HEAT_RAMP='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
        CONDUCTIVITY_RAMP='C345_CONDUCTIVITY_RAMP',
        DENSITY=7890.0,
        EMISSIVITY=0.95/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=20.0, F=80.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=100.0, F=58.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=200.0, F=54.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=300.0, F=49.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=400.0, F=45.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=500.0, F=40.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=600.0, F=36.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=700.0, F=32.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=800.0, F=29.0/
&RAMP ID='C345_CONDUCTIVITY_RAMP', T=900.0, F=27.0/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=20.0, F=0.461/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=100.0, F=0.494/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=200.0, F=0.515/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=300.0, F=0.536/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=400.0, F=0.549/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=500.0, F=0.561/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=600.0, F=0.574/
&RAMP ID='C345_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=700.0, F=0.595/
    
```

Материал стен – бетон:

Плотность, кг/м ³	1600
Удельная теплоемкость, кДж/кг·К	0,85
Теплопроводность, Вт/м·К	0,224

Записи FDS

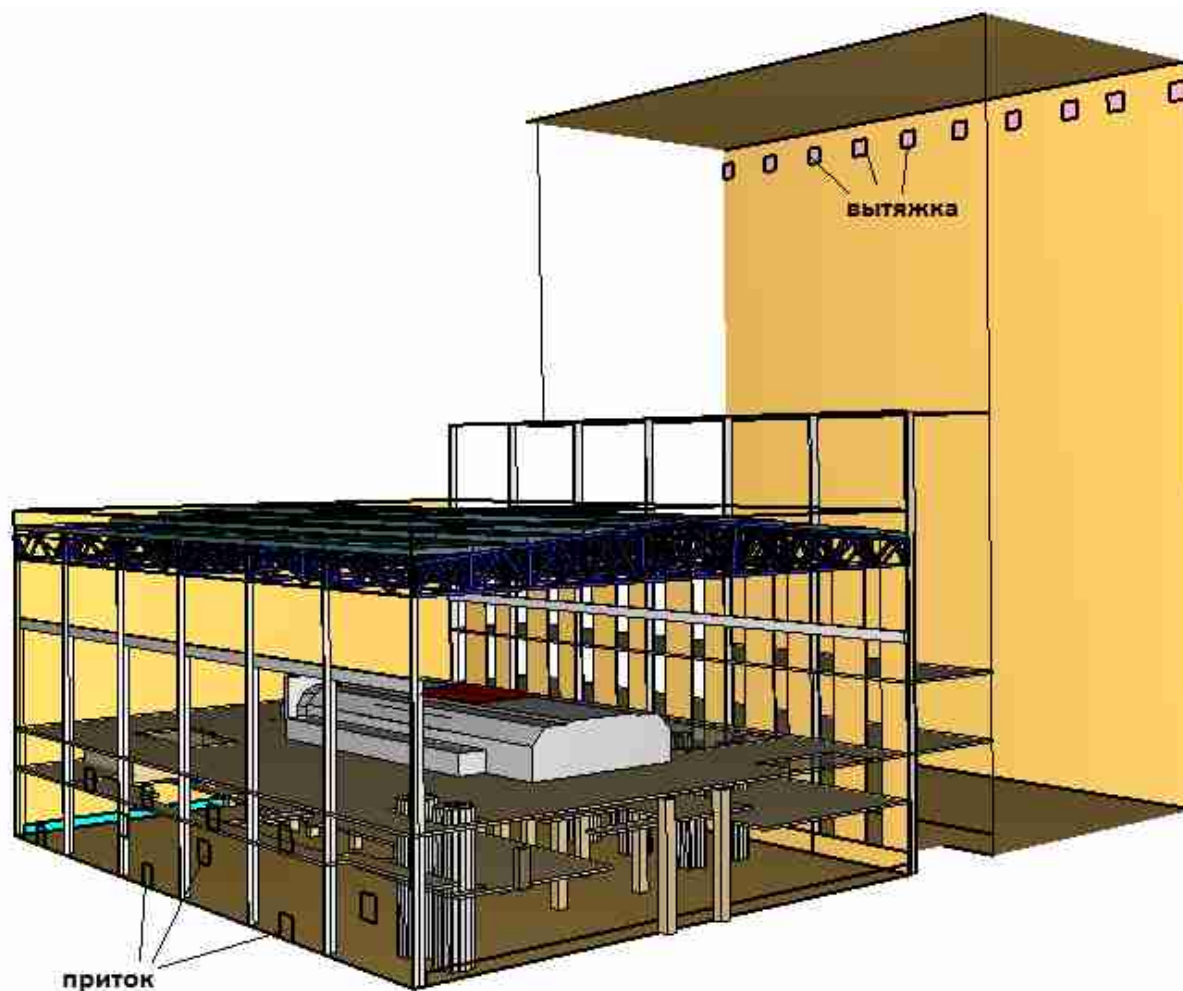
```

&MATL ID='бетон', SPECIFIC_HEAT=0.85, CONDUCTIVITY=0.224, DENSITY=1600.0/
&SURF ID='Бетон', RGB=218,192,140, BACKING='VOID', MATL_ID(1,1)='бетон',
        MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0, THICKNESS(1)=0.1/
    
```


6.4. Вентиляция

Приток осуществляется в нижнюю часть машзала через 10 отверстий. Расход через каждое отверстие $55,56 \text{ м}^3/\text{с}$ (200 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$). Общий приток через все отверстия – 2 млн. $\text{м}^3/\text{час}$.

Вытяжка осуществляется в верхней части котельного отделения через 10 отверстий. Расход через каждое отверстие $55,56 \text{ м}^3/\text{с}$ (200 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$). Общая вытяжка через все отверстия – 2 млн. $\text{м}^3/\text{час}$.



Расположение приточных и вытяжных отверстий

Записи FDS

```
&SURF ID= 'Приток' ,
  RGB=102,204,255,
  VOLUME_FLOW=-55.56/
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=46.0,48.0,0.0,0.0,3.75,5.75/ отверстие09
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=53.25,55.25,0.0,0.0,7.0,9.0/ отверстие
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=29.0,31.0,0.0,0.0,7.0,9.0/ отверстие01
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=41.25,43.25,0.0,0.0,7.0,9.0/ отверстие02
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=17.0,19.0,0.0,0.0,7.0,9.0/ отверстие03
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=64.5,66.5,0.0,0.0,0.0,2.0/ отверстие04
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=41.25,43.25,0.0,0.0,0.0,2.0/ отверстие05
&VENT SURF_ID='Приток' , XB=17.0,19.0,0.0,0.0,0.0,2.0/ отверстие06
```

```
&VENT SURF_ID='Приток', XB=5.0,7.0,0.0,0.0,3.75,5.75/ отверстие07
&VENT SURF_ID='Приток', XB=30.75,32.75,0.0,0.0,3.75,5.75/ отверстие08

&SURF ID='Вытяжка',
  RGB=243,177,191,
  VOLUME_FLOW=55.56/

&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=14.0,16.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие19
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=70.0,72.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие10
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=62.0,64.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие11
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=54.0,56.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие12
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=46.0,48.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие13
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=30.0,32.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие14
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=38.0,40.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие15
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=22.0,24.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие16
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=0.0,2.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие17
&VENT SURF_ID='Вытяжка', XB=8.0,10.0,-100.0,-100.0,76.0,78.0/ отверстие18
```

6.5. Строительные конструкции

Для анализа динамики нарастания температуры поверхности строительных конструкций в зоне очага пожара выполняется их расчет в следующих конфигурациях:

- без огнезащиты;
- с конструктивной огнезащитой – рулонным минераловатным покрытием;
- с неконструктивной огнезащитой, схожей по характеристикам со вспучивающимися составами.

6.6. Датчики температуры на фермах

Для определения времени достижения критической температуры ферм используются датчики температуры, установленные на фермах. Датчики расположены на глубине 0,1 мм от поверхности стали.

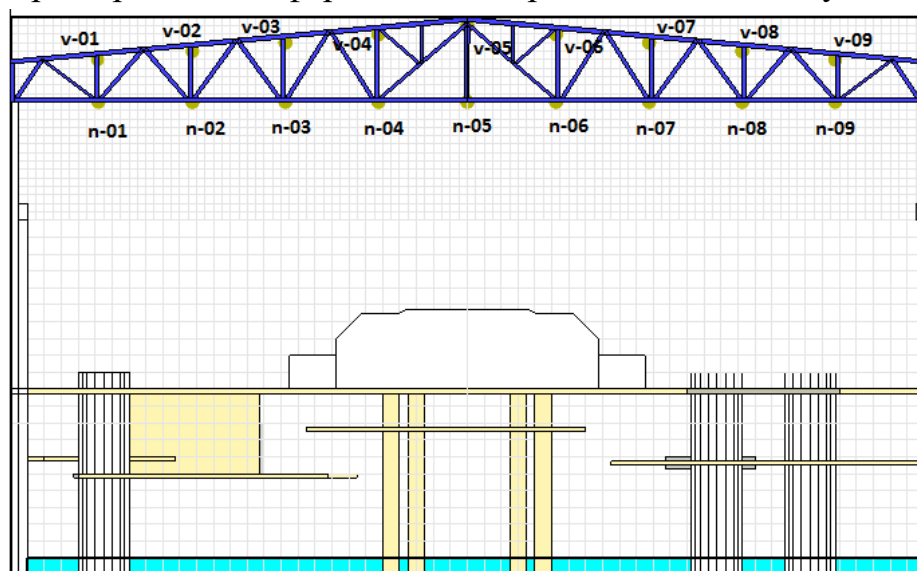


Расположение датчиков на фермах

Номер датчика имеет вид Na-ij, где N – номер варианта защиты фермы, а – индекс расположения датчика на ферме (вверху или внизу), i – номер пояса ферм, j – индекс датчика на ферме.

Например, 1n-42 означает, что рассматривается первый вариант огнезащиты (без огнезащиты), датчик расположен вторым на нижней ферме четвертого пояса.

На каждой ферме расположен датчик внизу (индекс n) и вверху (индекс v). Например, на расчетной ферме датчики расположены следующим образом:



Расположение датчиков вдоль фермы



Расположение датчиков по поясам ферм

Записи FDS:

```
&DEVC ID='1n-01', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
      XYZ=29.0,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
```

```
&DEVC ID='1n-02', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-03', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-04', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-05', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-06', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-07', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-08', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-09', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-01', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-02', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-03', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-04', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-05', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-06', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-07', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-08', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-09', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.0,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-01', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-02', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-03', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-04', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-05', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-06', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-07', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='2n-08', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=30.0,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
```

&DEVC ID='2n-09', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-01', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-02', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-03', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-04', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-05', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-06', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-07', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-08', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='2v-09', DEPTH=0.0081, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=30.0,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-01', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-02', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-03', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-04', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-05', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-06', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-07', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-08', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3n-09', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-01', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-02', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-03', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-04', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-05', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-06', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
XYZ=31.0,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/

```

&DEVC ID='3v-07', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=31.0,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-08', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=31.0,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='3v-09', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=31.0,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-41', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-42', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-43', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-44', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-21.7,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-45', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-46', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-47', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-48', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-49', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-41', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.0,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-42', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-43', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-44', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-45', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-46', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-47', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-48', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-49', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=39.25,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-21', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=20.75,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-22', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=20.75,-10.7667,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-23', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=20.75,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-24', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=20.75,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
    
```

```
&DEVC ID='1n-25', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-26', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-27', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-28', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-29', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-21', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.5,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-22', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-10.8725,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-23', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-24', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-25', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-26', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-27', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-28', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-29', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=20.75,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-11', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-12', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-13', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-14', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-15', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-16', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-17', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-18', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1n-19', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-11', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.5,-5.15,30.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/  
&DEVC ID='1v-12', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=8.75,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
```

```

&DEVC ID='1v-13', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-16.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-14', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-15', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-27.0,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-16', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-17', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-37.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-18', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-19', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=8.75,-48.75,30.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-51', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-5.2,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-52', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-10.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-53', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-16.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-54', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-21.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-55', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-27.0,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-56', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-32.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-57', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-37.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-58', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-43.25,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1n-59', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-48.75,28.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-51', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.0,-5.15,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-52', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-10.75,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-53', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-16.25,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-54', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-21.75,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-55', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-27.0,32.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-56', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-32.25,32.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-57', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-37.75,31.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-58', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-43.25,31.0, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
&DEVC ID='1v-59', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',
    XYZ=51.25,-48.75,30.5, IOR=-3, SETPOINT=500.0/
    
```


6.7. Датчики температуры на колоннах

Для определения времени достижения критической температуры колонн используются датчики температуры, установленные на высотах 11, 17, 23, 28, и 30 м.

Датчики расположены на глубине 0,1 мм от поверхности стали.



Расположение датчиков температуры на колоннах

Записи FDS:

```
&DEVC ID='1к-11', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=27.2,-54.0,10.9, IOR=2/  
&DEVC ID='1к-17', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=27.2,-54.0,16.9, IOR=2/  
&DEVC ID='1к-23', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=27.2,-54.0,22.9, IOR=2/  
&DEVC ID='1к-28', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=27.2,-54.0,27.9, IOR=2/  
&DEVC ID='1к-30', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=27.2,-54.0,29.9, IOR=2/  
&DEVC ID='2к-11', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.2,-54.0,10.9, IOR=2/  
&DEVC ID='2к-17', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.2,-54.0,16.9, IOR=2/  
&DEVC ID='2к-23', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.2,-54.0,22.9, IOR=2/  
&DEVC ID='2к-28', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.2,-54.0,27.9, IOR=2/  
&DEVC ID='2к-30', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=29.2,-54.0,29.9, IOR=2/  
&DEVC ID='3к-11', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=31.2,-54.0,10.9, IOR=2/  
&DEVC ID='3к-17', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=31.2,-54.0,16.9, IOR=2/  
&DEVC ID='3к-23', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=31.2,-54.0,22.9, IOR=2/  
&DEVC ID='3к-28', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=31.2,-54.0,27.9, IOR=2/  
&DEVC ID='3к-30', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
XYZ=31.2,-54.0,29.9, IOR=2/
```

6.8. Датчики температуры на ригелях

Для определения времени достижения критической температуры ригелей используются датчики температуры, установленные на высотах 11, 17, 23, 28, и 30 м.

Датчики расположены на глубине 0,1 мм от поверхности стали.



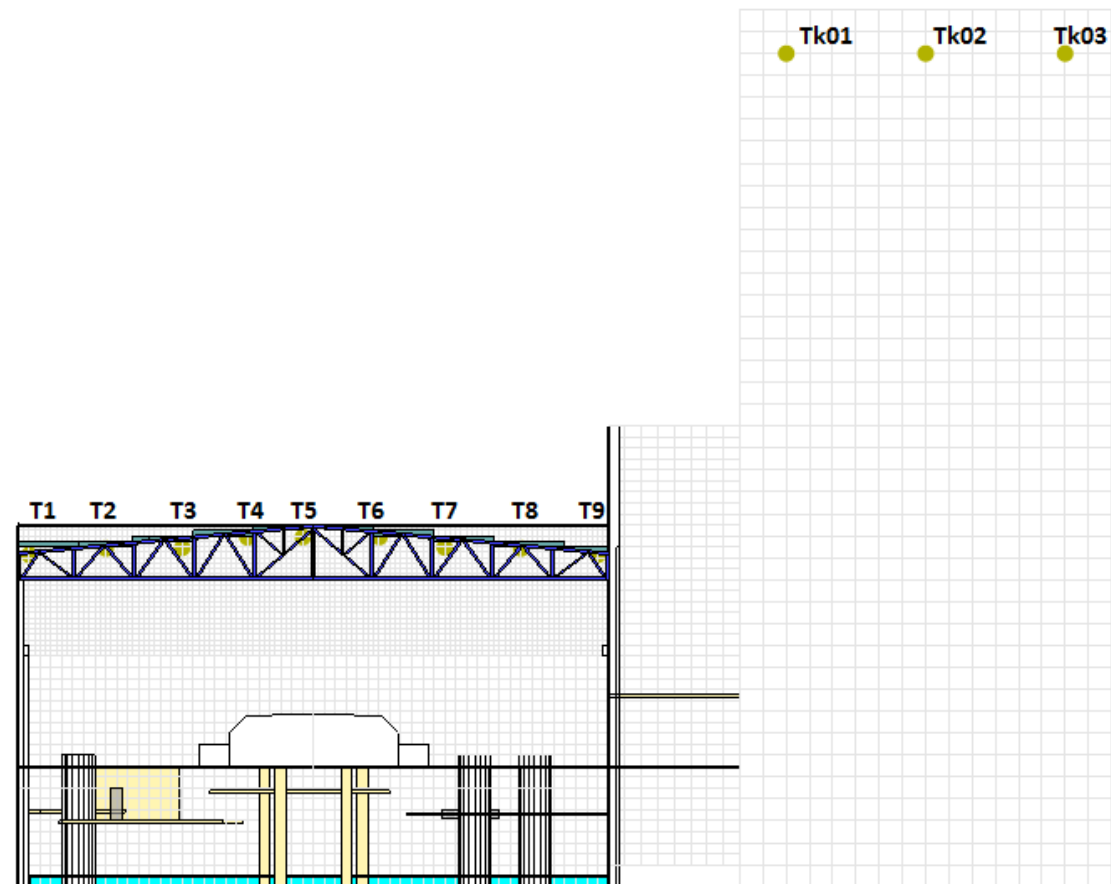
Расположение датчиков температуры на ригелях

Записи FDS:

```
&DEVC ID='1p-11', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=28.5,-54.0,11.1, IOR=2/  
&DEVC ID='1p-17', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=28.5,-54.0,17.1, IOR=2/  
&DEVC ID='1p-23', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=28.5,-54.0,23.1, IOR=2/  
&DEVC ID='1p-28', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=28.5,-54.0,28.1, IOR=2/  
&DEVC ID='1p-30', DEPTH=1.0E-4, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=28.5,-54.0,30.1, IOR=2/  
&DEVC ID='2p-11', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=30.5,-54.0,11.1, IOR=2/  
&DEVC ID='2p-17', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=30.5,-54.0,17.1, IOR=2/  
&DEVC ID='2p-23', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=30.5,-54.0,23.1, IOR=2/  
&DEVC ID='2p-28', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=30.5,-54.0,28.1, IOR=2/  
&DEVC ID='2p-30', DEPTH=0.0201, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=30.5,-54.0,30.1, IOR=2/  
&DEVC ID='3p-11', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=32.5,-54.0,11.1, IOR=2/  
&DEVC ID='3p-17', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=32.5,-54.0,17.1, IOR=2/  
&DEVC ID='3p-23', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=32.5,-54.0,23.1, IOR=2/  
&DEVC ID='3p-28', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=32.5,-54.0,28.1, IOR=2/  
&DEVC ID='3p-30', DEPTH=0.0651, QUANTITY='INSIDE WALL TEMPERATURE',  
  XYZ=32.5,-54.0,30.1, IOR=2/
```

6.9. Датчики температуры газовой среды

Для контроля температуры газовой среды используются датчики температуры возле ферм четвертого пояса, а также в верхней части котельной.



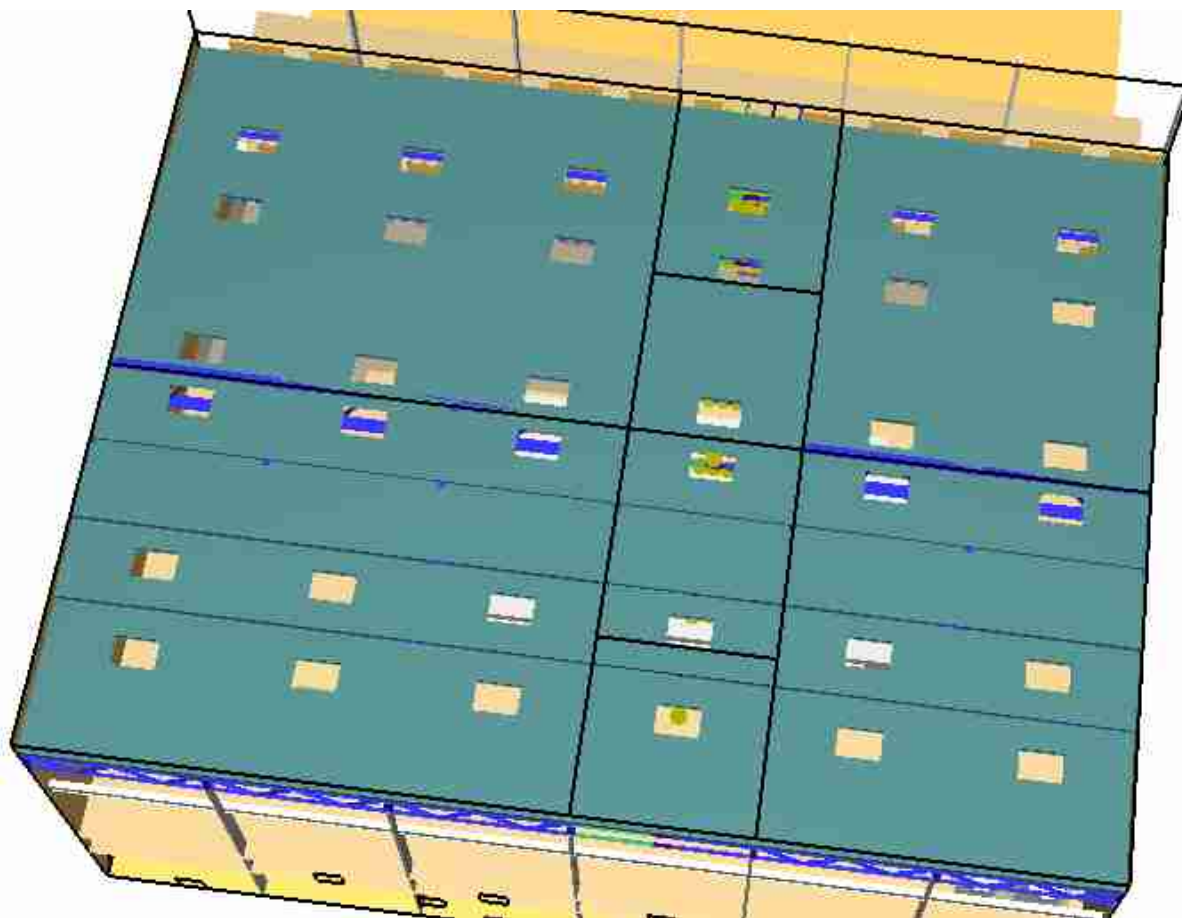
Датчики температуры воздуха

Записи FDS:

```
&DEVC ID='T1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-1.0,30.2616/
&DEVC ID='T2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-8.0,30.8444/
&DEVC ID='T3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-15.0,30.9021/
&DEVC ID='T4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-20.9592,31.8564/
&DEVC ID='T5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-26.0298,31.8714/
&DEVC ID='T6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-33.0408,31.8823/
&DEVC ID='T7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-39.0,30.9392/
&DEVC ID='T8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-46.0,30.8444,
ORIENTATION=0.0,0.0,-1.0/
&DEVC ID='T9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-53.0,30.2616,
ORIENTATION=0.0,0.0,-1.0/
&DEVC ID='Tk01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-70.25,76.0/
&DEVC ID='Tk02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-83.0,76.0/
&DEVC ID='Tk03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,-95.75,76.0/
```

6.10. Люки в покрытии машзала

Одним из вариантов компенсирующих мероприятий является устройство в покрытии машзала 36 люков по 6 м² каждый:



Расположение люков в покрытии

Записи FDS:

```
&HOLE XB=16.5,19.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ люки
&HOLE XB=16.5,19.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ люки
&HOLE XB=16.5,19.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ люки
&HOLE XB=16.5,19.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ люки
&HOLE XB=16.5,19.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ люки
&HOLE XB=16.5,19.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ люки
&HOLE XB=64.5,67.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ люки
&HOLE XB=52.5,55.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ люки
&HOLE XB=52.5,55.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ люки
&HOLE XB=52.5,55.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ люки
&HOLE XB=52.5,55.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ люки
```

&HOLE XB=52.5,55.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=52.5,55.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=40.5,43.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=28.5,31.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-14.5,-12.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-30.0,-28.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-8.5,-6.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-41.5,-39.5,31.0,32.0/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-47.5,-45.5,30.5,31.5/ ЛЮКИ
&HOLE XB=4.5,7.5,-26.0,-24.0,32.0,33.0/ ЛЮКИ

6.11. Дренчерная завеса

Одним из вариантов компенсирующих мероприятий является устройство сухотруба по периметру площадки обслуживания ПТН (как показано на рисунках ниже) непосредственно под перекрытием отметки +11,600 м:



Расположение оросителей в проемах отметки +11,600 м

В расчет приняты следующие данные:

- диаметр отверстия 6 мм
- напор 0,6 МПа
- расход воды через отверстие 0,93 л/с.

В моделировании для анализа влияния орошения на горение фонтана в целях уменьшения расчетной нагрузки приняты 8 оросителей, расположенных непосредственно возле источника пожара.

Записи FDS:

```
&SPEC ID='WATER VAPOR' /  
  
&PART ID='Вода',  
SPEC_ID='WATER VAPOR',  
DIAMETER=500.0,  
MONODISPERSE=.TRUE.,  
AGE=60.0,  
SAMPLING_FACTOR=1/
```

```
&PROP ID='Распыление воды',
PART_ID='Вода',
PARTICLES_PER_SECOND=10000,
PRESSURE_RAMP='Распыление воды_PRESSURE_RAMP',
OPERATING_PRESSURE=6.0,
FLOW_RATE=55.8/

&RAMP ID='Распыление воды_PRESSURE_RAMP', T=1.0, F=6.0,
DEVC_ID='Время'/
&RAMP ID='Распыление воды_PRESSURE_RAMP', T=2000.0, F=6.0/

&DEVC ID='спринклер_01', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=28.0,-
40.25,10.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_02', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=29.0,-
40.25,10.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_03', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=30.0,-
40.25,10.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_04', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=31.0,-
40.25,10.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_05', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=27.5,-
52.25,10.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_06', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=28.5,-
52.25,10.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_07', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=29.5,-
52.25,10.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='спринклер_08', PROP_ID='Распыление воды', XYZ=30.5,-
52.25,10.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0, QUANTITY='TIME',
SETPPOINT=0.0/
&DEVC ID='Время', QUANTITY='TIME', XYZ=0.0,0.0,0.0/
```

7. Аппаратное обеспечение

Для выполнения нижеописанных расчетов использовался кластер, состоящий из 5 компьютеров со следующими характеристиками каждый:

- процессор 2 процессора по 8 ядер (2.93 ГГц);
- Оперативная память 32 Гб.

Скорость сети 10 Гбит/с.

Кластер основан на технологиях Intel MPI и OpenMP.

MPI (Message Passing Interface, интерфейс передачи сообщений) является наиболее распространённым стандартом интерфейса обмена данными в параллельном программировании.

OpenMP (Open Multi-Processing) реализует параллельные вычисления в многопроцессорных системах с общей памятью.

При такой конфигурации моделирование горения в течение 10 минут при 100% загрузке компьютеров требует приблизительно 2 суток машинного времени.

В расчетах с моделированием движения частиц (воды или масла) требуемое время расчета значительно увеличивается. Так, моделирование 1 минуты горения фонтана масла с учетом работы водяных оросителей занимает не менее 4 суток.

Было выполнено более 40 предварительных расчетов и 5 финальных. Общее время моделирования составило порядка 2,5 тысяч часов машинного времени.

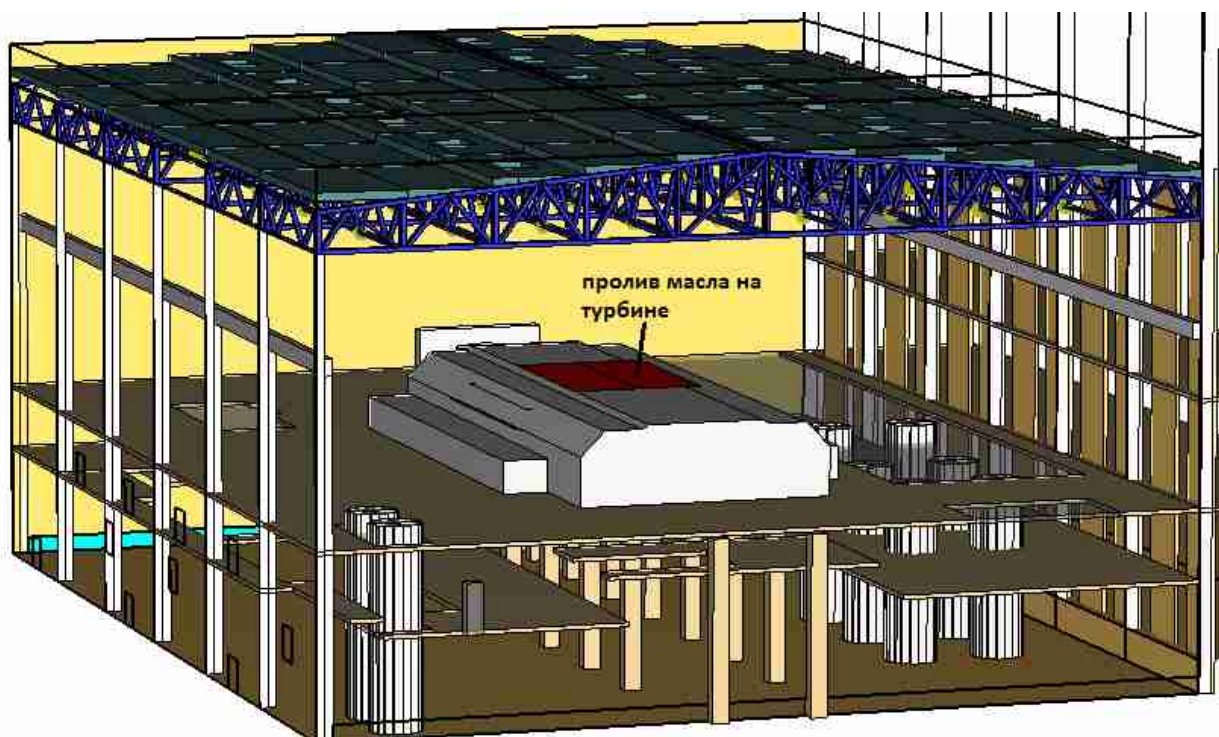
8. Сценарий 1. Пролив масла

8.1. Параметры модели

Происходит пролив масла по поверхности турбины, площадью 200 м², на отметке +16,000. В момент начала моделирования происходит мгновенное воспламенение масла по всей площади пролива.

Параметры горючей нагрузки [3]:

Площадь пролива, м ²	200
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	41,9
Удельная массовая скорость выгорания, кг/м ² *с	0,03
Удельное дымообразование Dm. Нп/кг*м ²	243
Удельное поглощение кислорода Lo2, кг/кг	0,282
Удельное выделение углекислого газа Lco2, кг/кг	0,7
Удельное выделение угарного газа Lco, кг/кг	0,122
Удельная скорость тепловыделения составляет, кВт/м ²	1257



Расположение поверхности горения

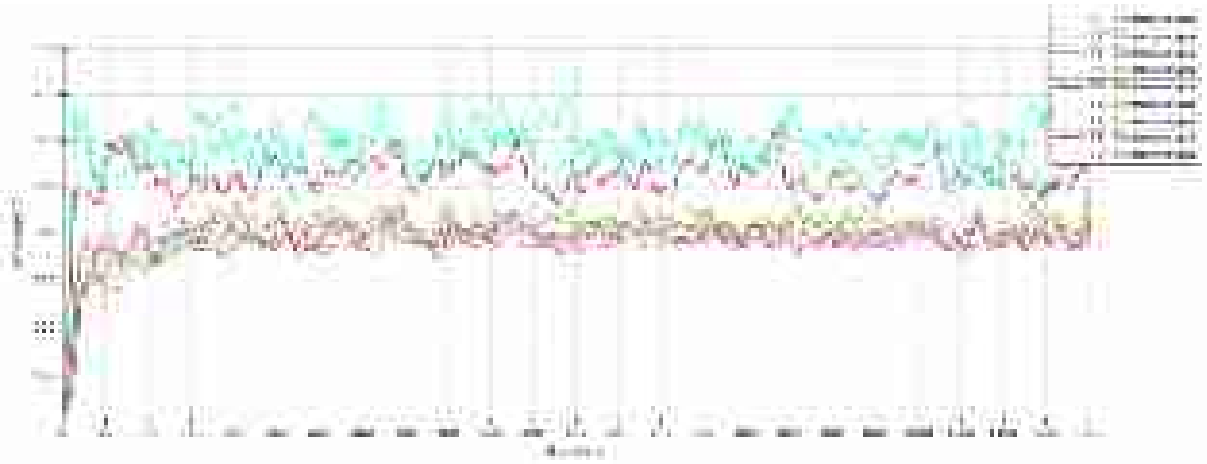
Записи FDS:

```
&REAC ID='Турбинное масло',
    FYI='Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факторов пожара в
    помещении: Учебное пособие.',
    FUEL='REAC_FUEL',
    C=6.9,
    H=14.6,
```

```
O=12.9,  
SOOT_H_FRACTION=0.0,  
CO_YIELD=0.122,  
SOOT_YIELD=0.028/  
  
&SURF ID='Турбинное масло ',  
FYI='Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факторов пожара в  
помещении: Учебное пособие.',  
COLOR='RED',  
HRRPUA=1257.0/  
  
&VENT SURF_ID='Турбинное масло ', XB=24.0,36.0,-27.0,-23.0,16.0,16.0/  
&VENT SURF_ID='Турбинное масло ', XB=24.0,36.0,-31.0,-27.0,16.0,16.0/
```

8.2. Сценарий 1а. Исходный

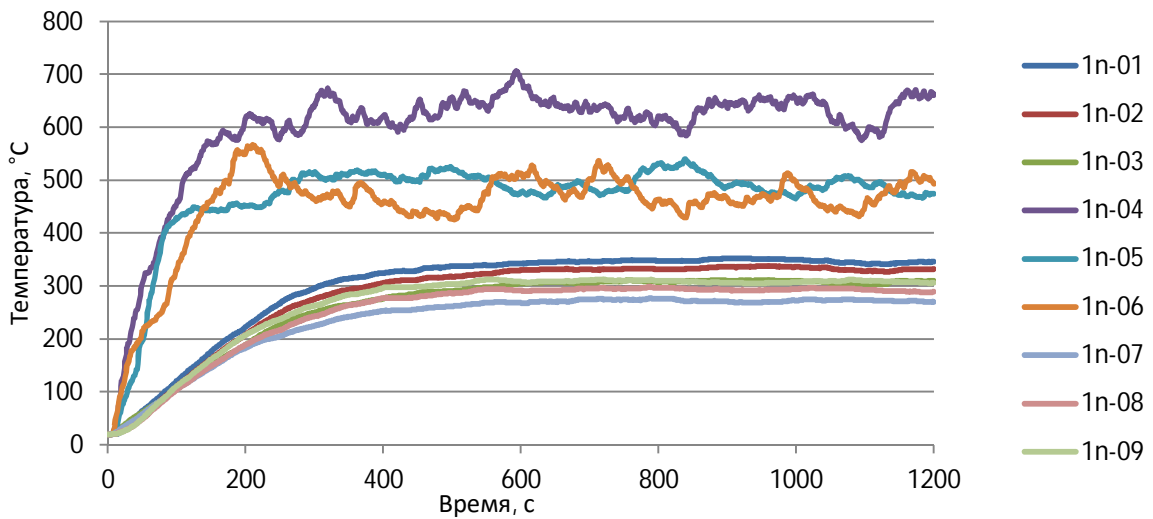
Температура газовой среды



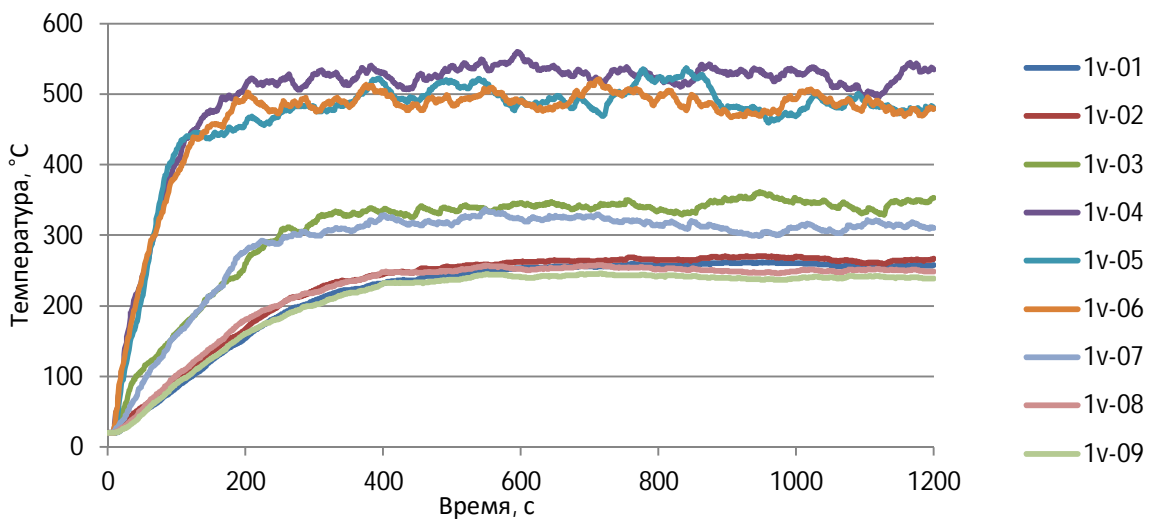
8.2.1. Фермы

Ферма 3 пояс (без защиты)

Нижние элементы

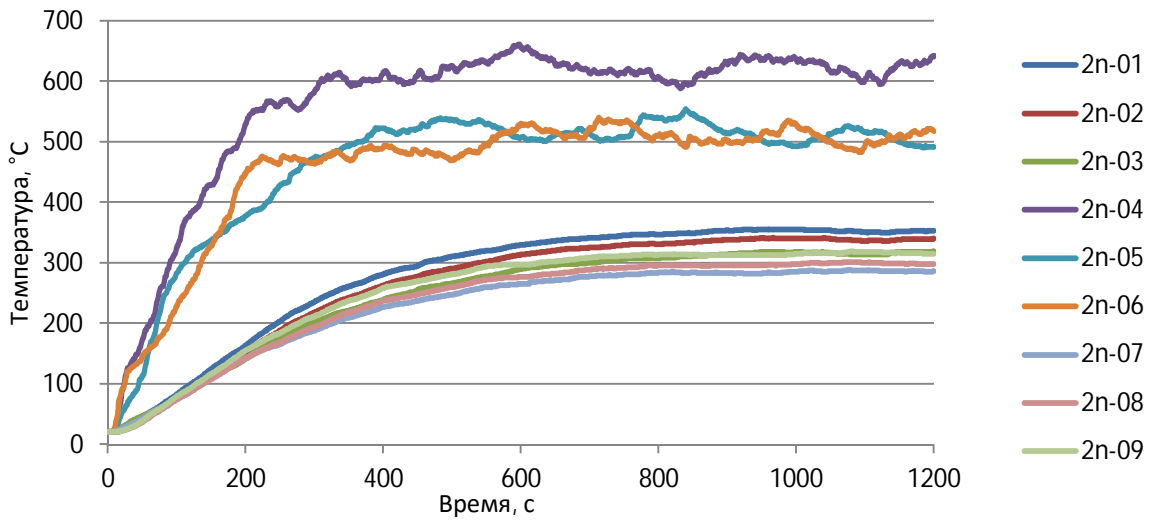


Верхние элементы

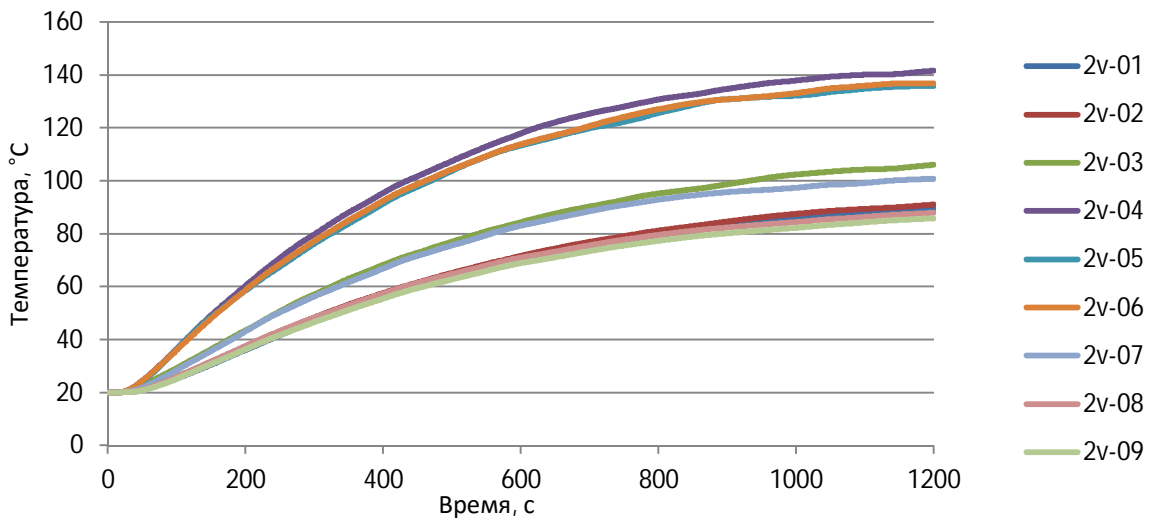


Ферма 3 пояс (конструктивная огнезащита)

Нижние элементы

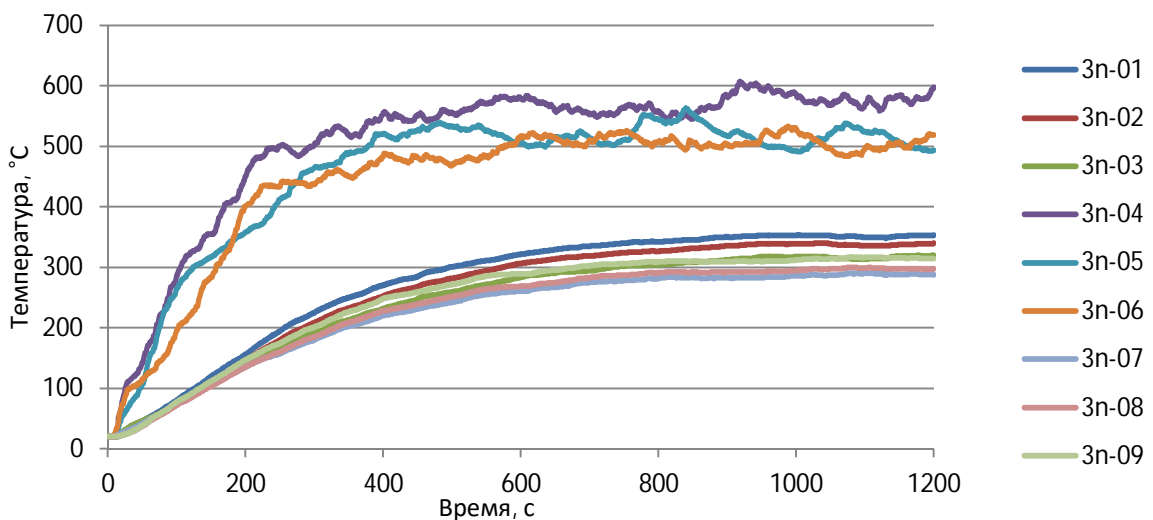


Верхние элементы

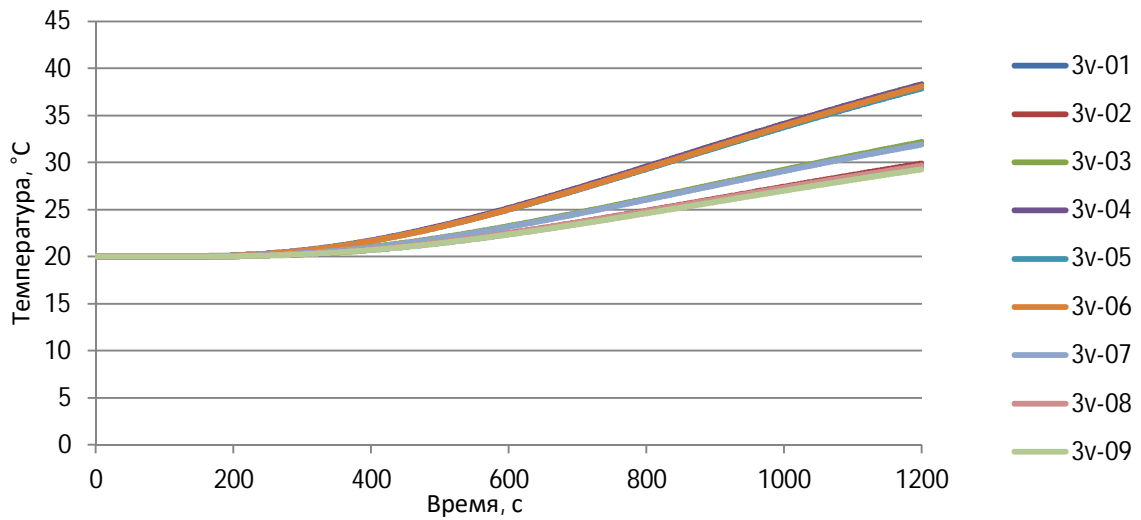


Ферма 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

Нижние элементы

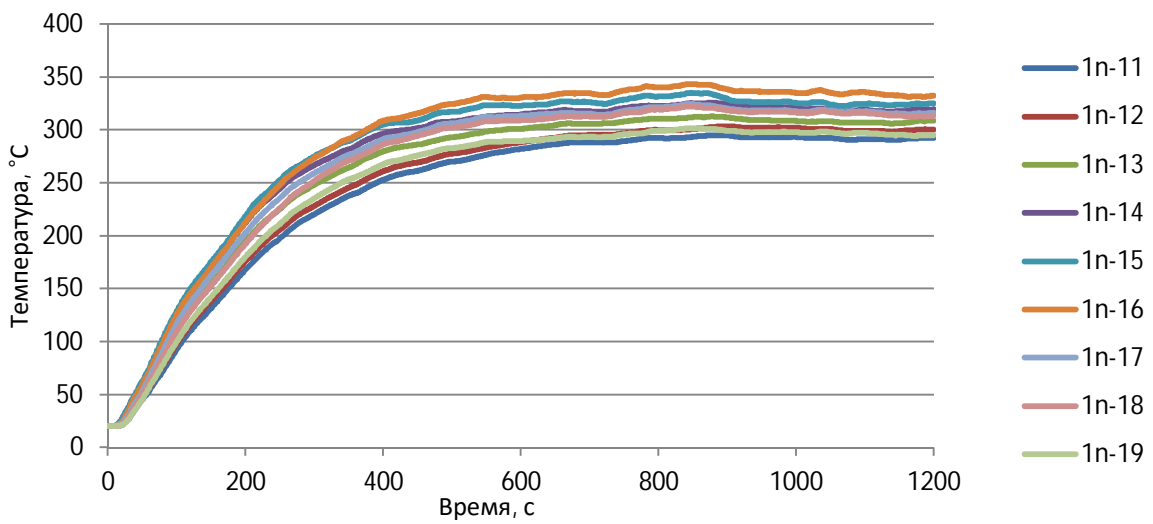


Верхние элементы

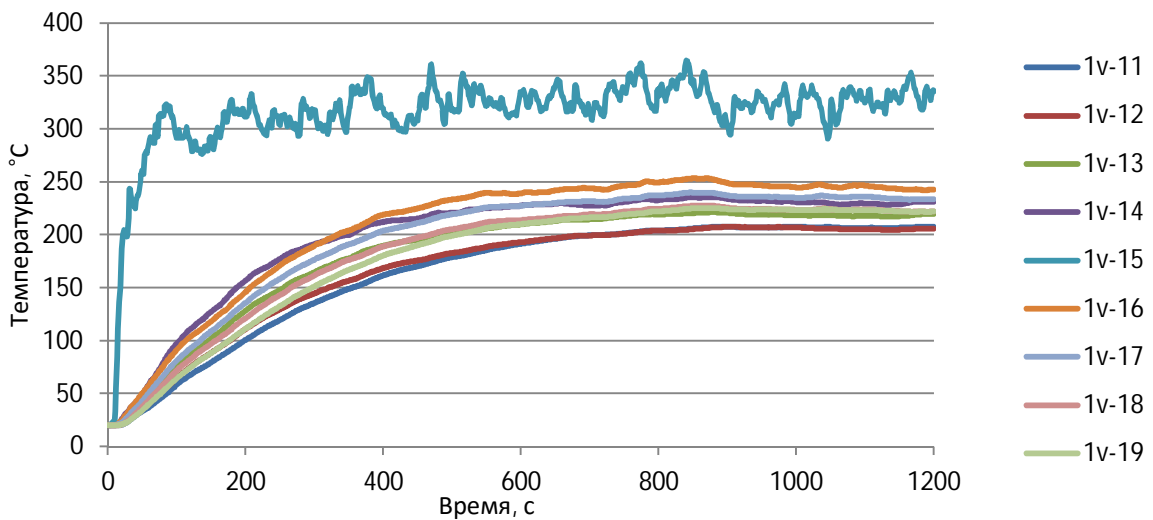


Ферма 1 пояс (без защиты)

Нижние элементы

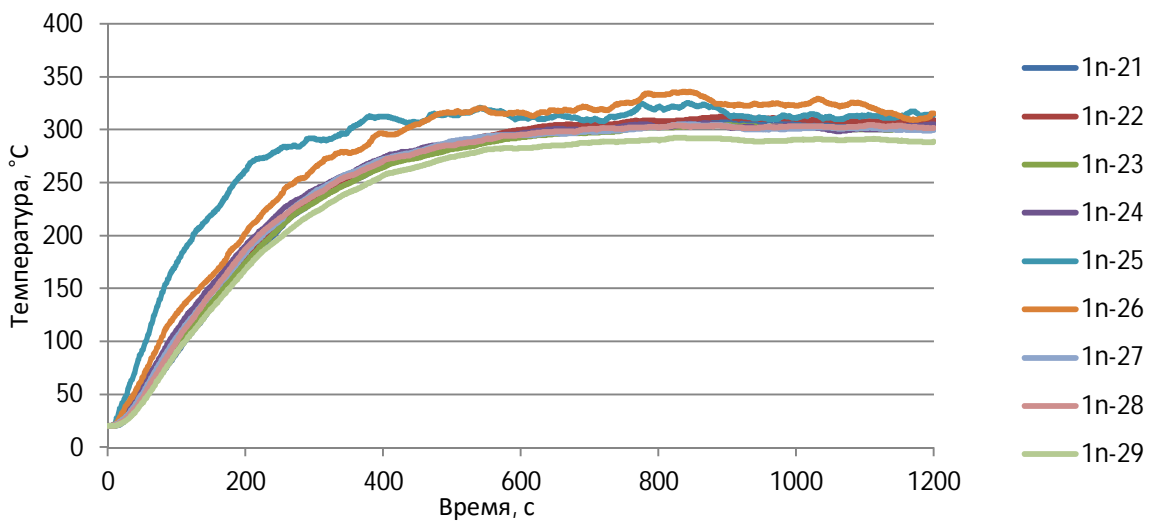


Верхние элементы

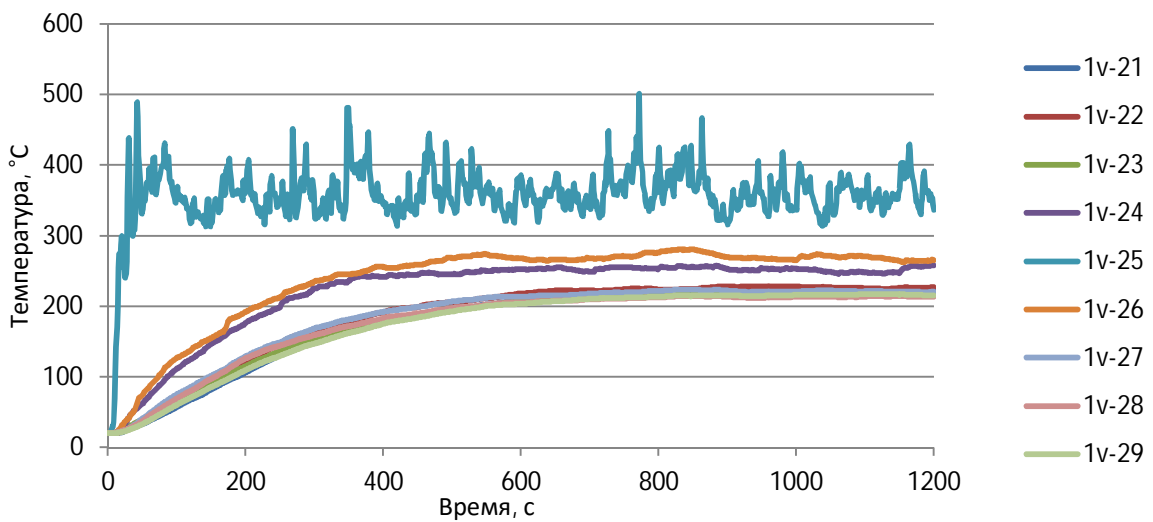


Ферма 2 пояс (без защиты)

Нижние элементы

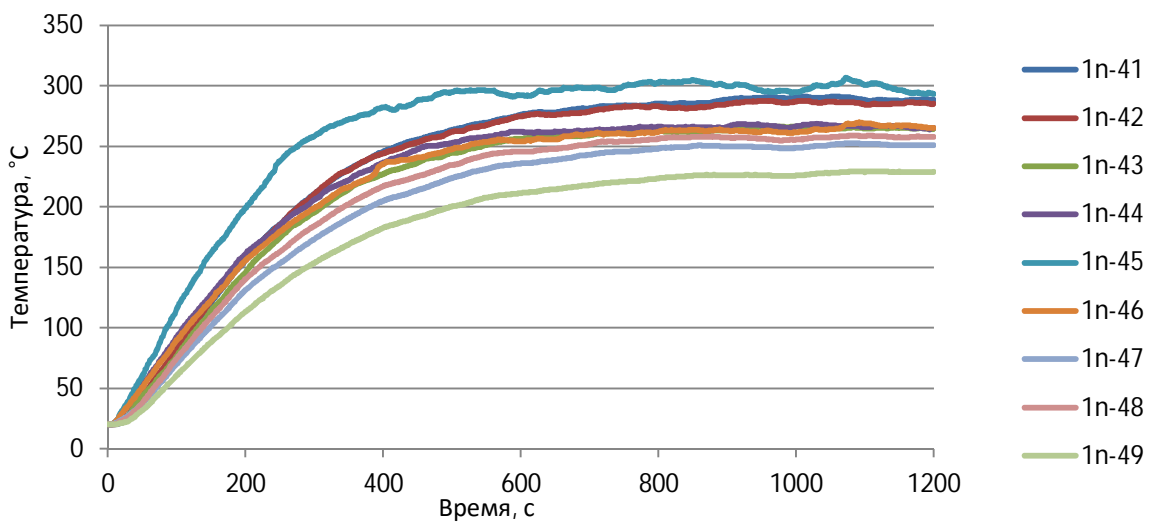


Верхние элементы

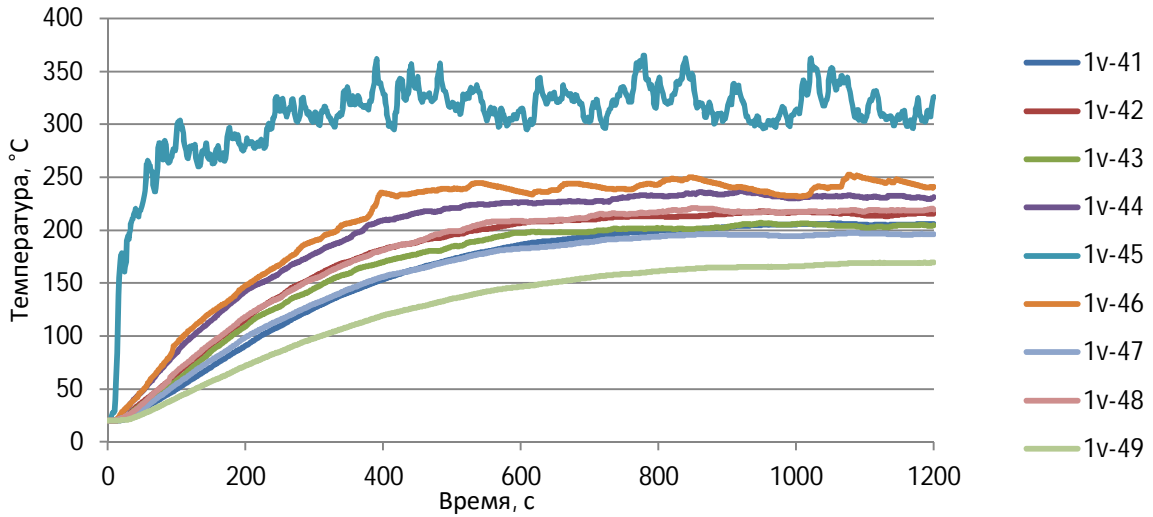


Ферм 4 пояс (без защиты)

Нижние элементы

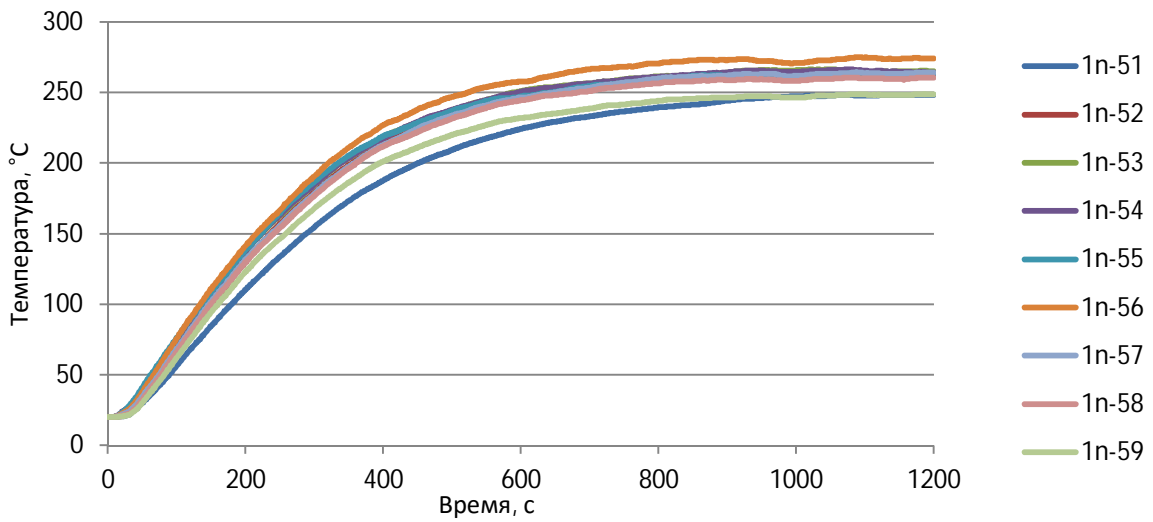


Верхние элементы

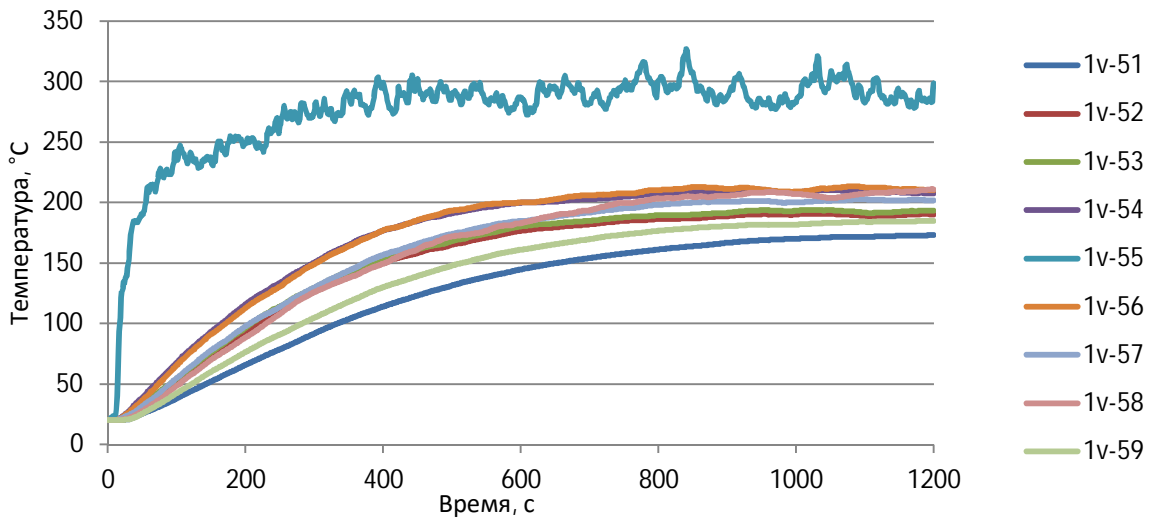


Ферма 5 пояс (без защиты)

Нижние элементы

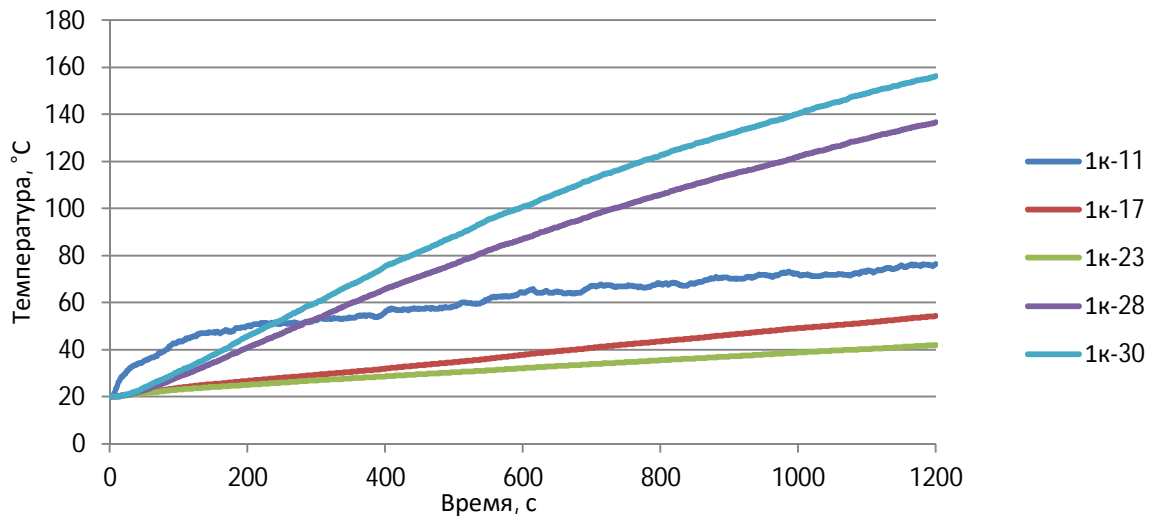


Верхние элементы

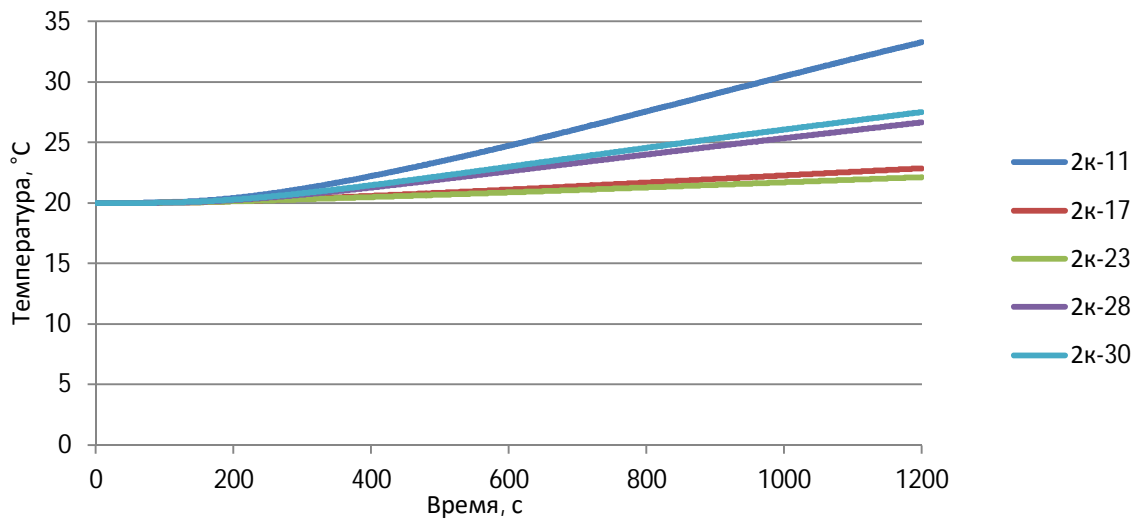


8.2.2. Колонны

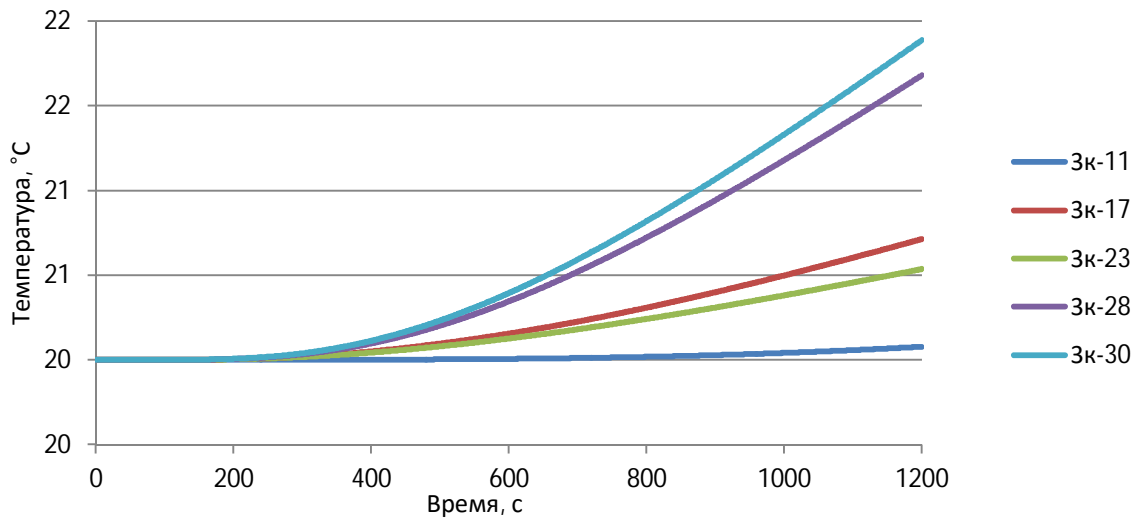
Колонны 3 пояс (без защиты)



Колонны 3 пояс (конструктивная огнезащита)

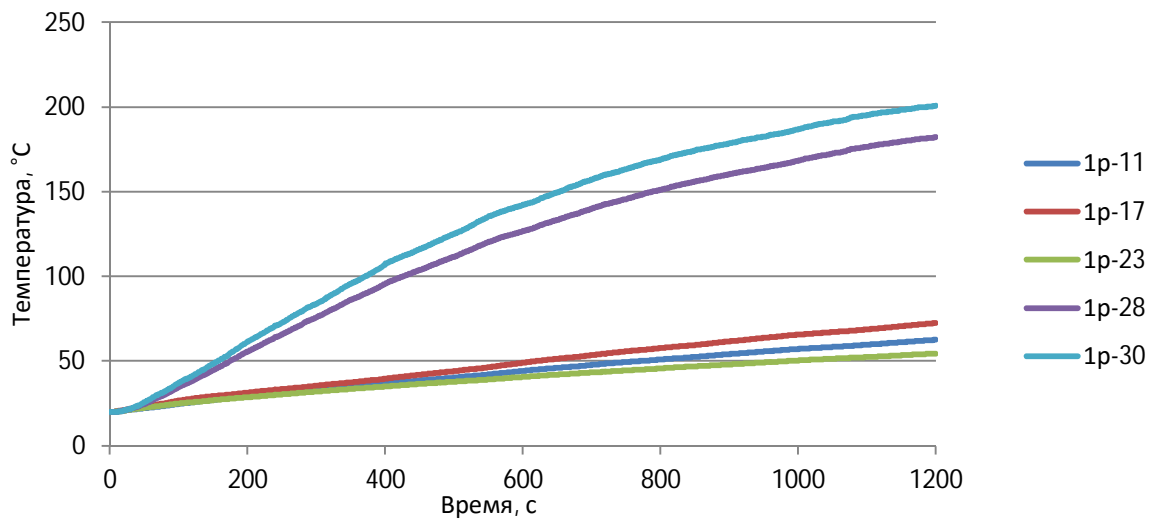


Колонны 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

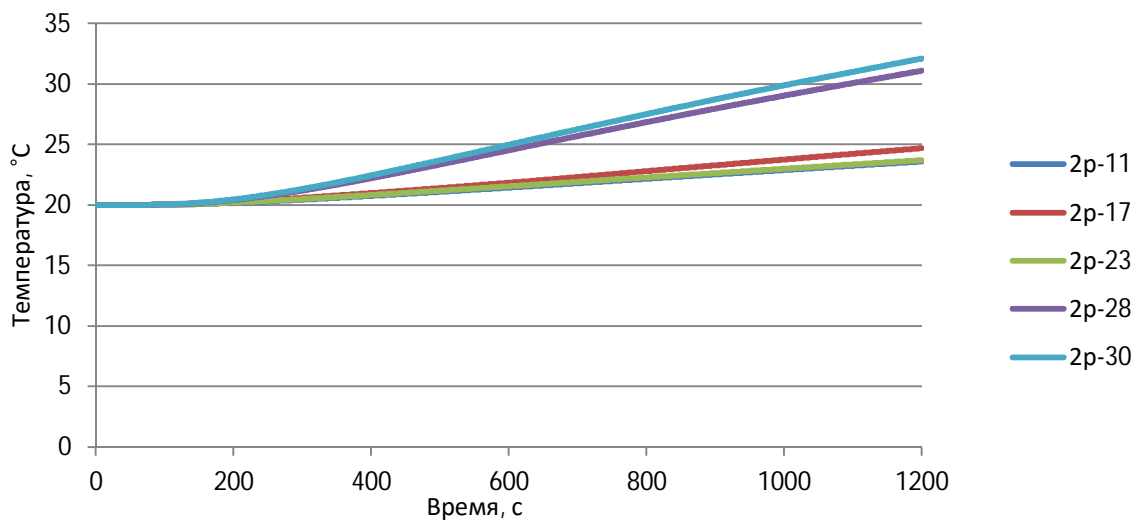


8.2.3. Ригели

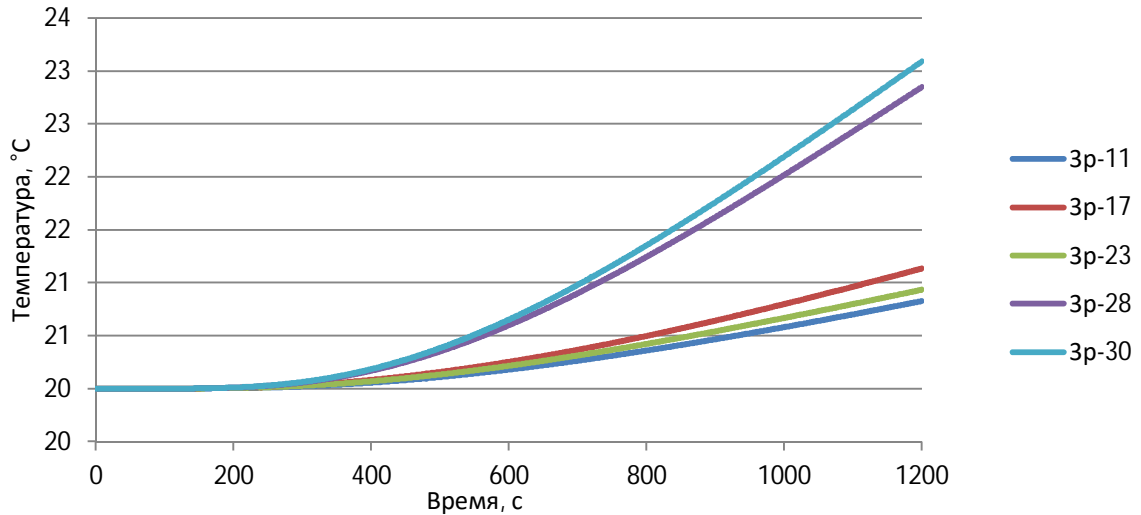
Ригели 3 пояс (без защиты)



Ригели 3 пояс (конструктивная огнезащита)



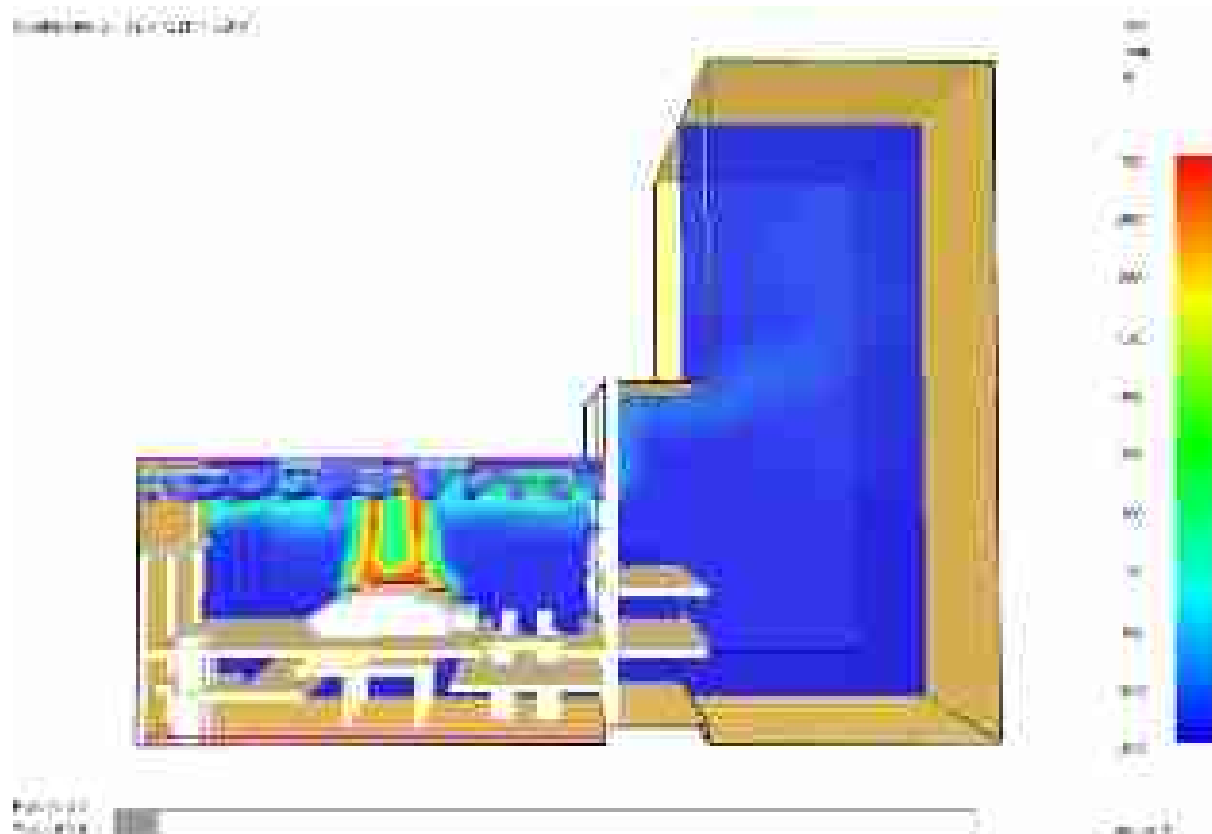
Ригели 3 пояс (неконструктивная огнезащита)



8.2.4. Визуализация данных

Температура

Через 1 минуту после начала пожара

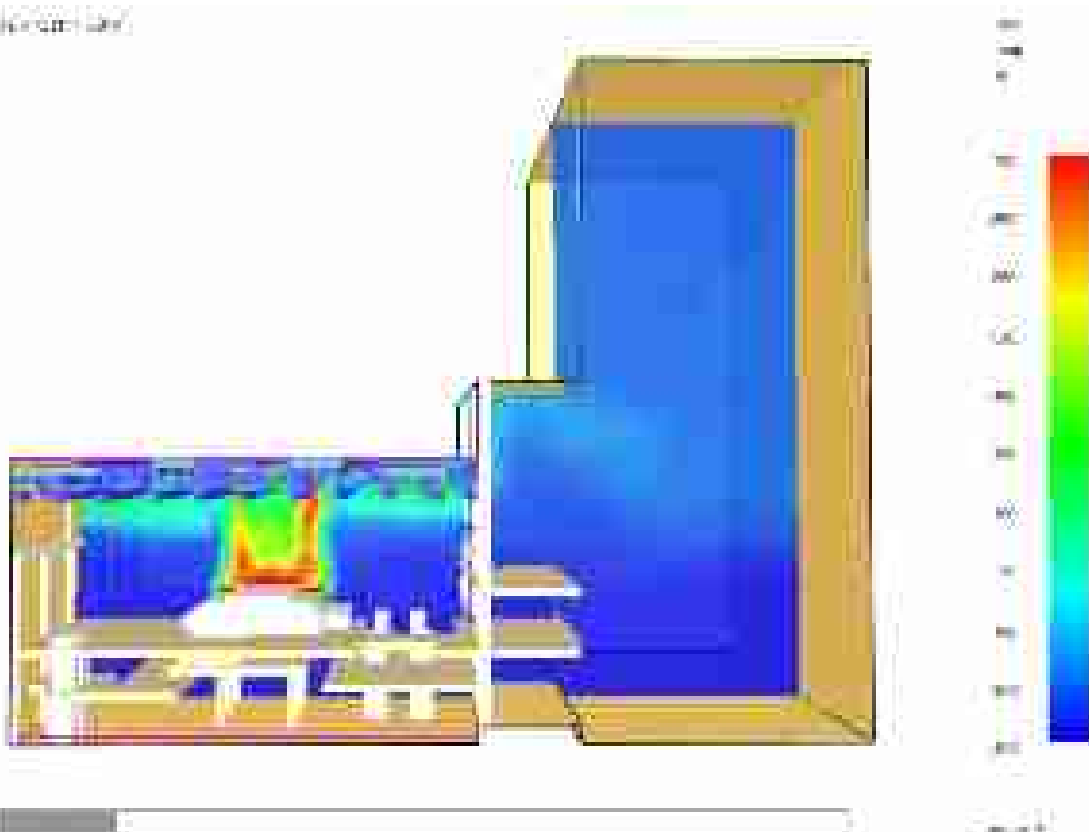


Через 2 минуты после начала пожара



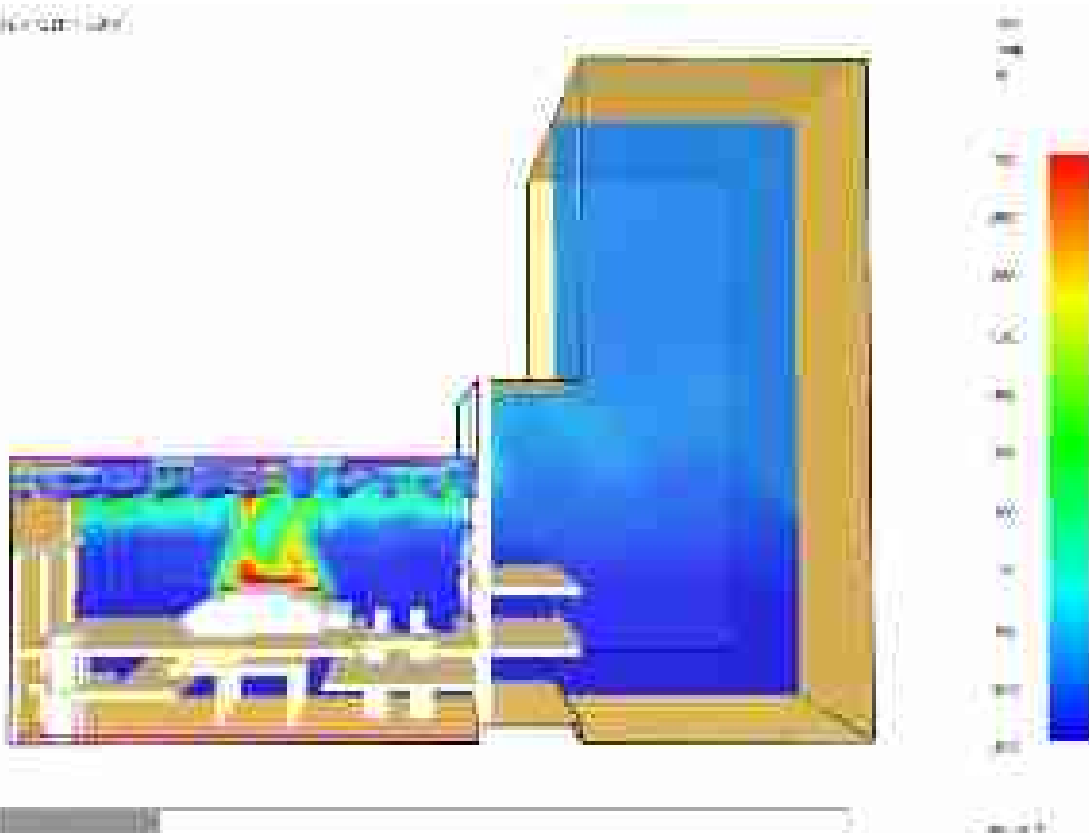
Через 3 минуты после начала пожара

Модель: 3D (3D-модель)

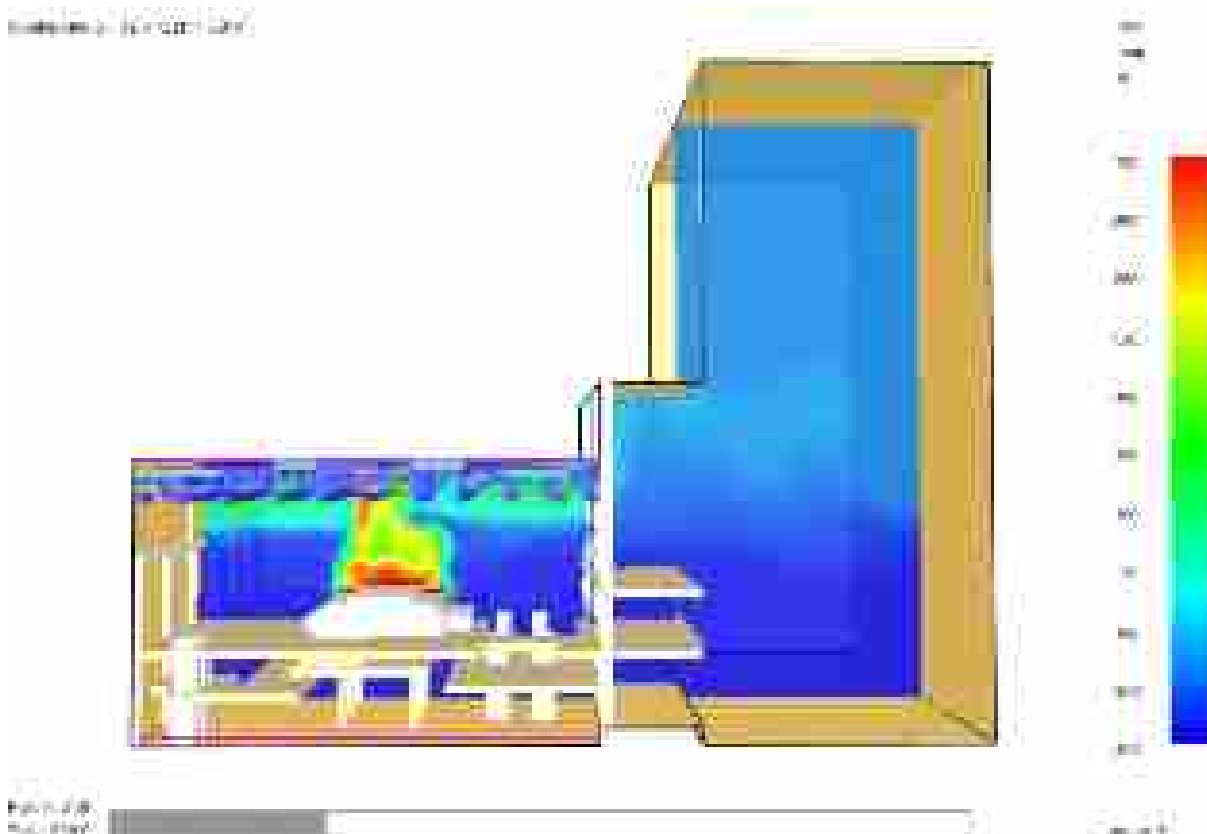


Через 4 минуты после начала пожара

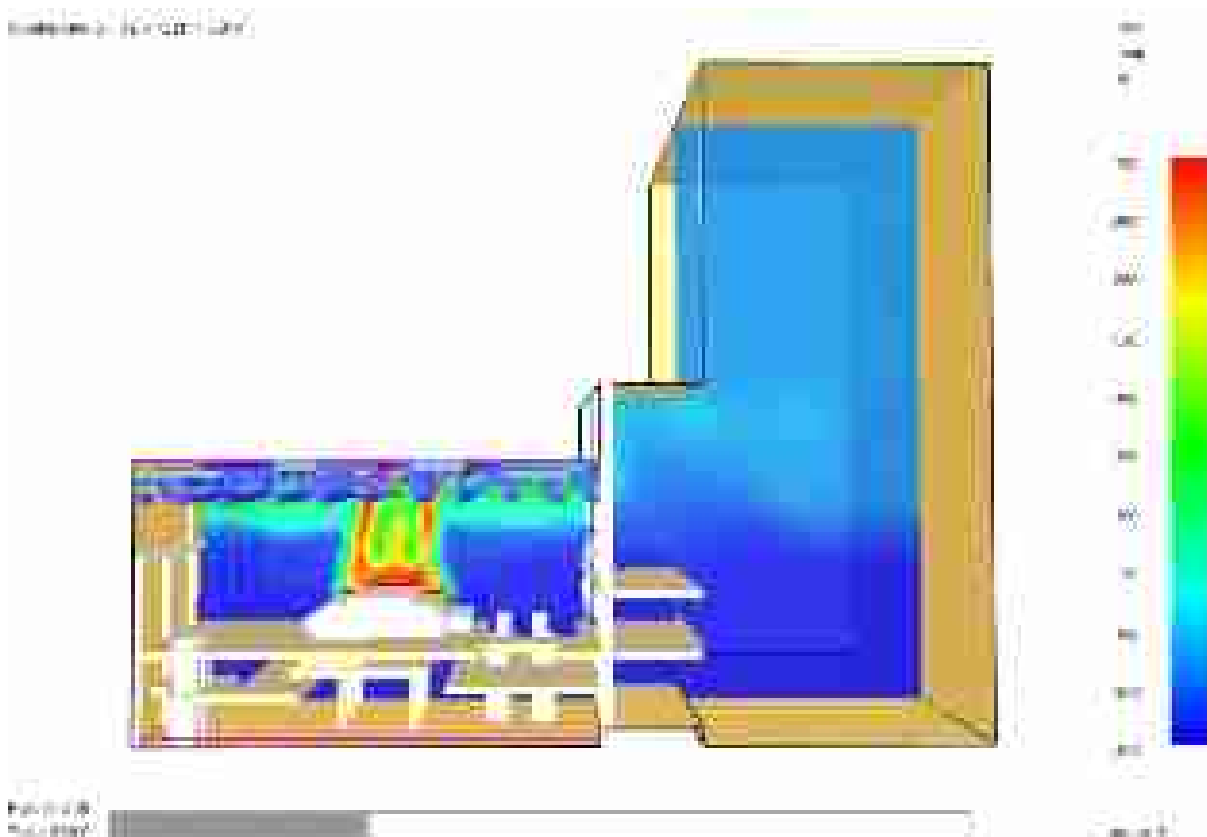
Модель: 3D (3D-модель)



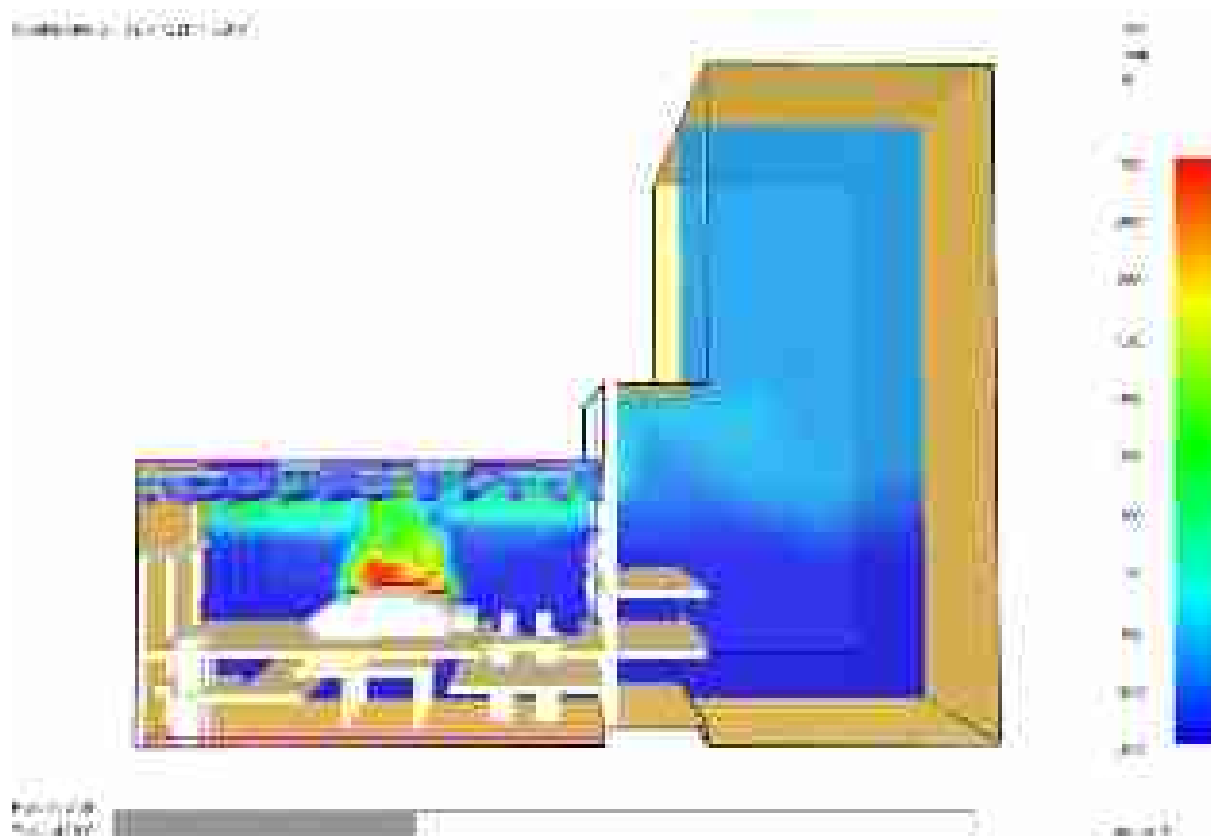
Через 5 минут после начала пожара



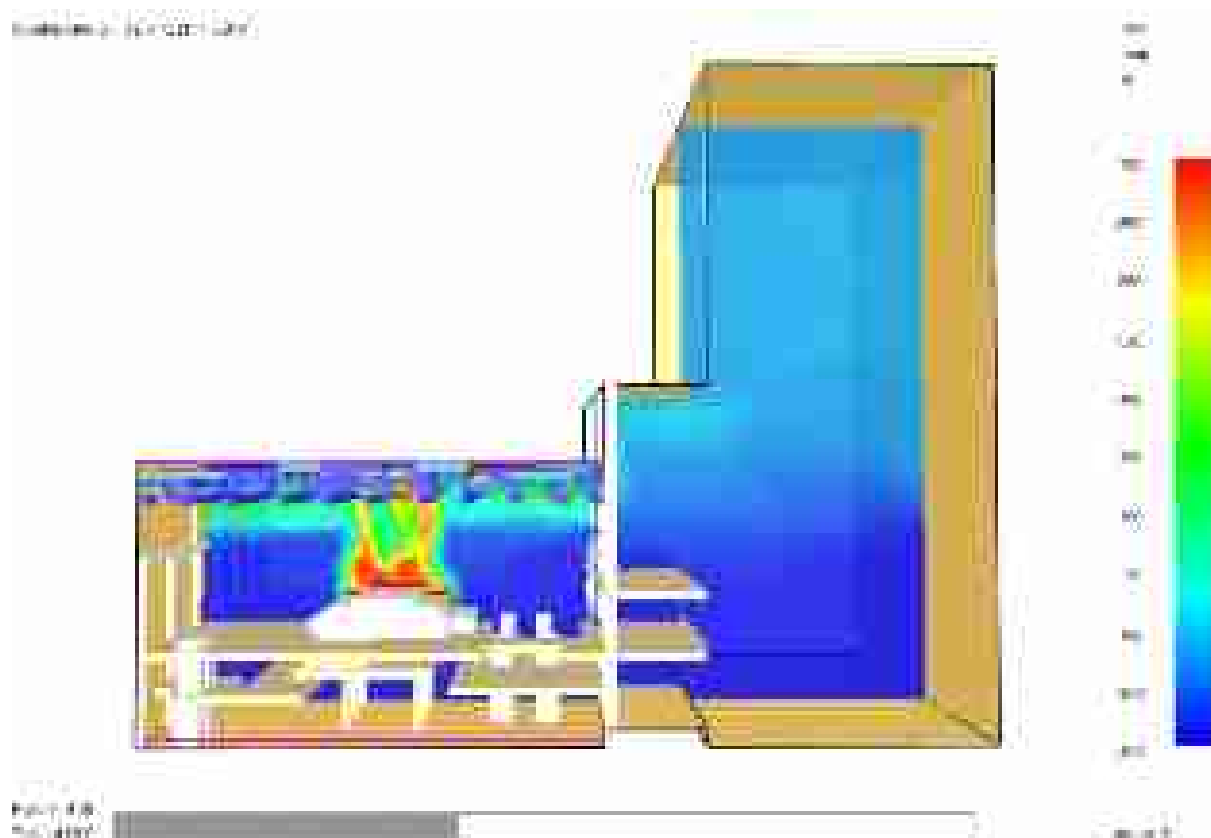
Через 6 минут после начала пожара



Через 7 минут после начала пожара

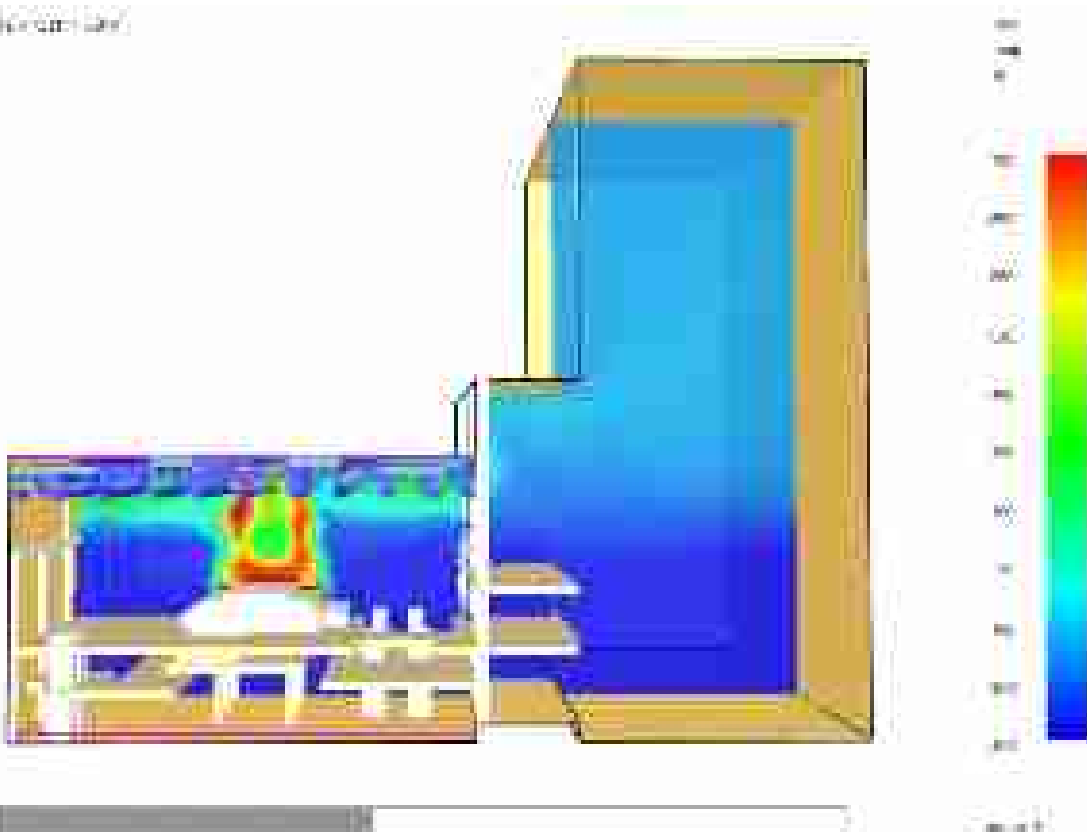


Через 8 минут после начала пожара



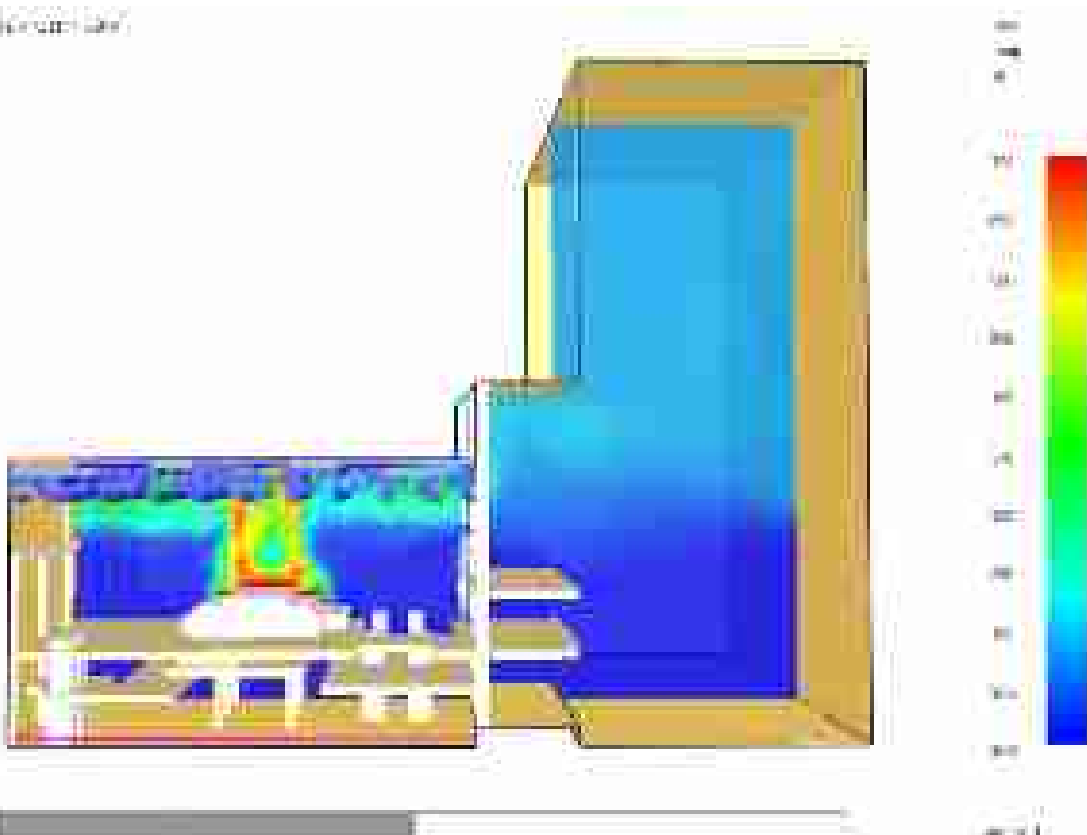
Через 9 минут после начала пожара

Модель: 3D (3D-модель)

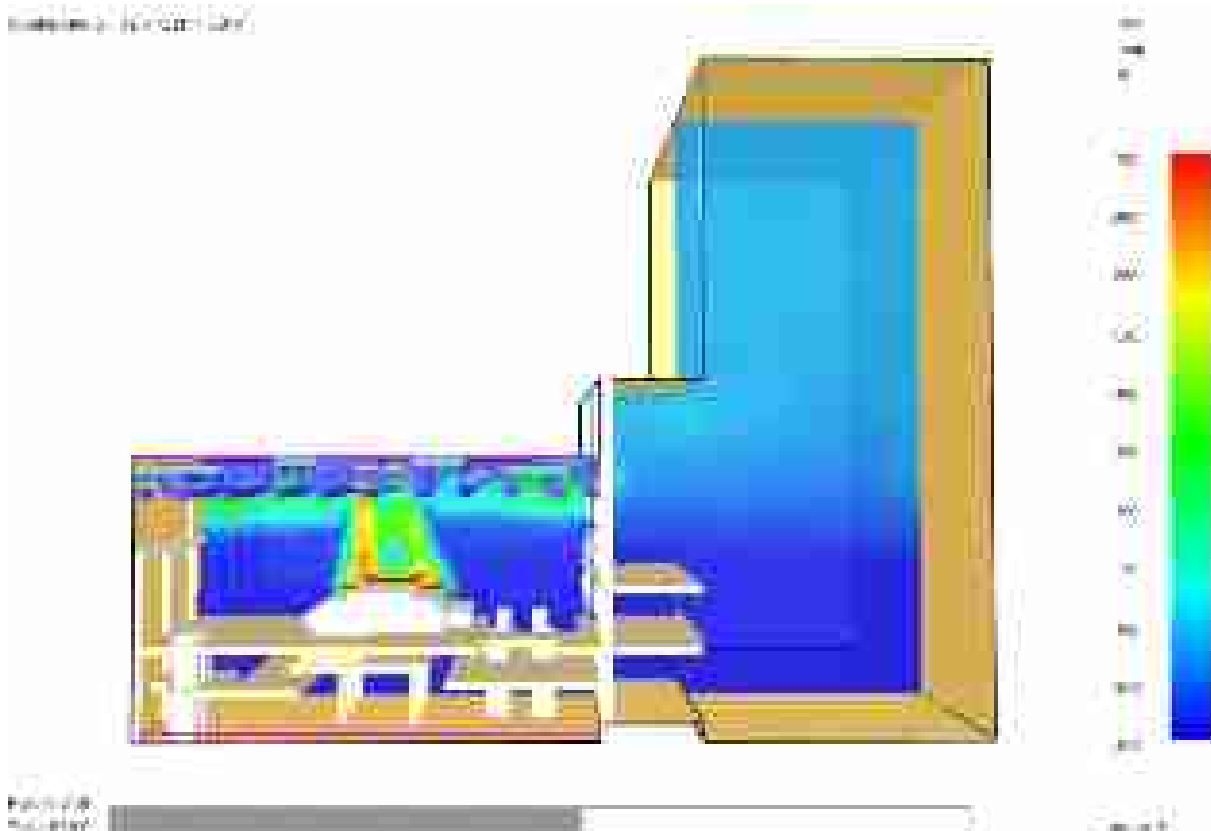


Через 10 минут после начала пожара

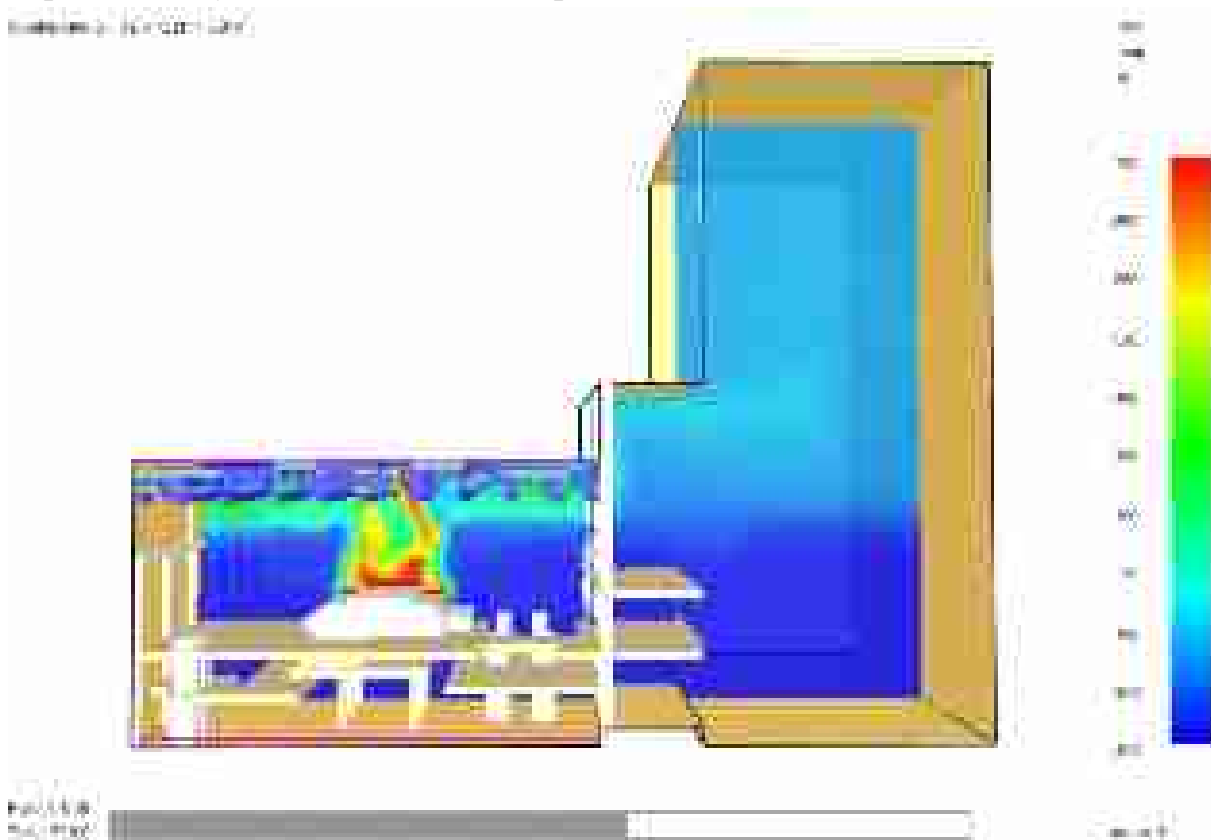
Модель: 3D (3D-модель)



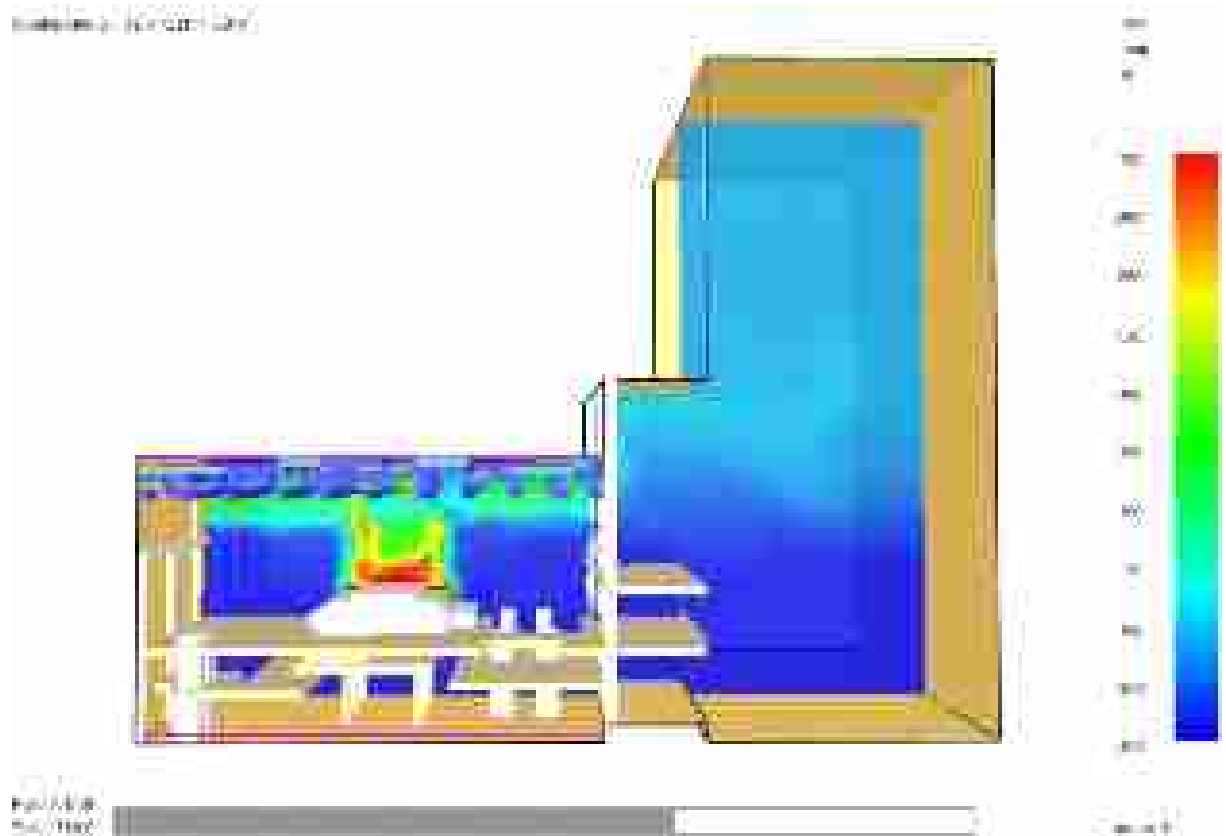
Через 11 минут после начала пожара



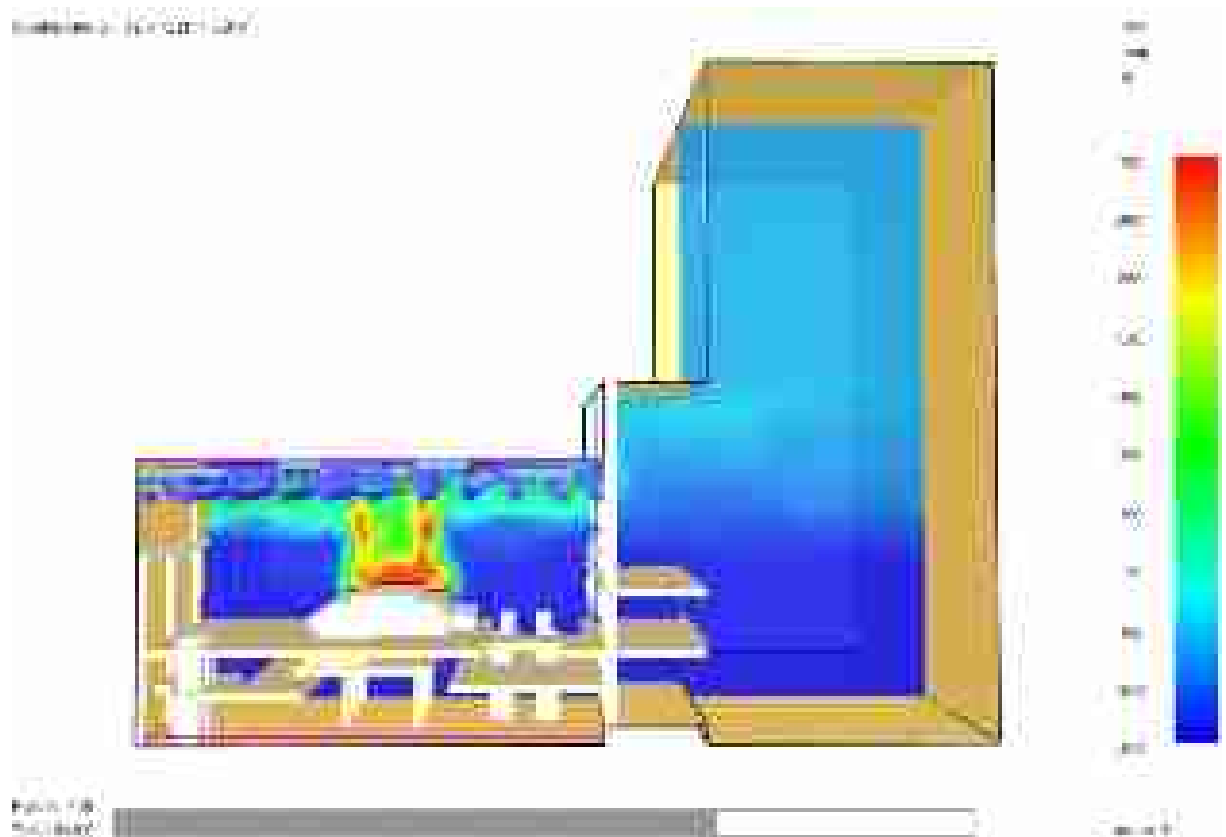
Через 12 минут после начала пожара



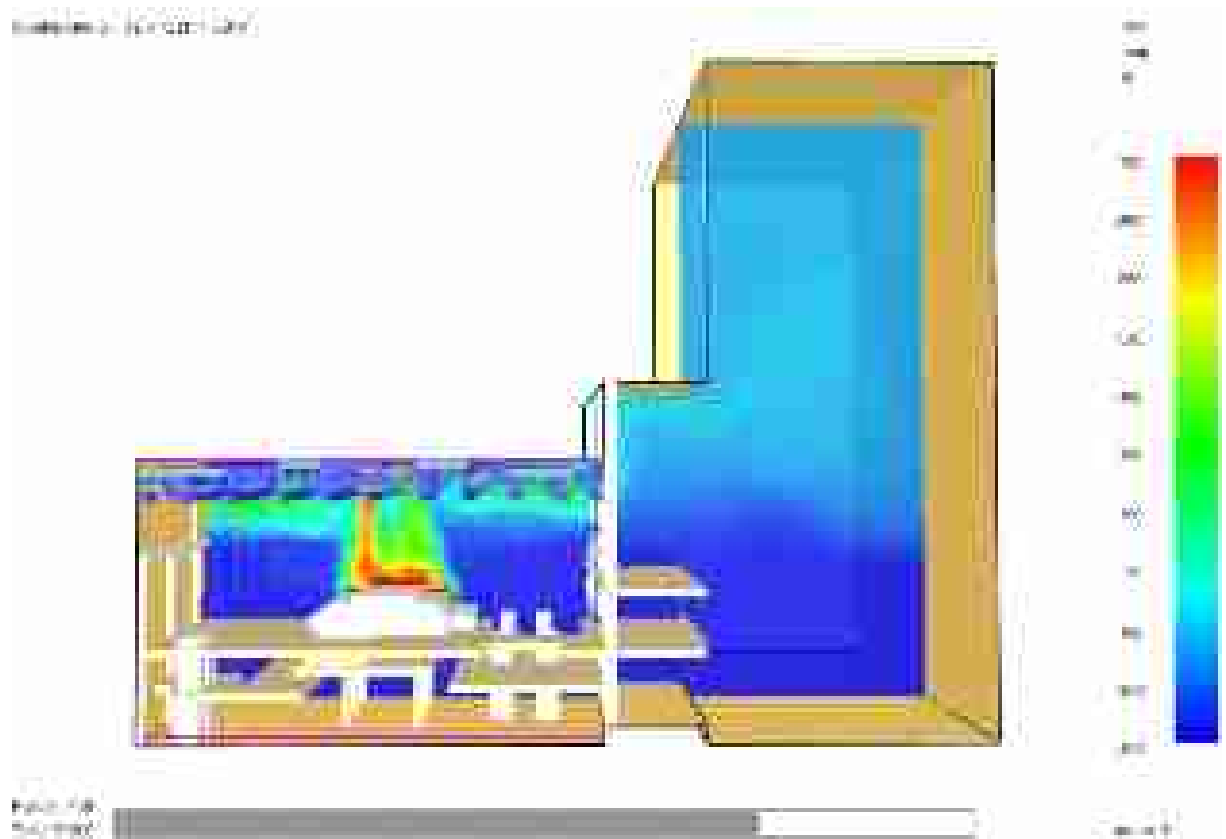
Через 13 минут после начала пожара



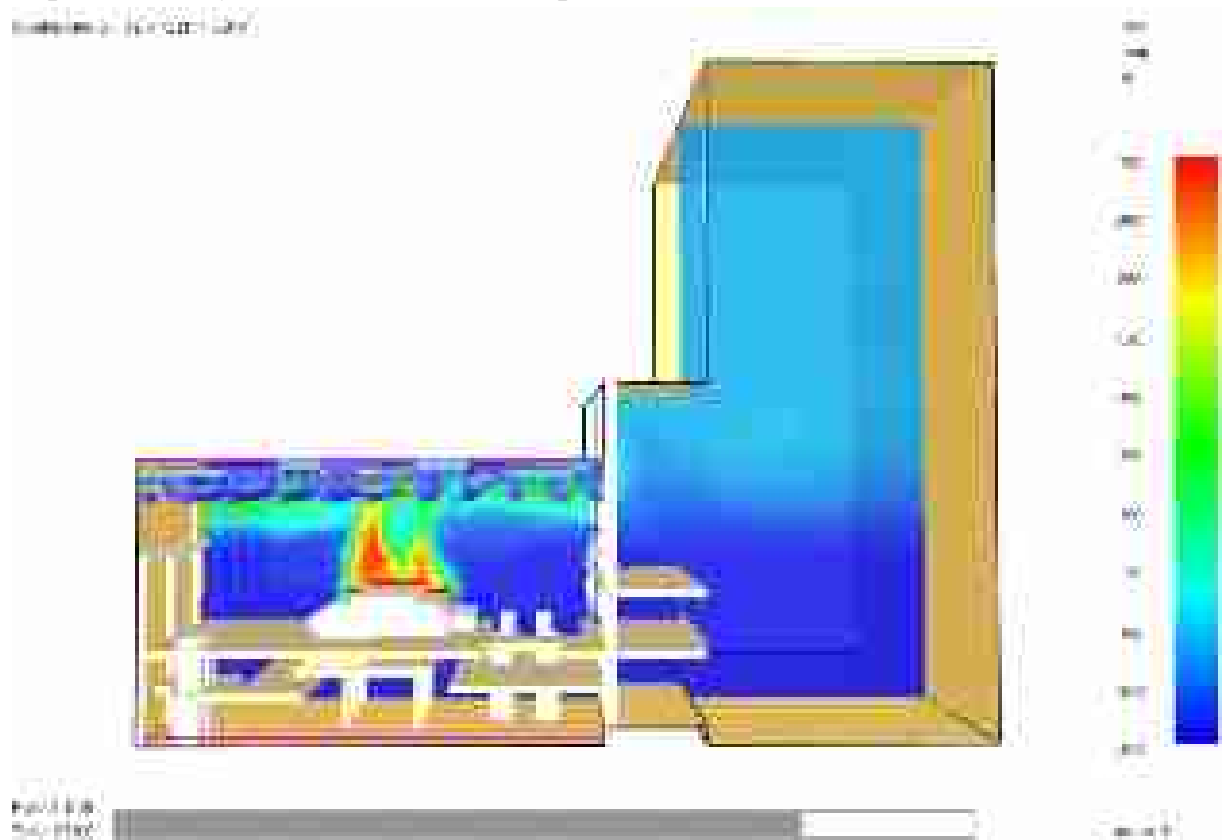
Через 14 минут после начала пожара



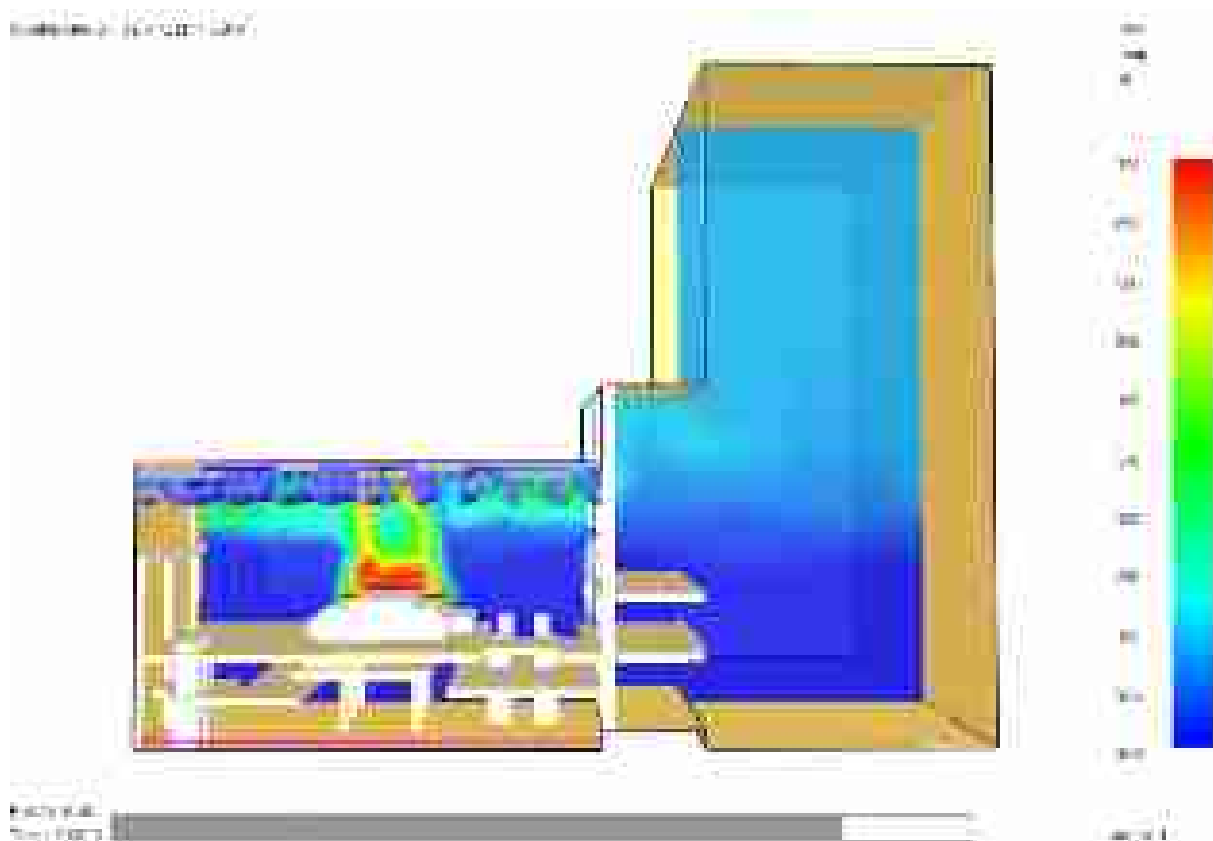
Через 15 минут после начала пожара



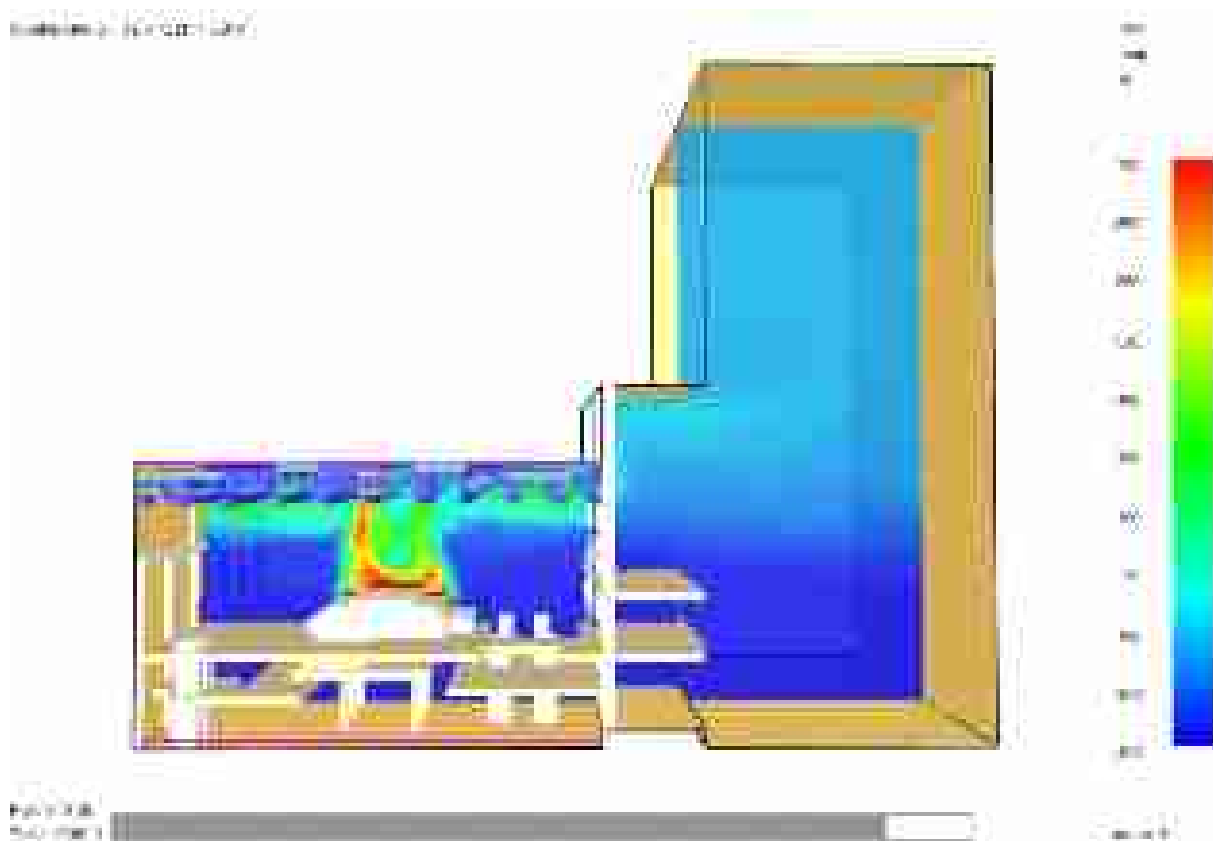
Через 16 минут после начала пожара



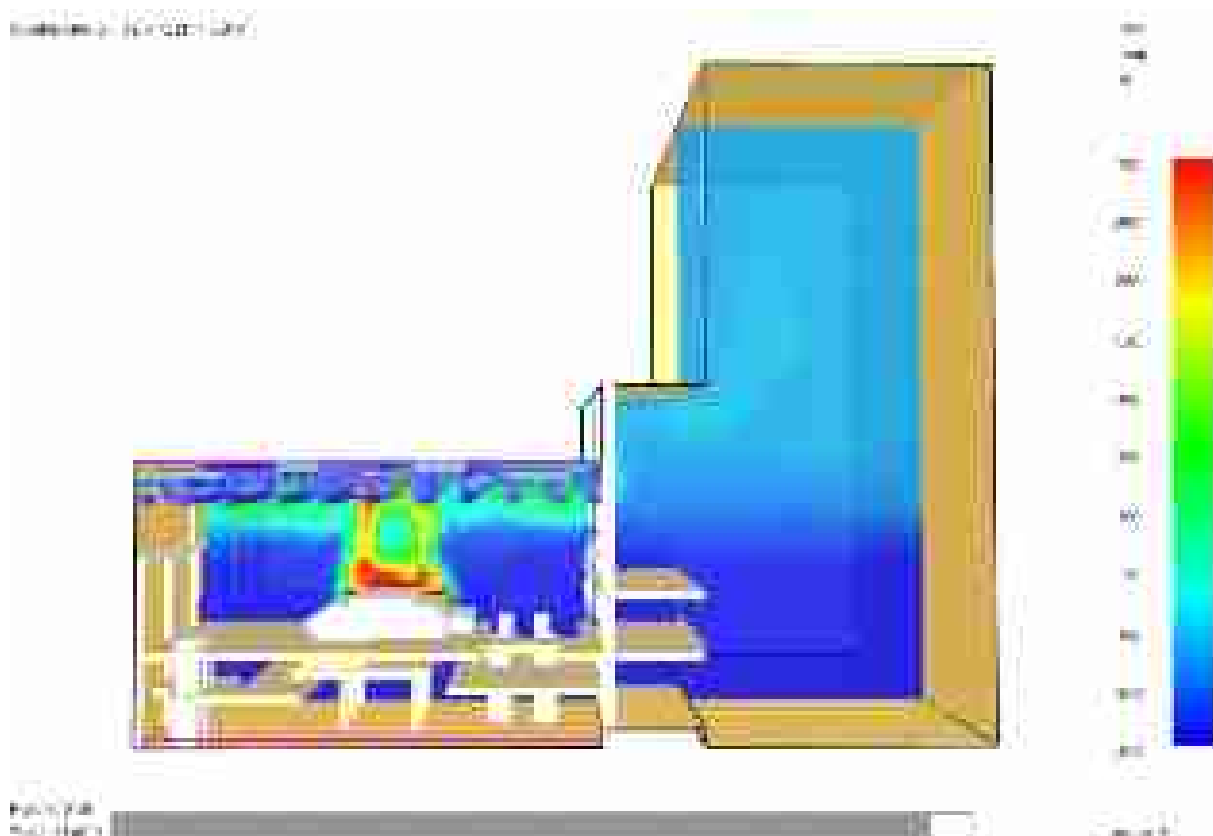
Через 17 минут после начала пожара



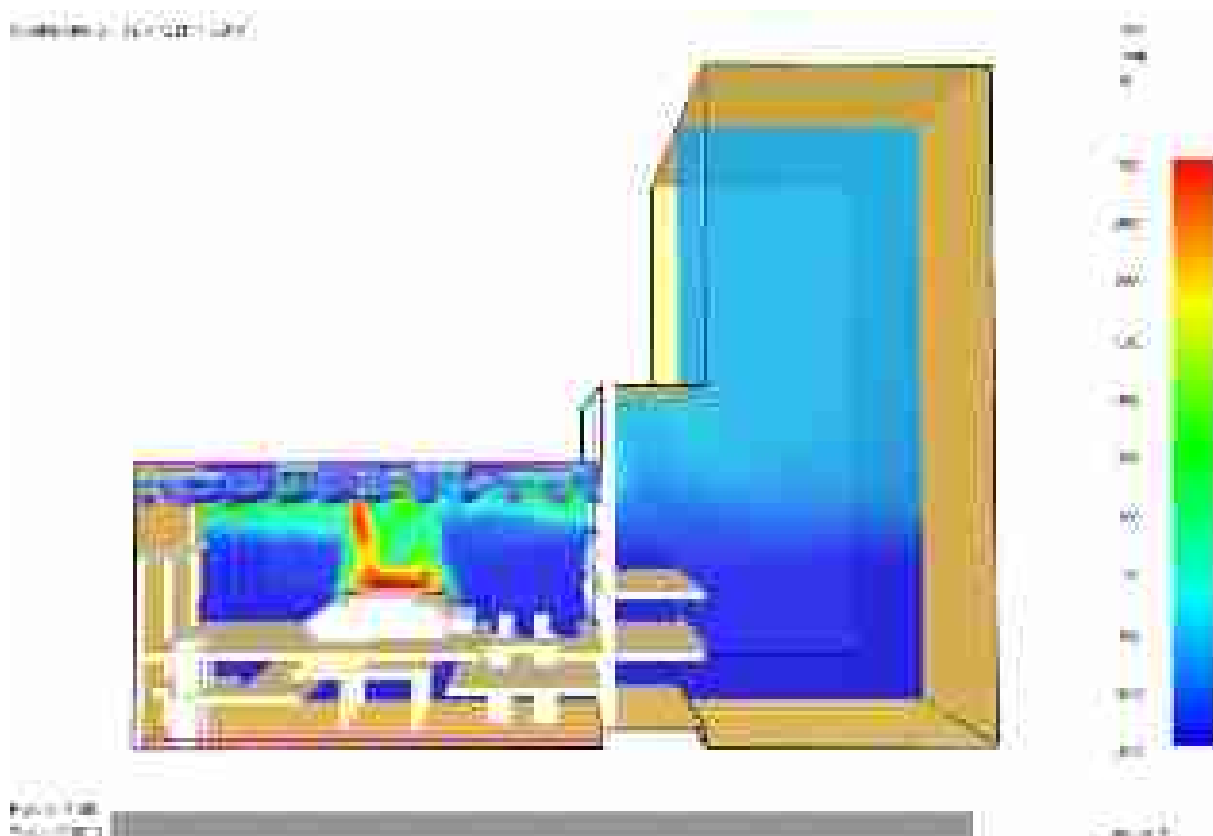
Через 18 минут после начала пожара



Через 19 минут после начала пожара



Через 20 минут после начала пожара



Тепловыделение

Через 1 минуту после начала пожара

Выходные данные (создан 12.01.2017)



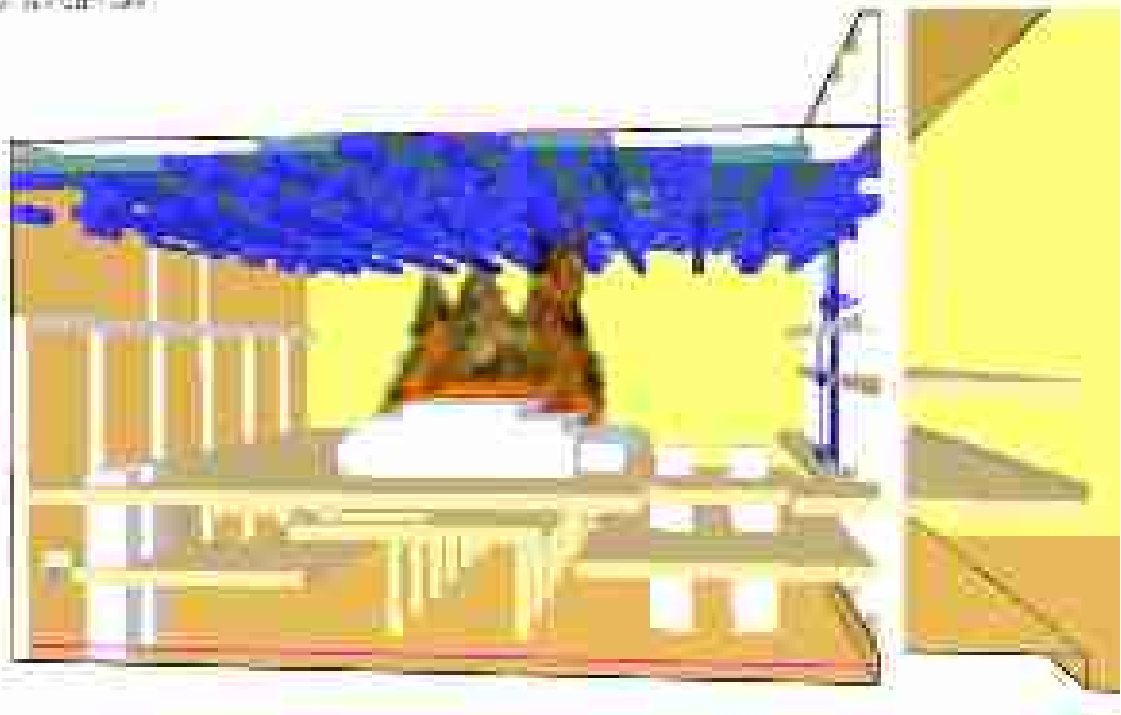
Через 2 минуты после начала пожара

Выходные данные (создан 12.01.2017)



Через 3 минуты после начала пожара

Выход из зала (00:00:00) (00:03:00)



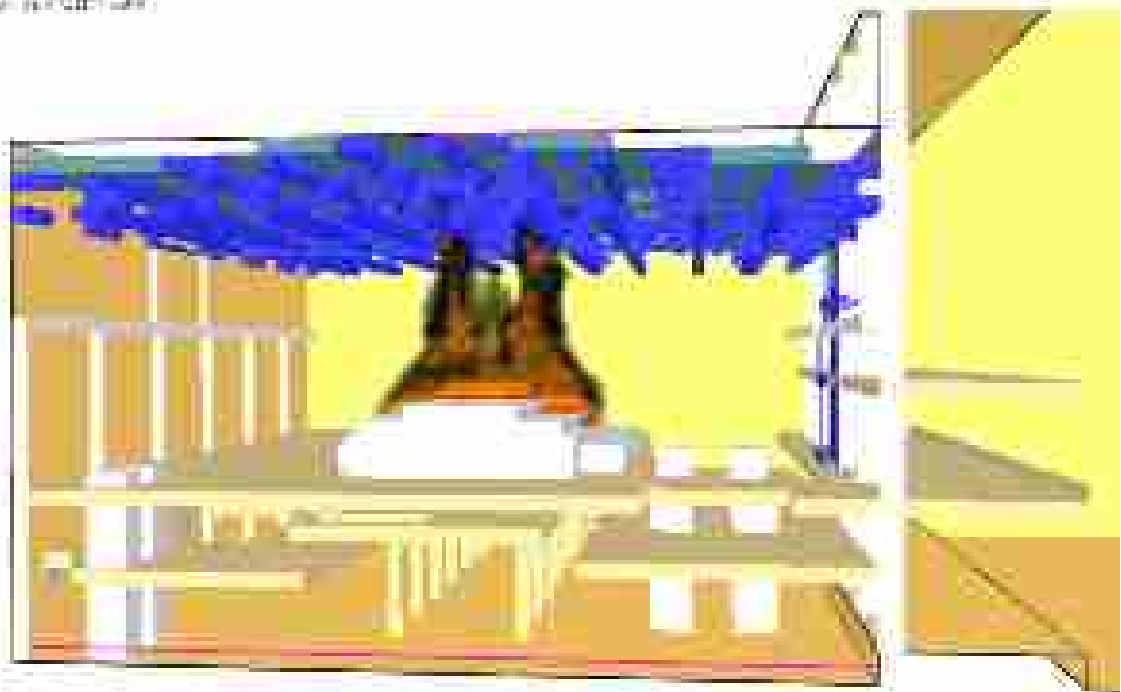
Выход из зала
00:00:00
00:03:00

00:03:00

00:03:00

Через 4 минуты после начала пожара

Выход из зала (00:00:00) (00:04:00)



Выход из зала
00:00:00
00:04:00

00:04:00

00:04:00

Через 5 минут после начала пожара

Вид с камеры (00:00:05.000)



Через 6 минут после начала пожара

Вид с камеры (00:00:06.000)



Через 7 минут после начала пожара

Время: 00:00:07



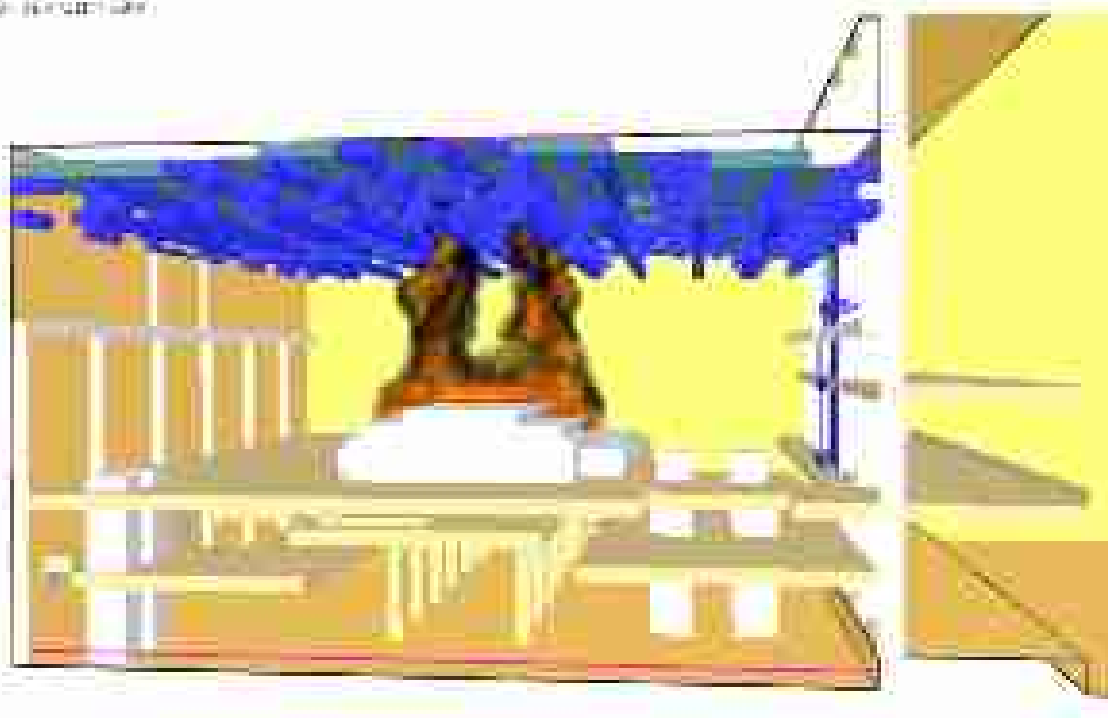
Через 8 минут после начала пожара

Время: 00:00:08



Через 9 минут после начала пожара

Модель (3D) (00:00:09.000)



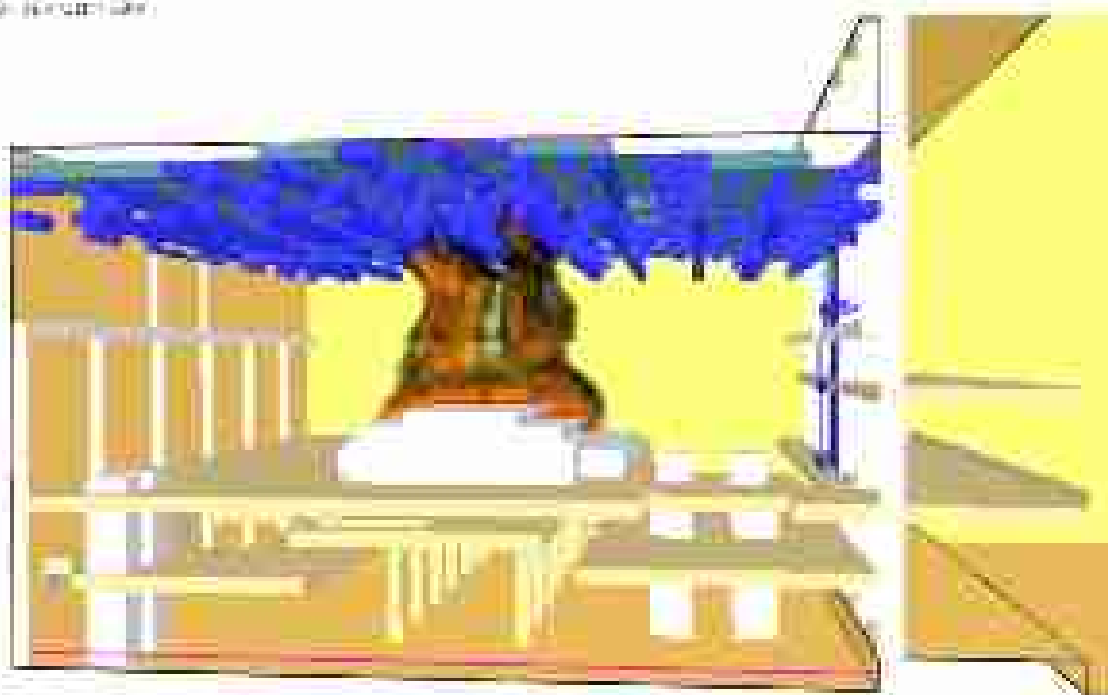
Модель (3D)
Время: 00:09:00
00:00:09.000

00:00:09.000

00:00:09.000

Через 10 минут после начала пожара

Модель (3D) (00:00:10.000)



Модель (3D)
Время: 00:10:00
00:00:10.000

00:00:10.000

00:00:10.000

Через 11 минут после начала пожара

Выходной файл: (C:\Program Files\Autodesk\Revit\Projects\...)



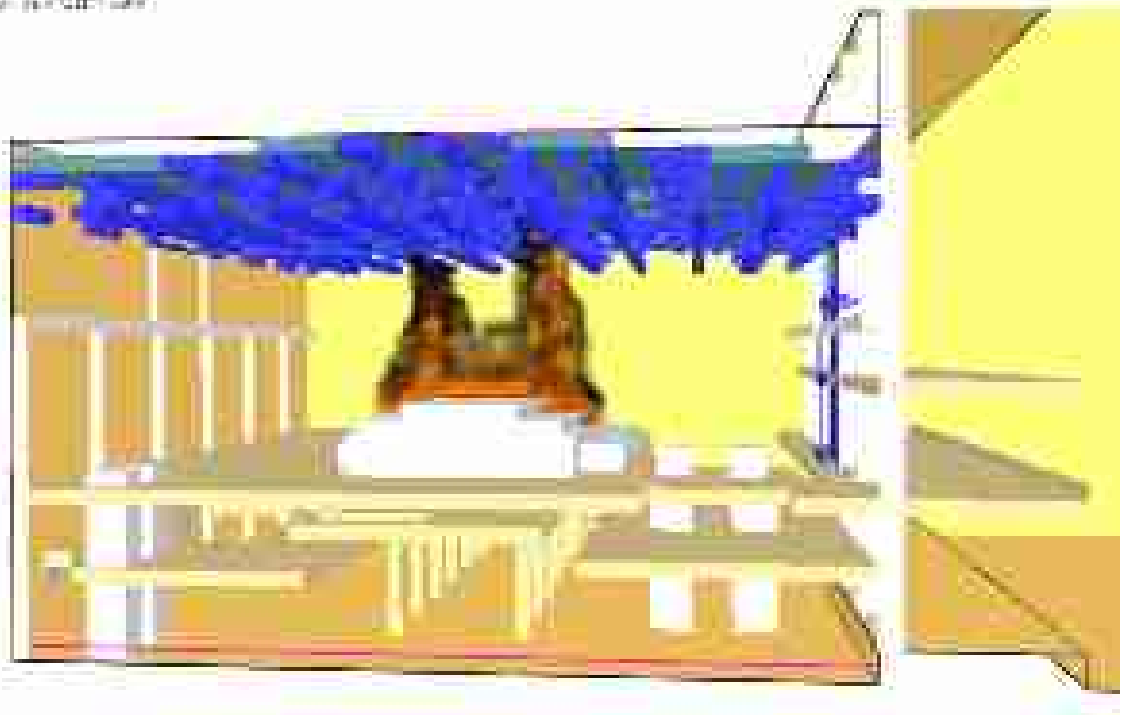
Через 12 минут после начала пожара

Выходной файл: (C:\Program Files\Autodesk\Revit\Projects\...)



Через 13 минут после начала пожара

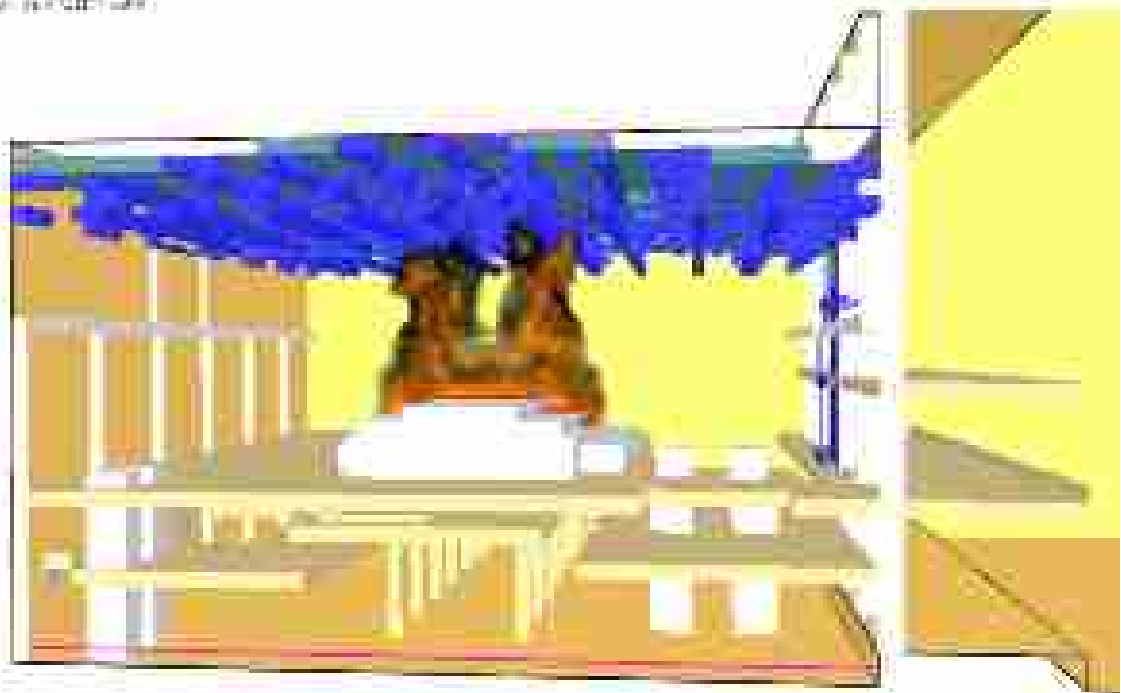
Выход из зала (0,000000) (0,000000)



Выход из зала (0,000000) (0,000000)

Через 14 минут после начала пожара

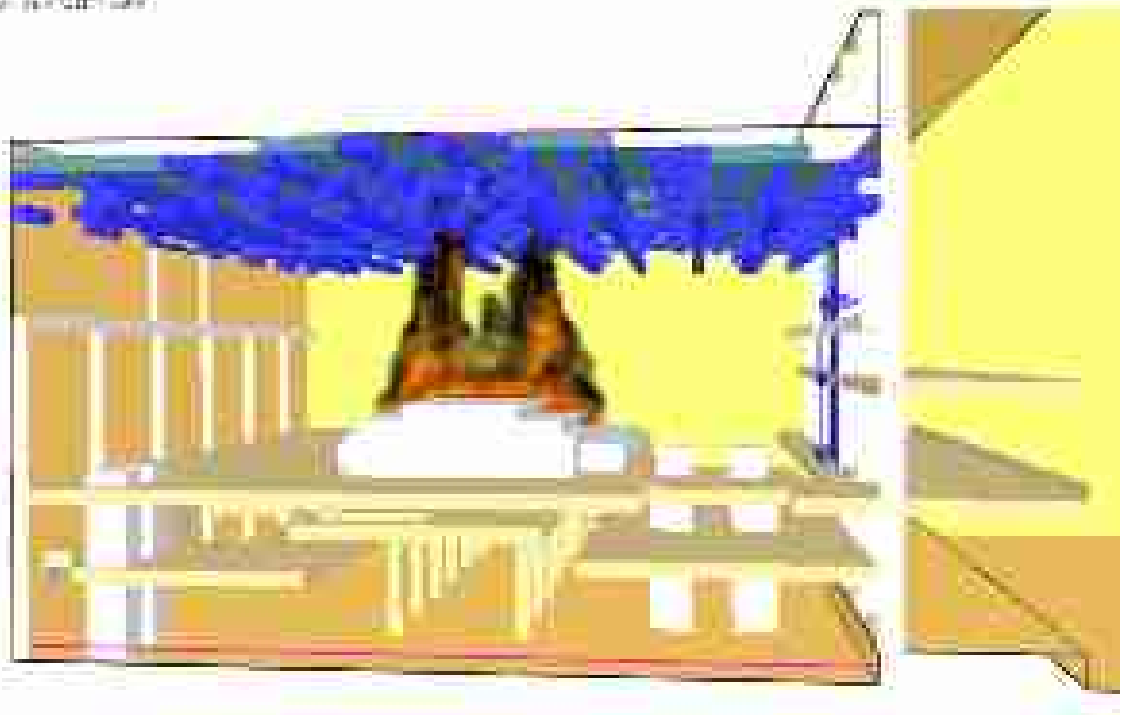
Выход из зала (0,000000) (0,000000)



Выход из зала (0,000000) (0,000000)

Через 15 минут после начала пожара

Выход из зоны (0,000000) (0,000000)



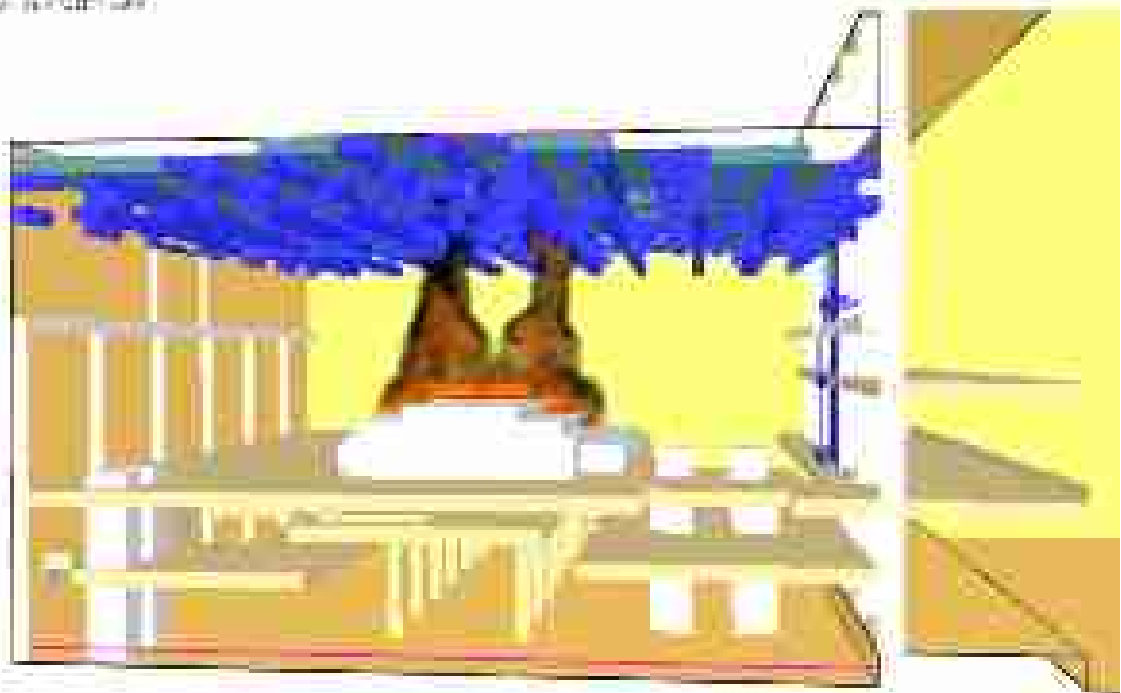
Выход из зоны (0,000000) (0,000000)

0,000000

0,000000

Через 16 минут после начала пожара

Выход из зоны (0,000000) (0,000000)



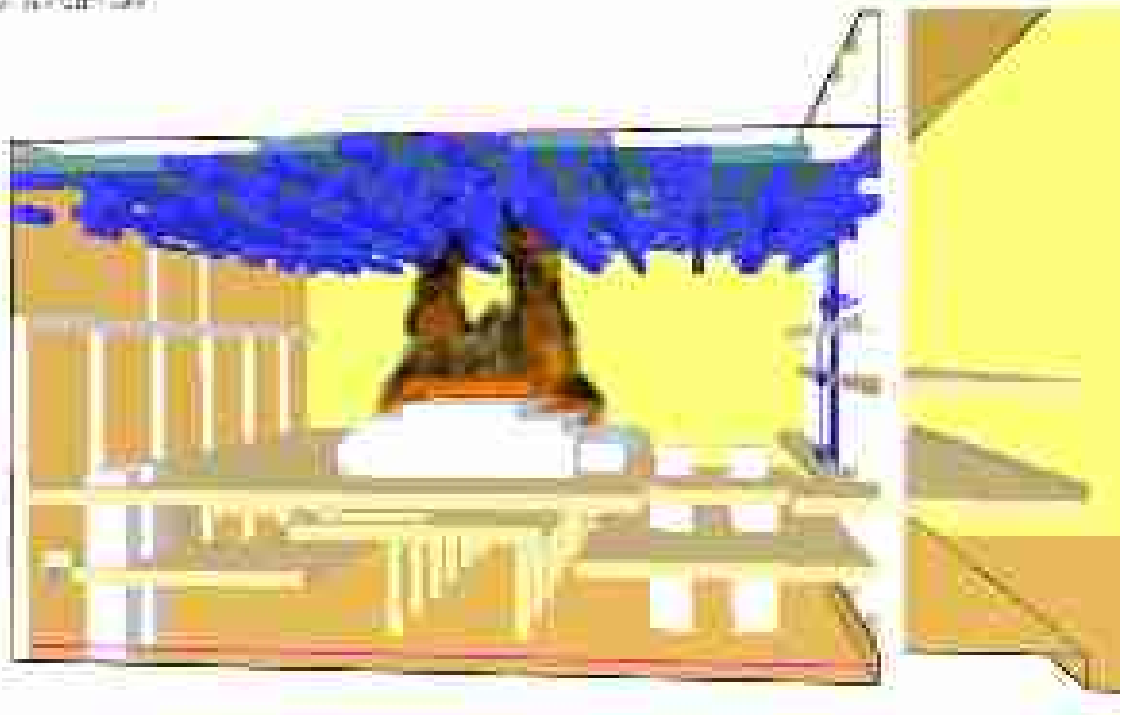
Выход из зоны (0,000000) (0,000000)

0,000000

0,000000

Через 17 минут после начала пожара

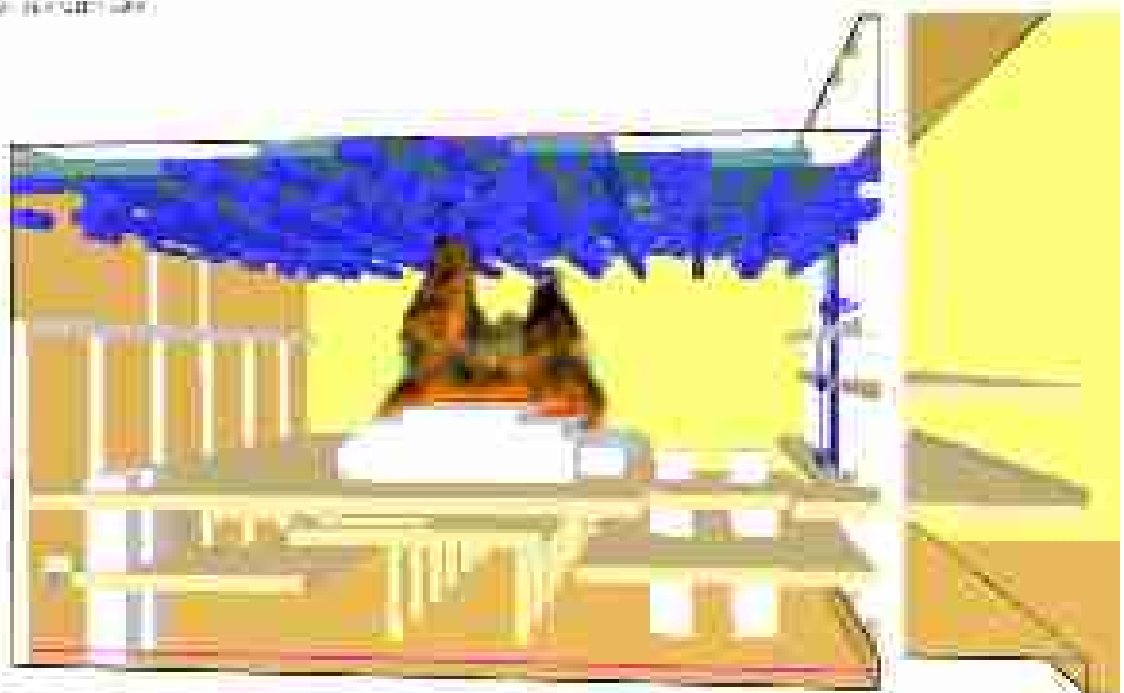
Вид с камеры (00:00:17.000)



Вид с камеры
Time: 00:00:17

Через 18 минут после начала пожара

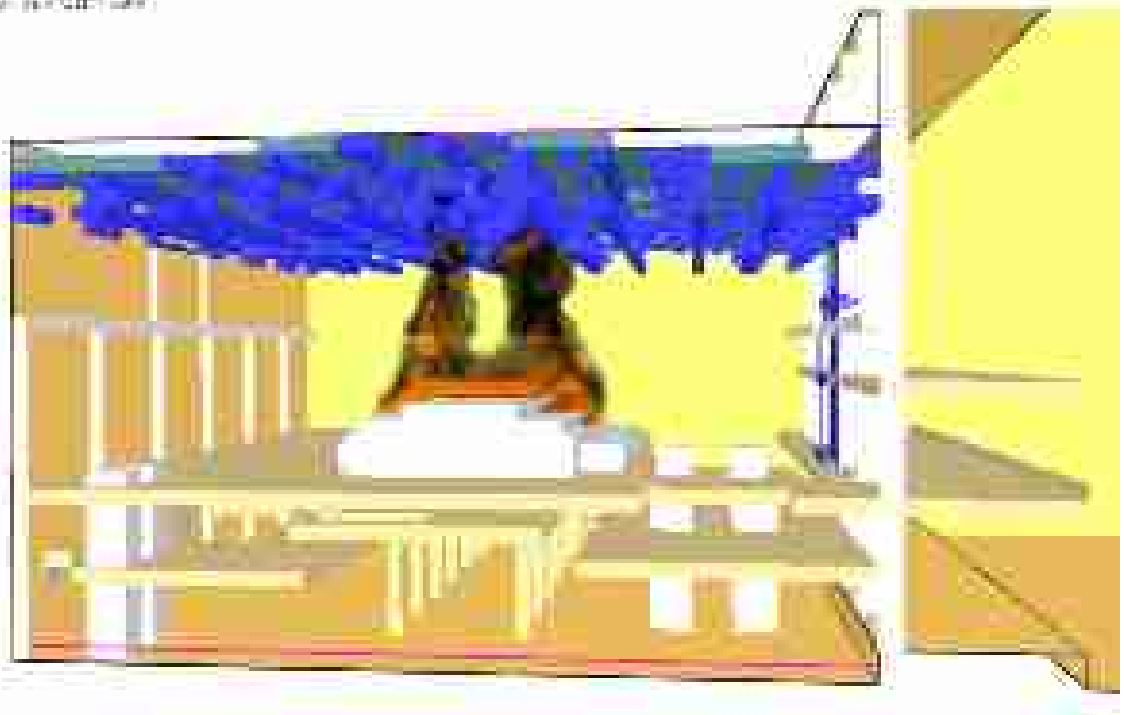
Вид с камеры (00:00:18.000)



Вид с камеры
Time: 00:00:18

Через 19 минут после начала пожара

Модель (3D) (00:00:19.000)

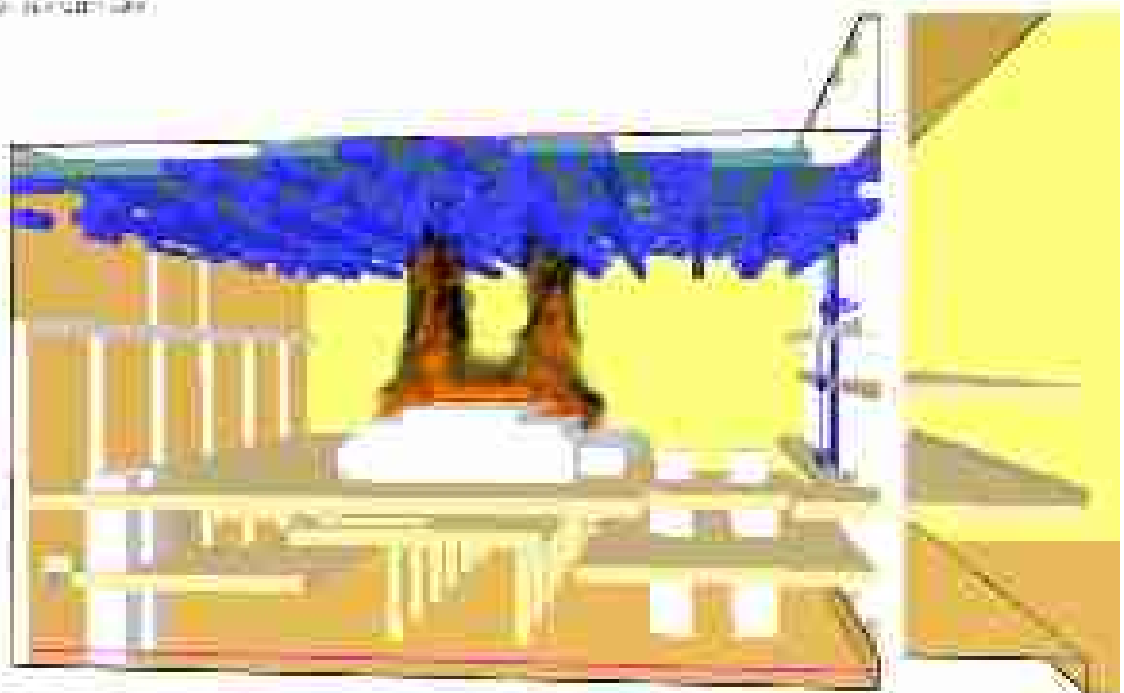


Модель (3D) (00:00:19.000)

Модель (3D) (00:00:19.000)

Через 20 минут после начала пожара

Модель (3D) (00:00:20.000)

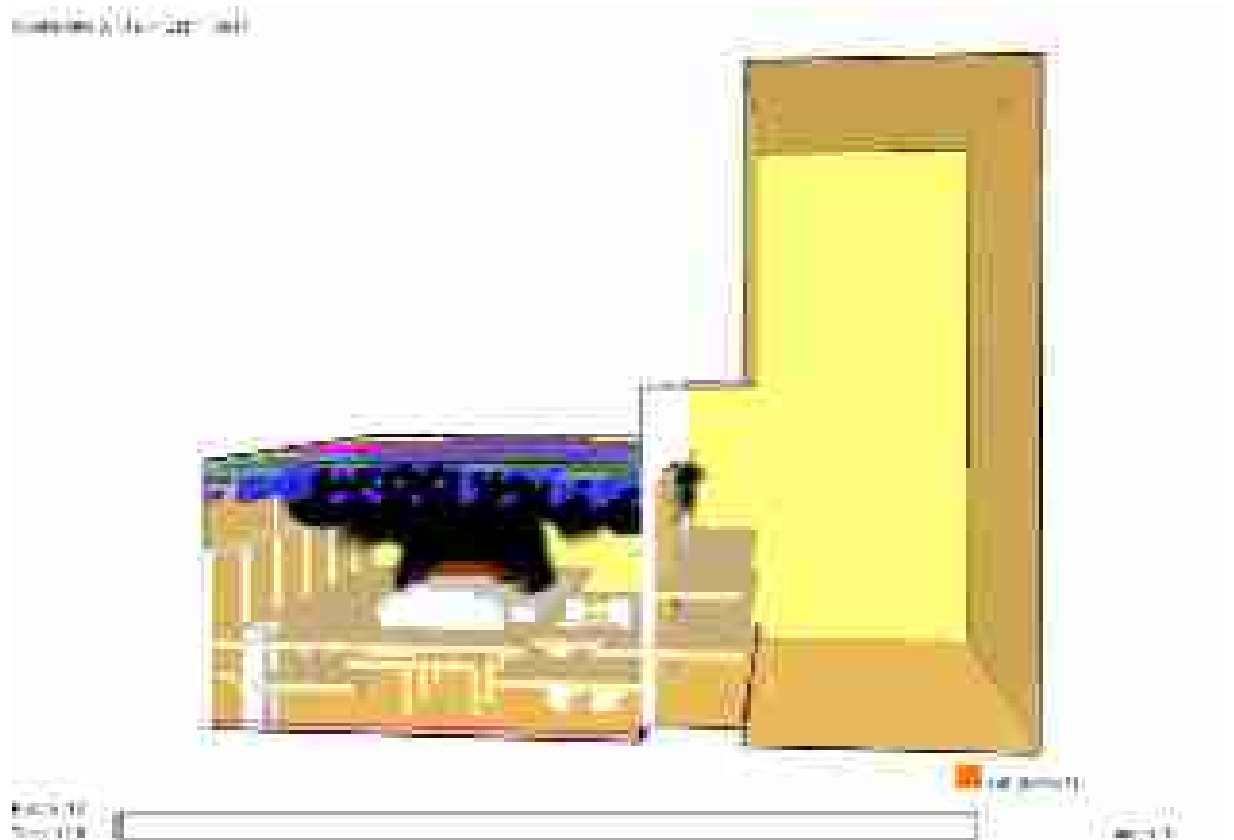


Модель (3D) (00:00:20.000)

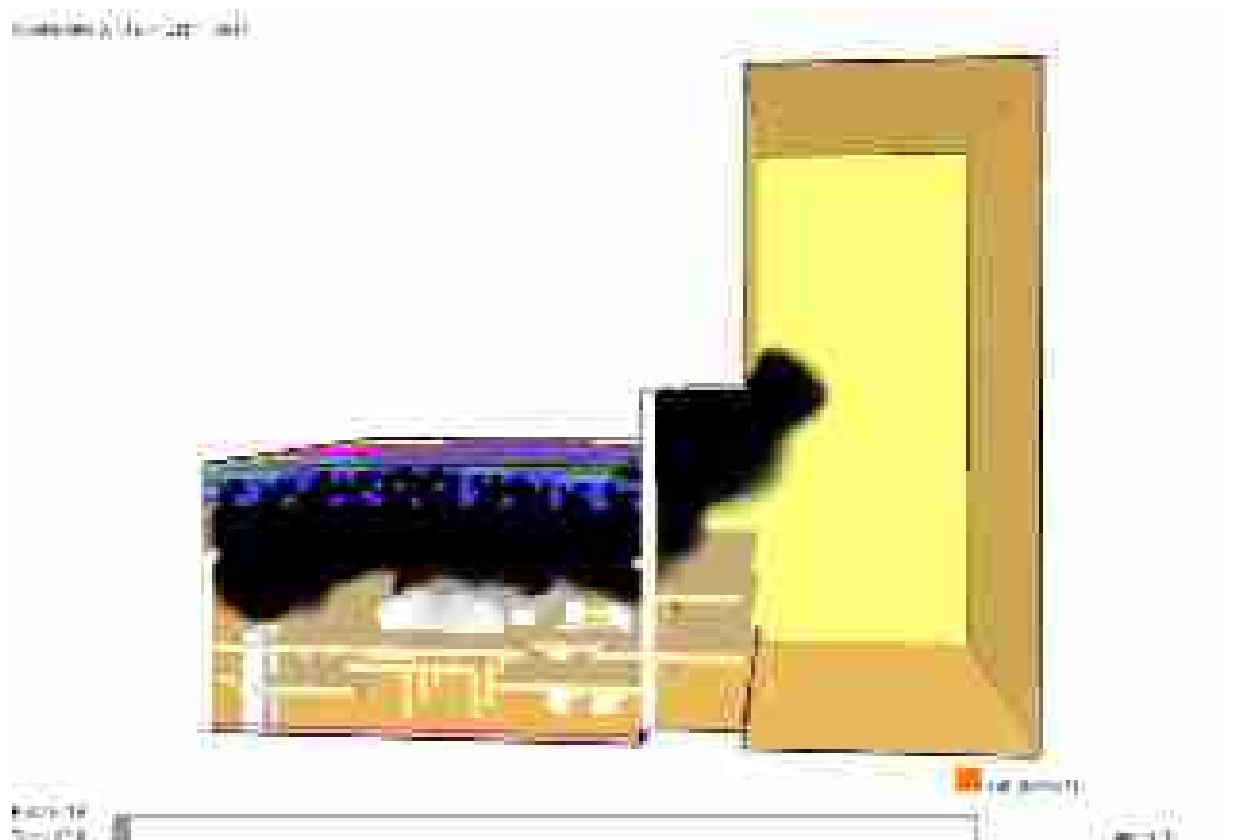
Модель (3D) (00:00:20.000)

Задымление

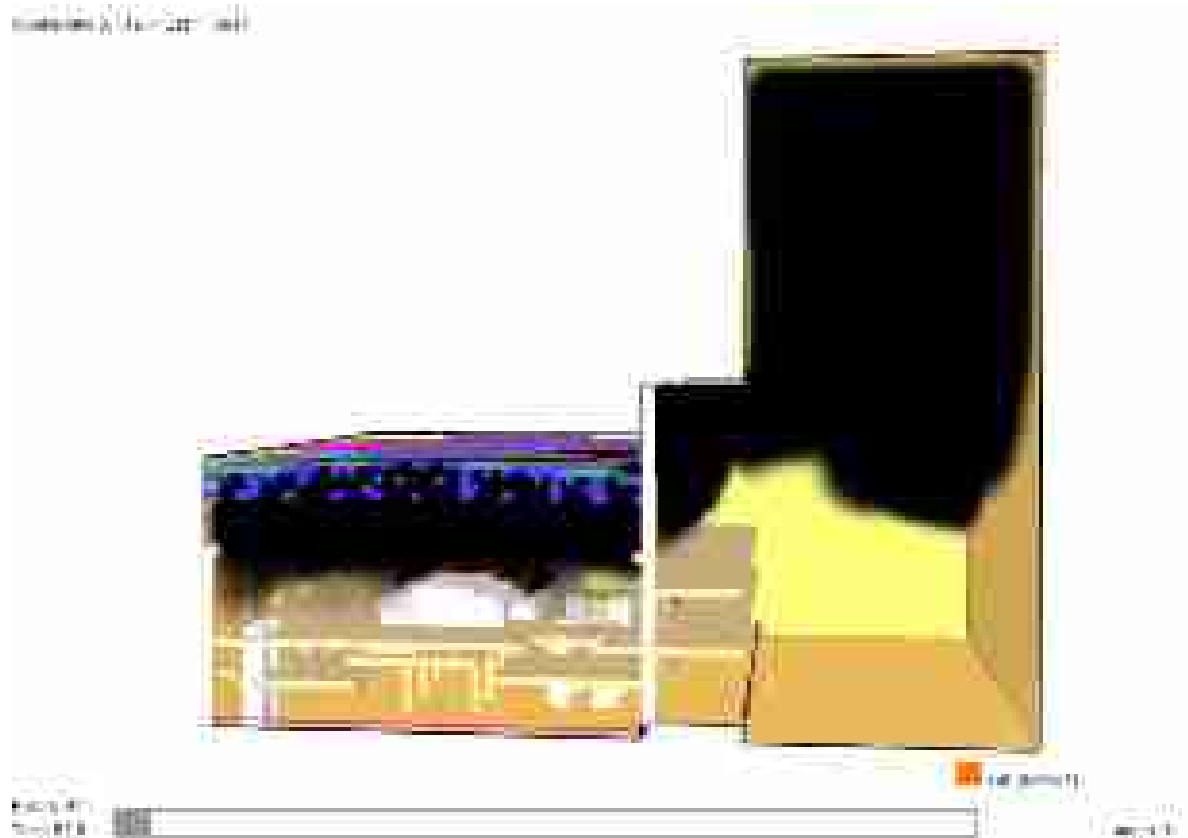
Через 12 секунд после начала пожара



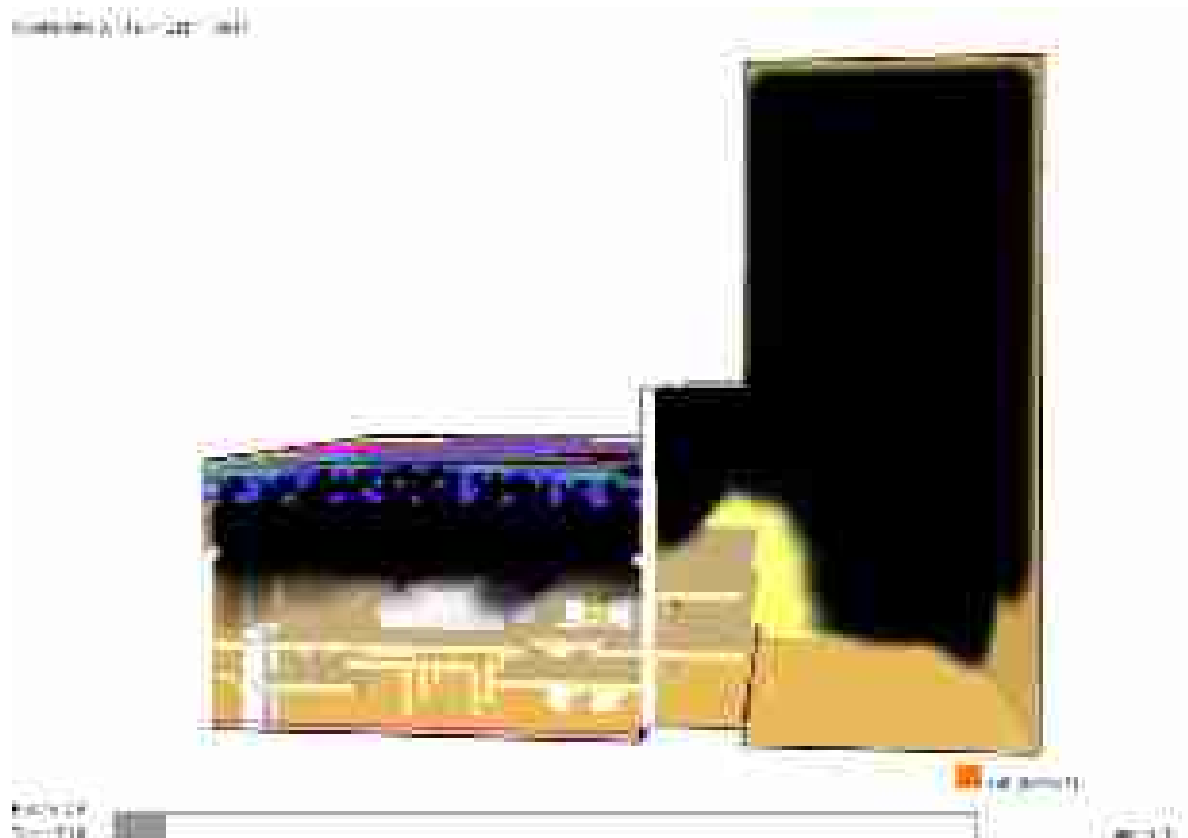
Через 23 секунды после начала пожара



Через 53 секунды после начала пожара

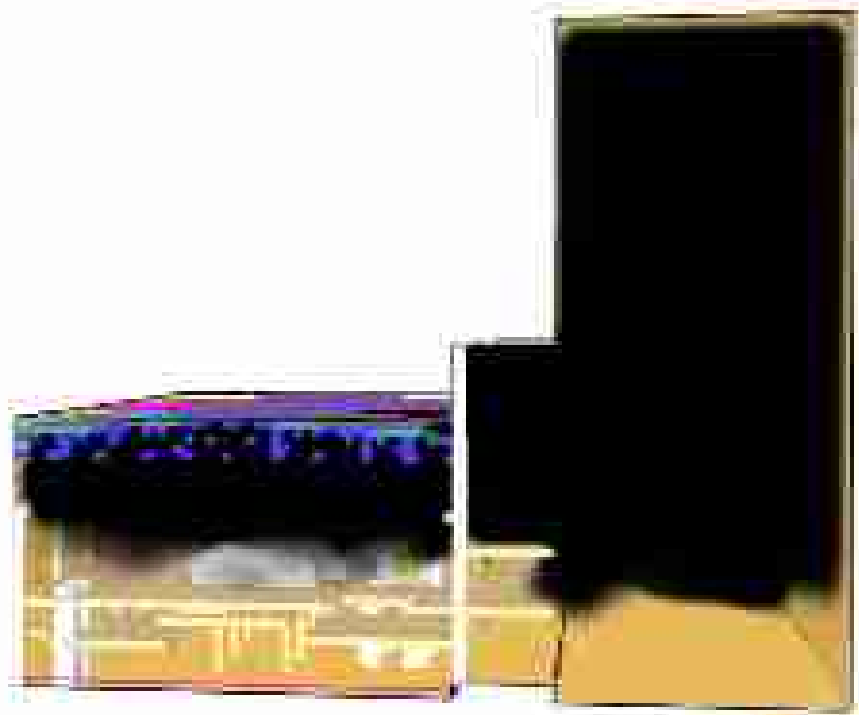


Через 71 секунду после начала пожара



Через 91 секунду после начала пожара

00:00:00 (14/02/2011)



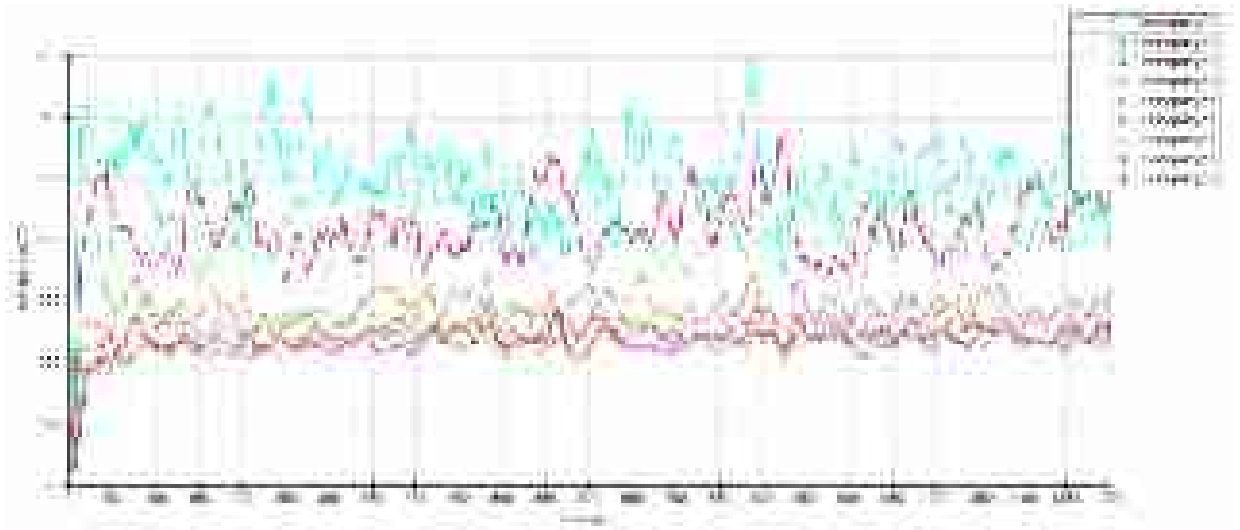
Через 139 секунд после начала пожара

00:00:00 (14/02/2011)



8.3. Сценарий 1б. С устройством люков

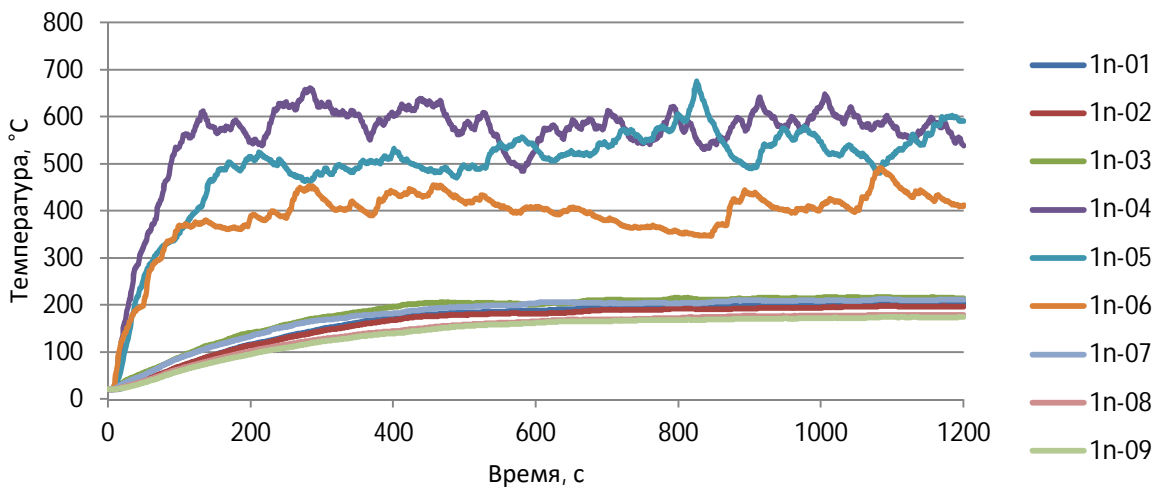
Температура газовой среды



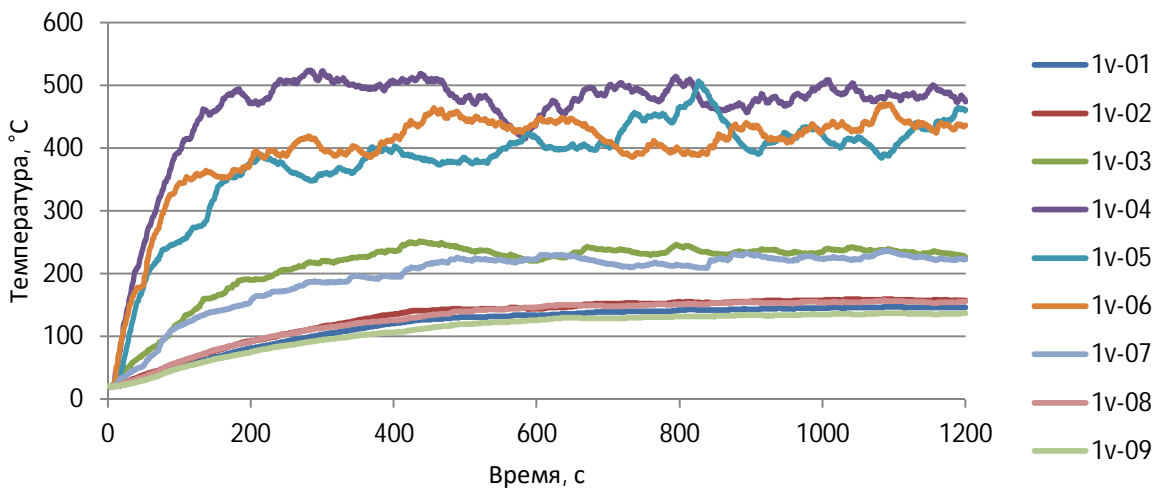
8.3.1. Фермы

Ферма 3 пояс (без защиты)

Нижние элементы

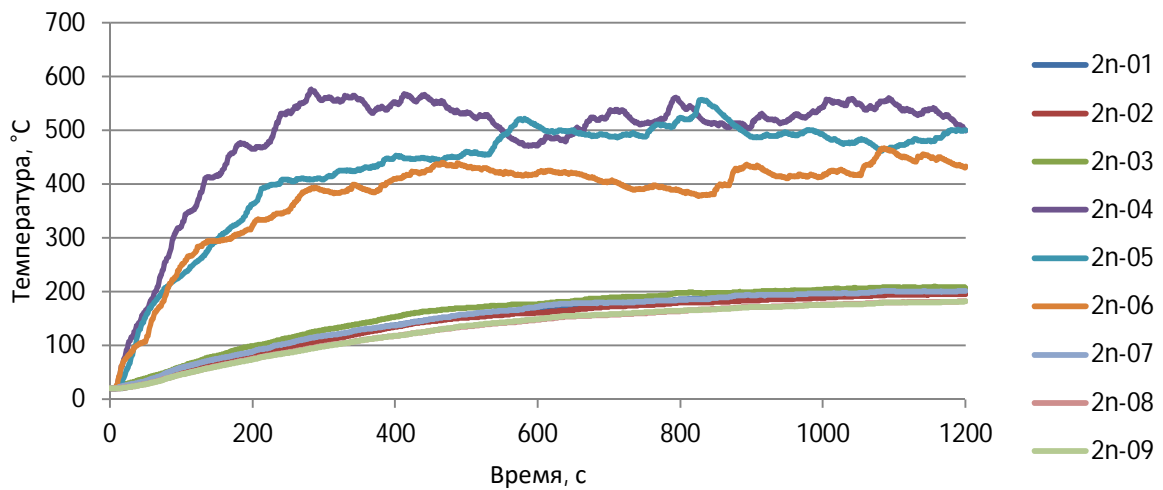


Верхние элементы

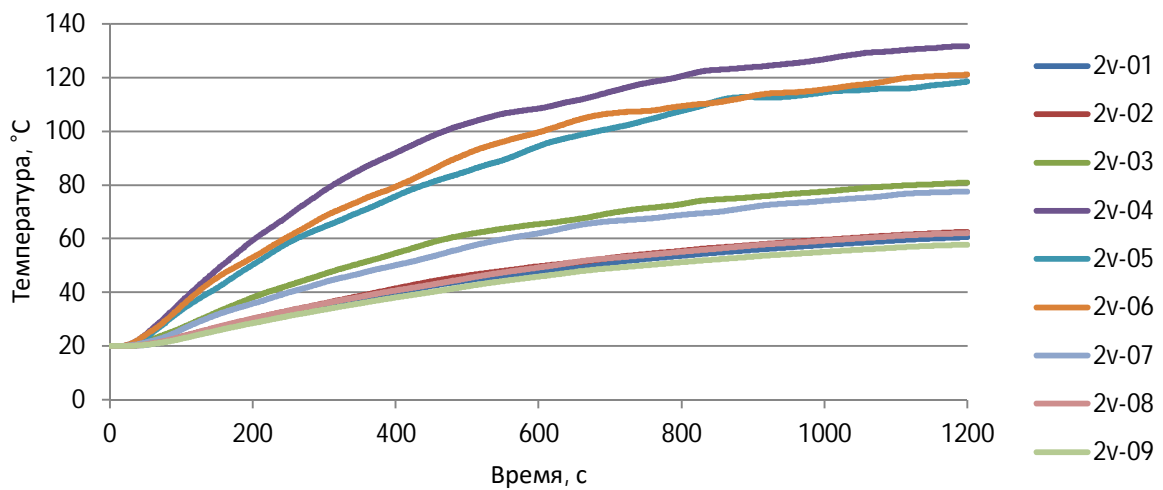


Ферма 3 пояс (конструктивная огнезащита)

Нижние элементы

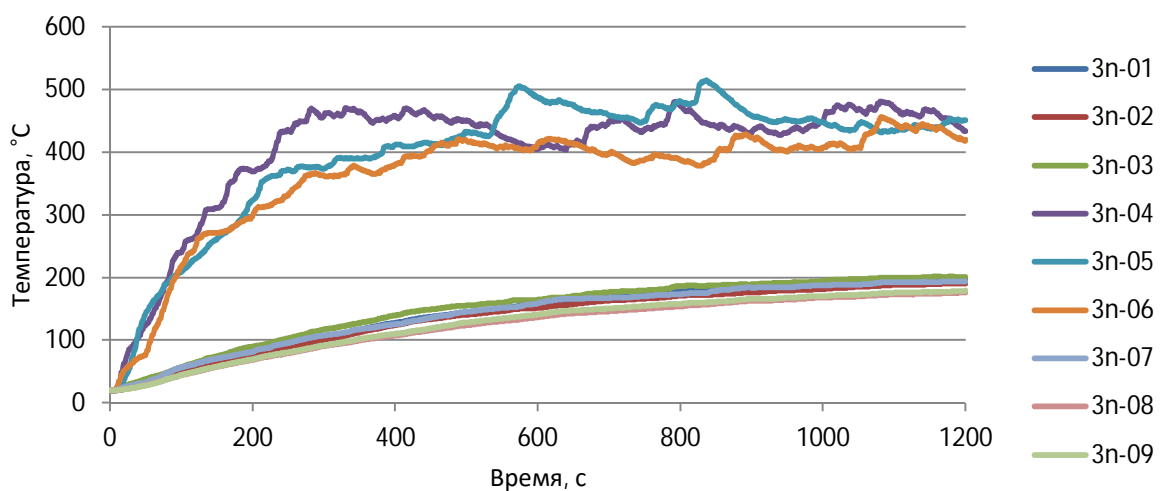


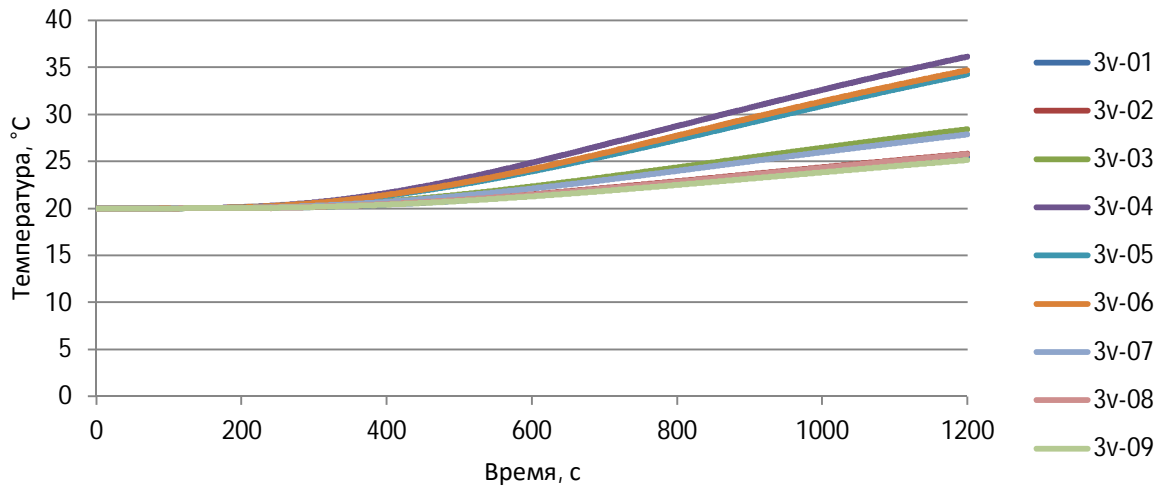
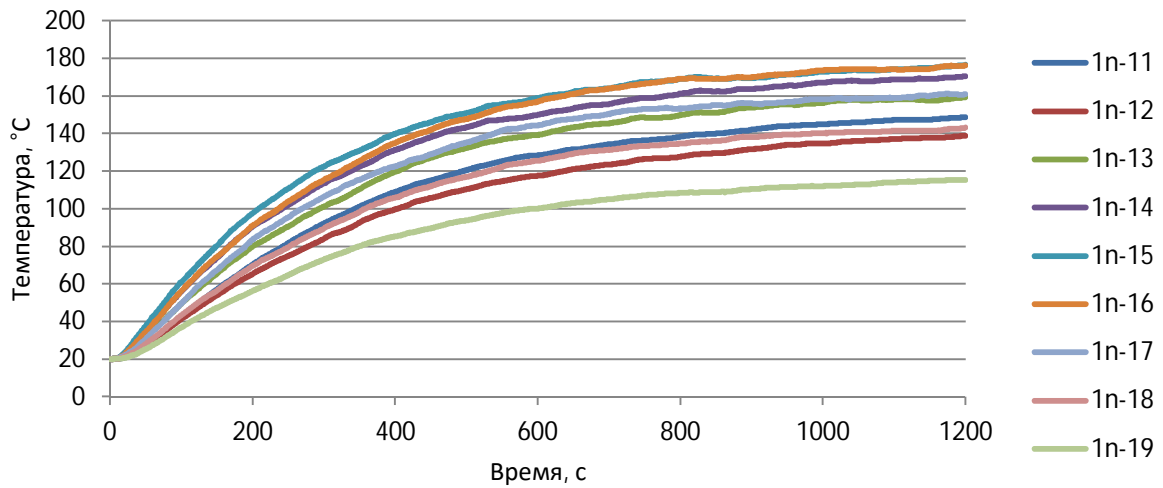
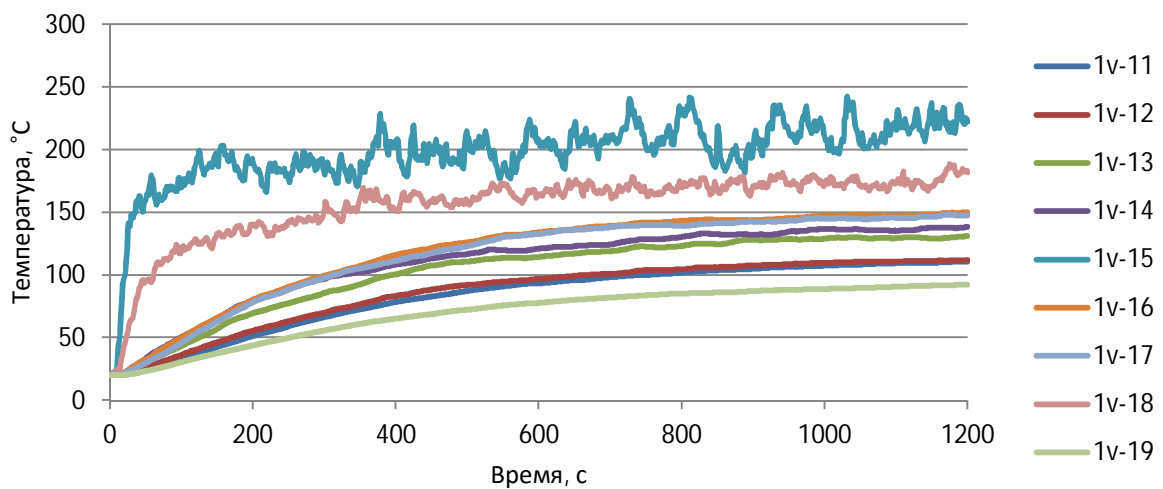
Верхние элементы



Ферма 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

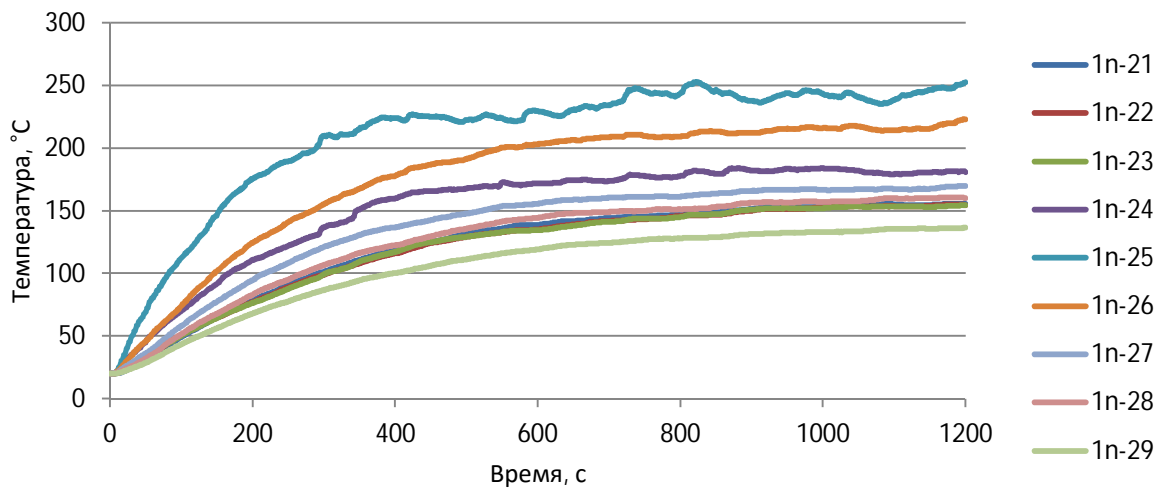
Нижние элементы



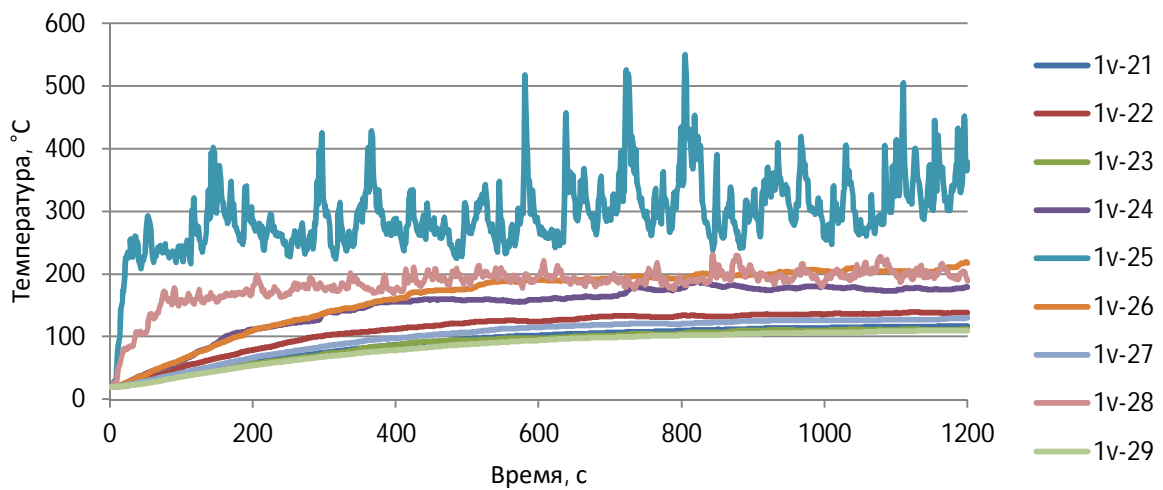
Верхние элементы

Ферма 1 пояс (без защиты)
Нижние элементы

Верхние элементы


Ферма 2 пояс (без защиты)

Нижние элементы

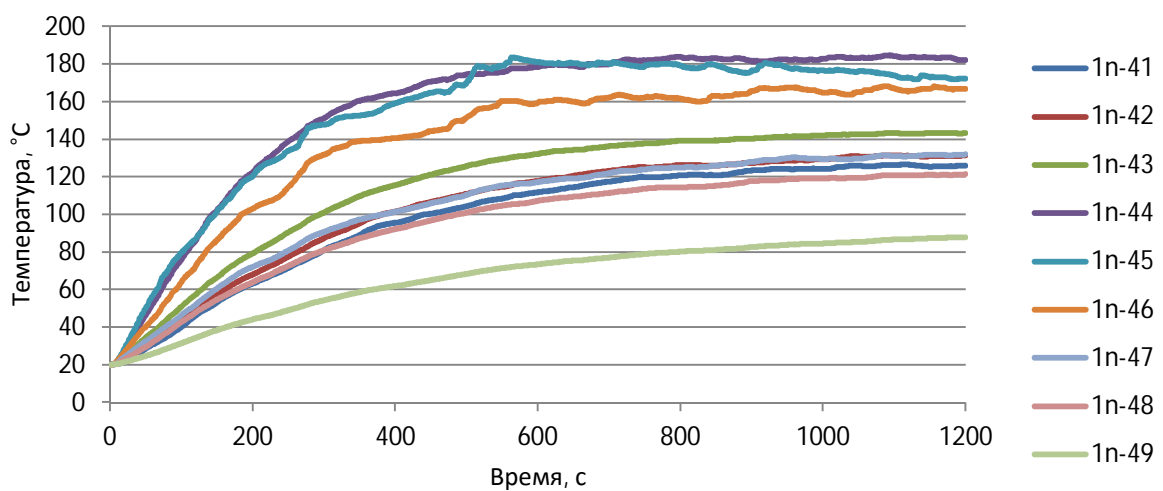


Верхние элементы

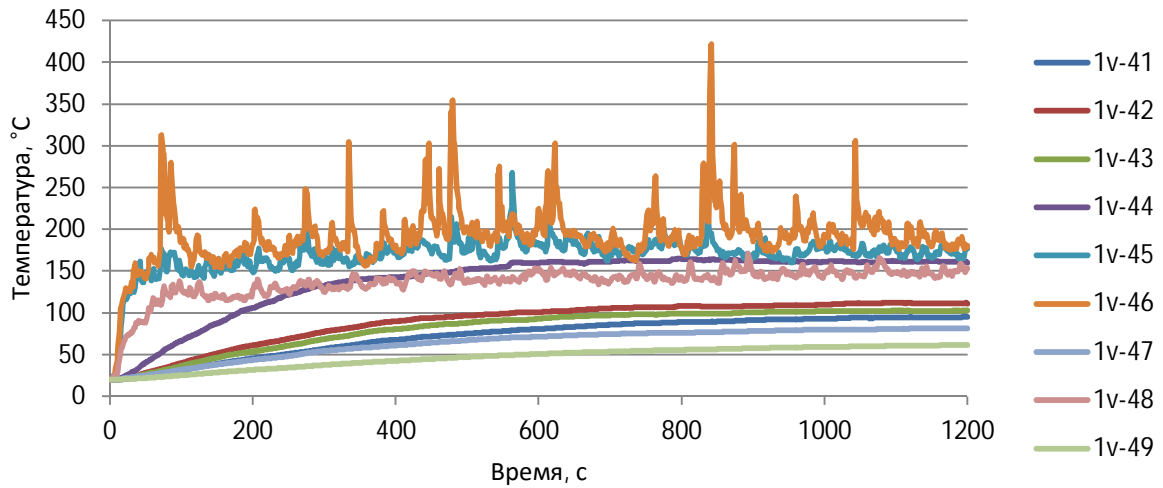


Ферма 4 пояс (без защиты)

Нижние элементы

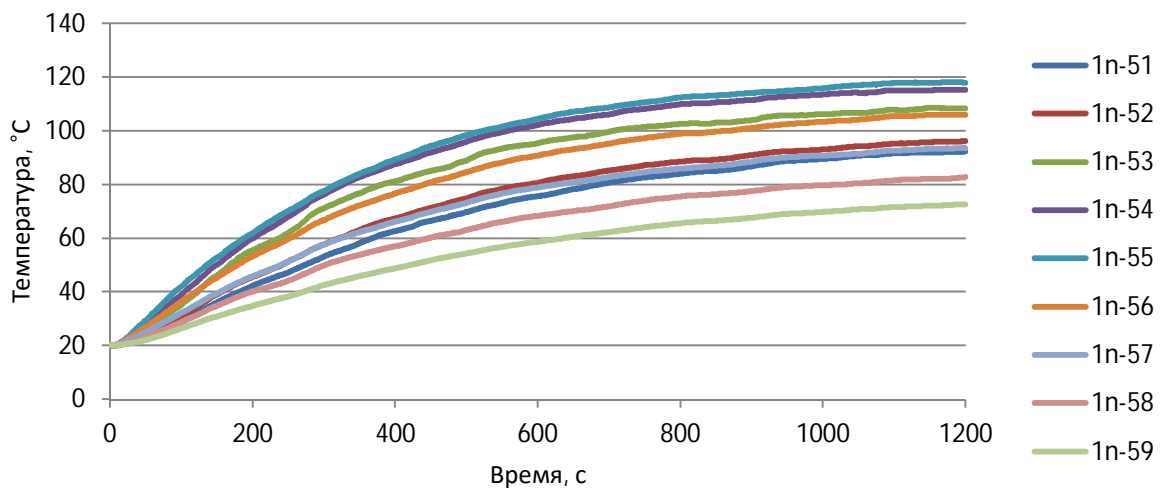


Верхние элементы

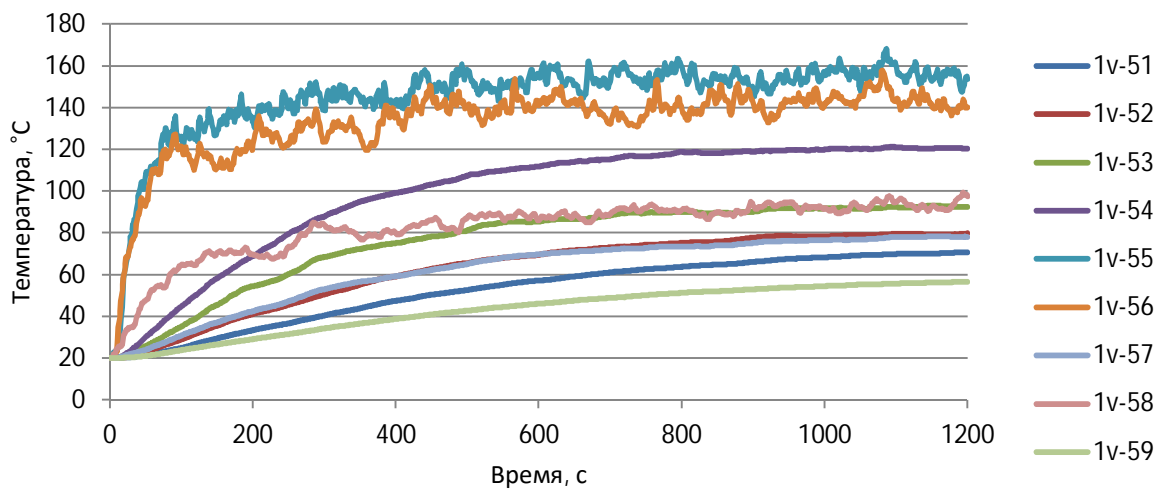


Ферма 5 пояс (без защиты)

Нижние элементы

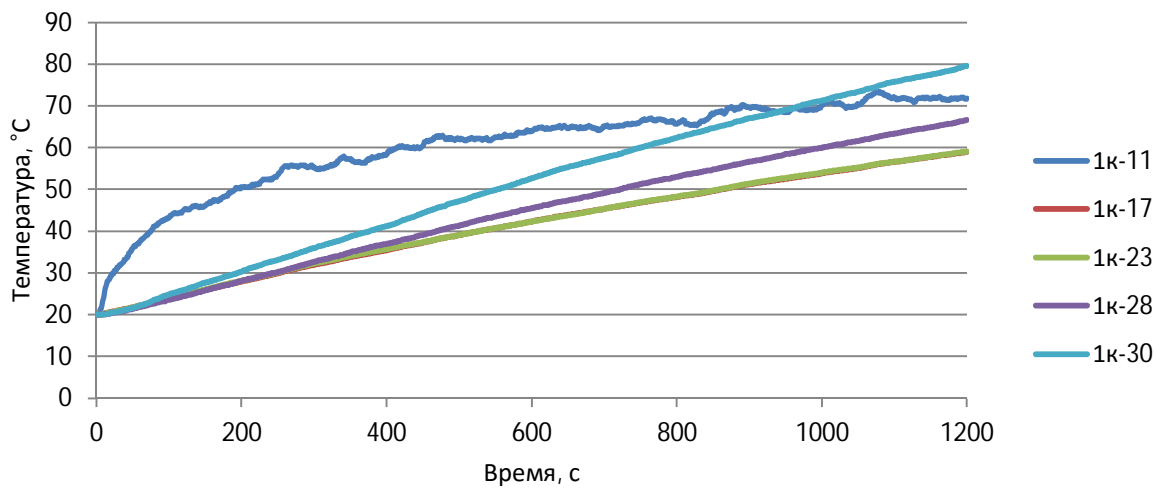


Верхние элементы

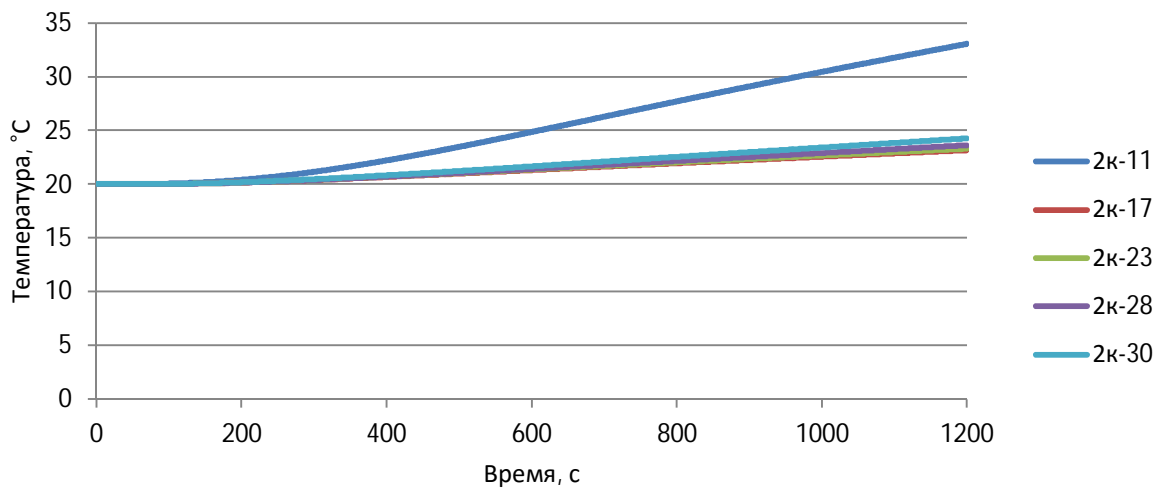


8.3.2. Колонны

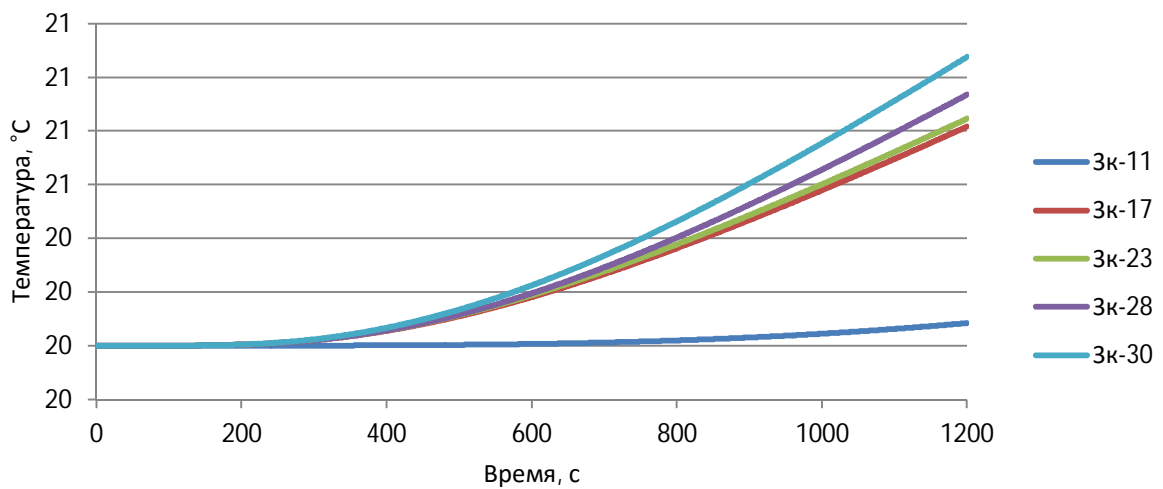
Колонны 3 пояс (без защиты)



Колонны 3 пояс (конструктивная огнезащита)

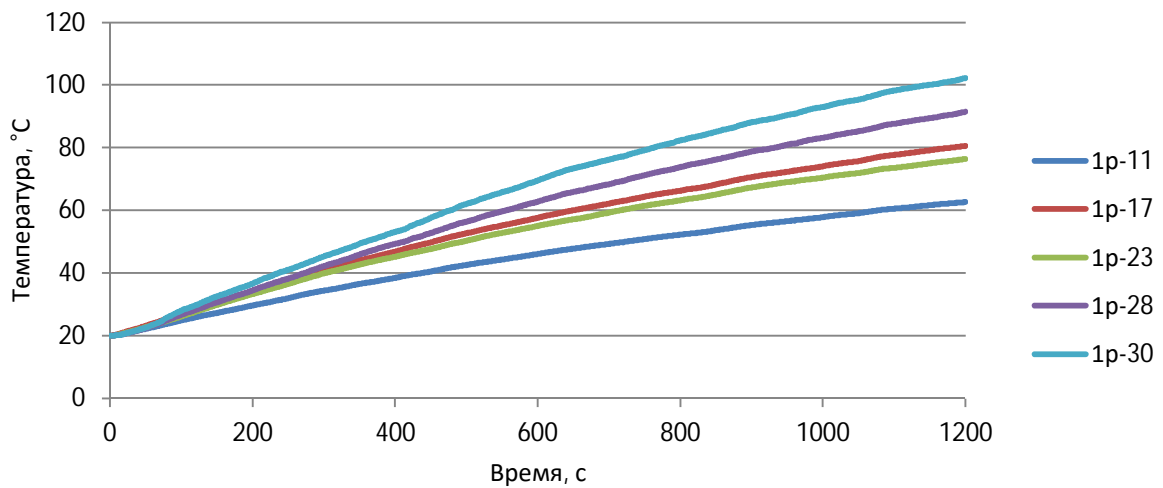


Колонны 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

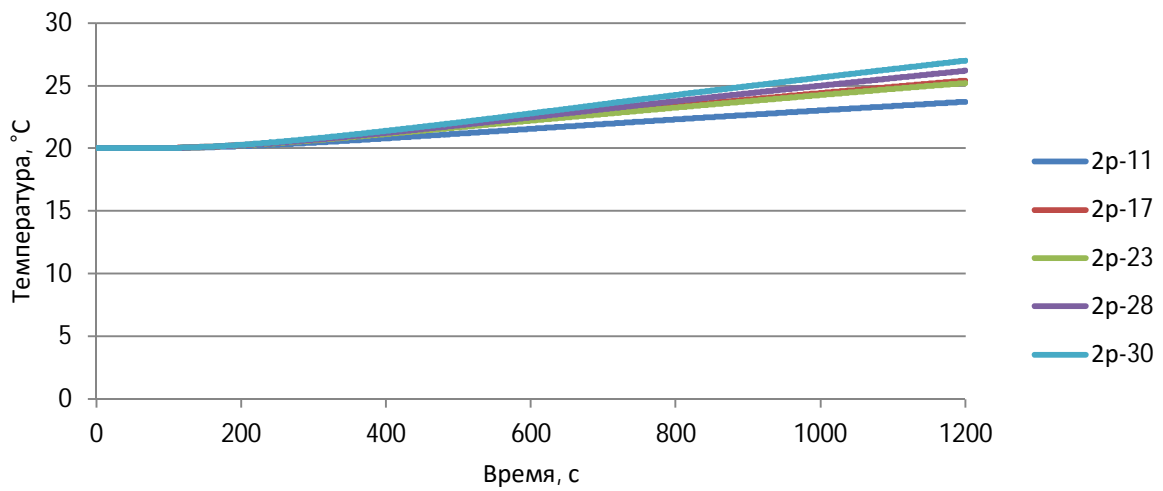


8.3.3. Ригели

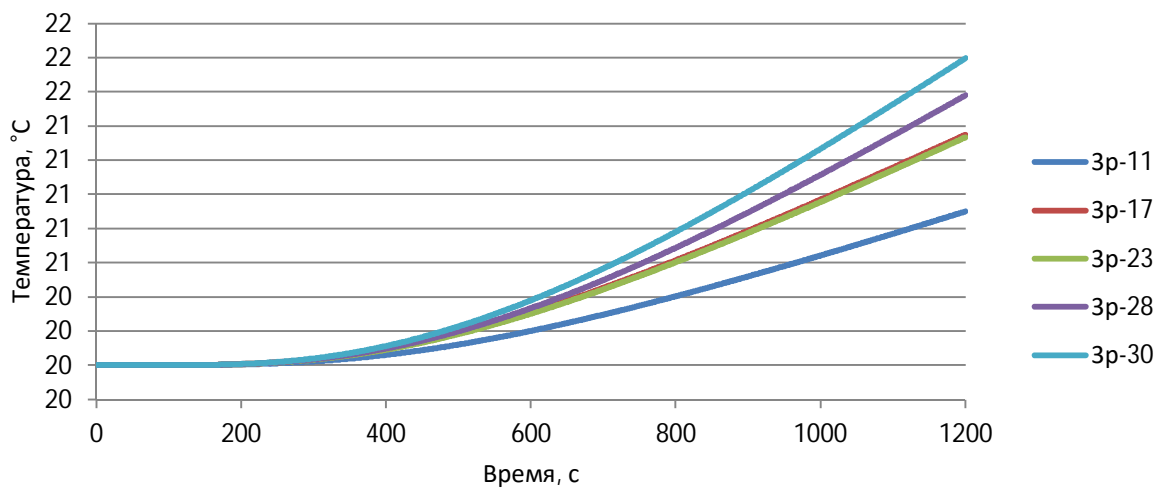
Ригели 3 пояс (без защиты)



Ригели 3 пояс (конструктивная огнезащита)



Ригели 3 пояс (неконструктивная огнезащита)



8.3.4. Визуализация данных

Температура

Через 1 минуту после начала пожара

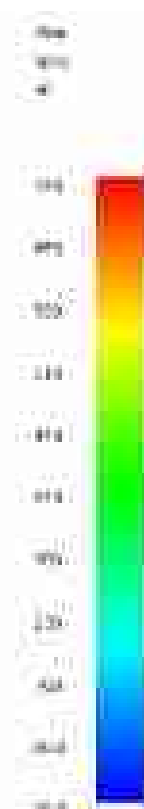
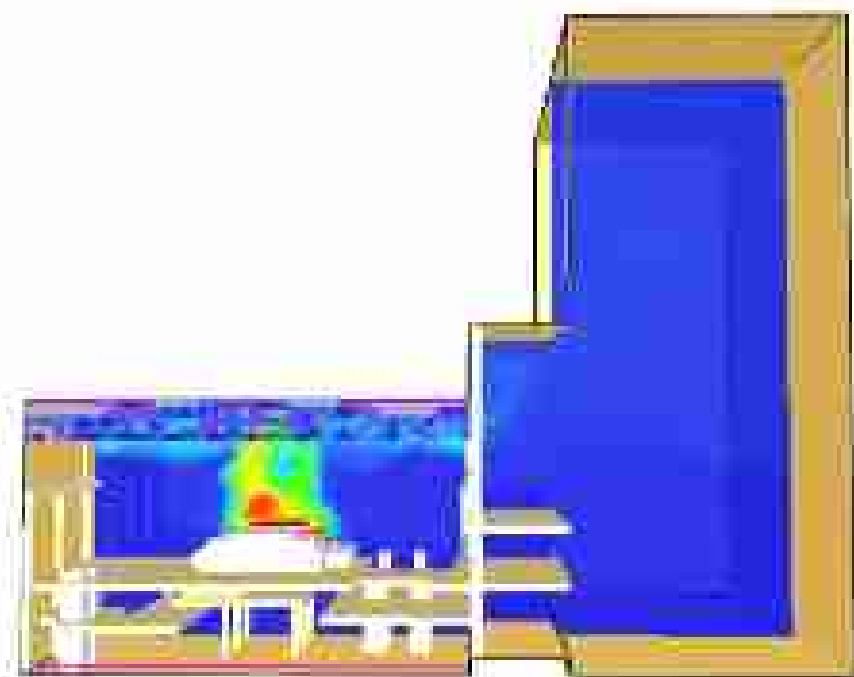


Через 2 минуты после начала пожара



Через 5 минут после начала пожара

ИД: ААН-13.11.1 - Обл. 1 219



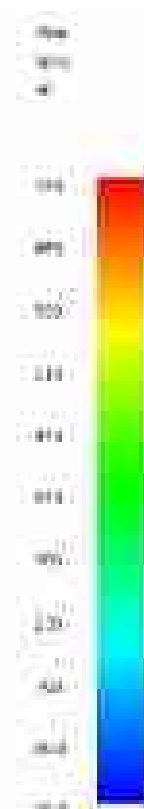
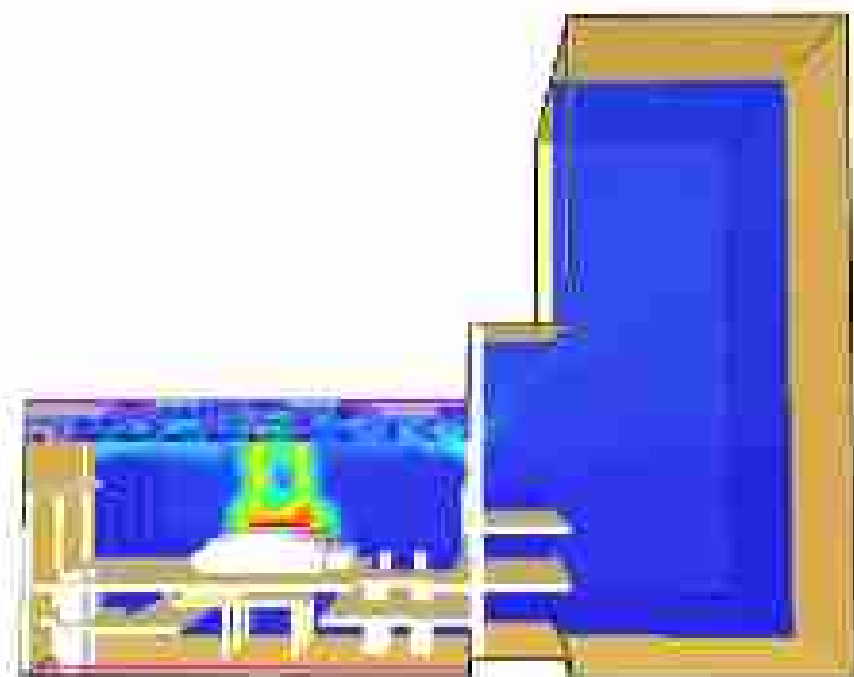
Время: 0:05
Состояние: 100%



Температура

Через 6 минут после начала пожара

ИД: ААН-13.11.1 - Обл. 1 219



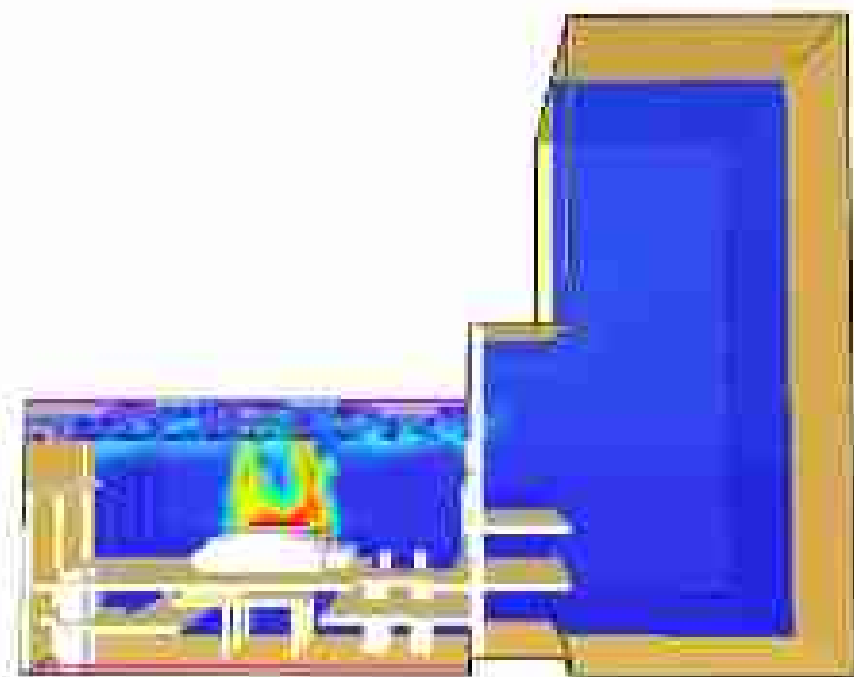
Время: 0:06
Состояние: 100%



Температура

Через 7 минут после начала пожара

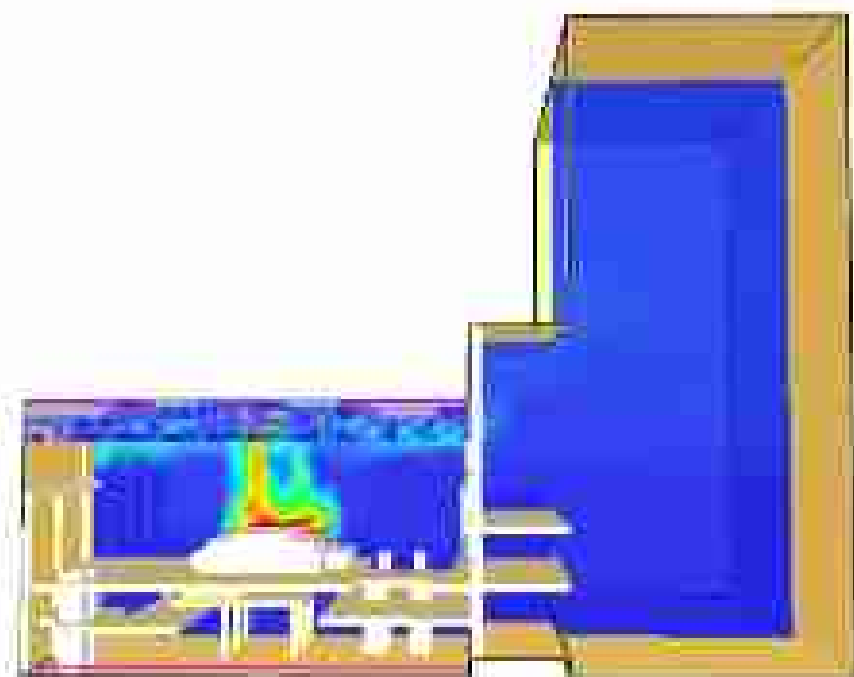
ИД: АА-1111 - Обл. 1 2118



ИД: АА-1111 - Обл. 1 2118

Через 8 минут после начала пожара

ИД: АА-1111 - Обл. 1 2118



ИД: АА-1111 - Обл. 1 2118

Через 9 минут после начала пожара

10:11:00 - 10:11:09

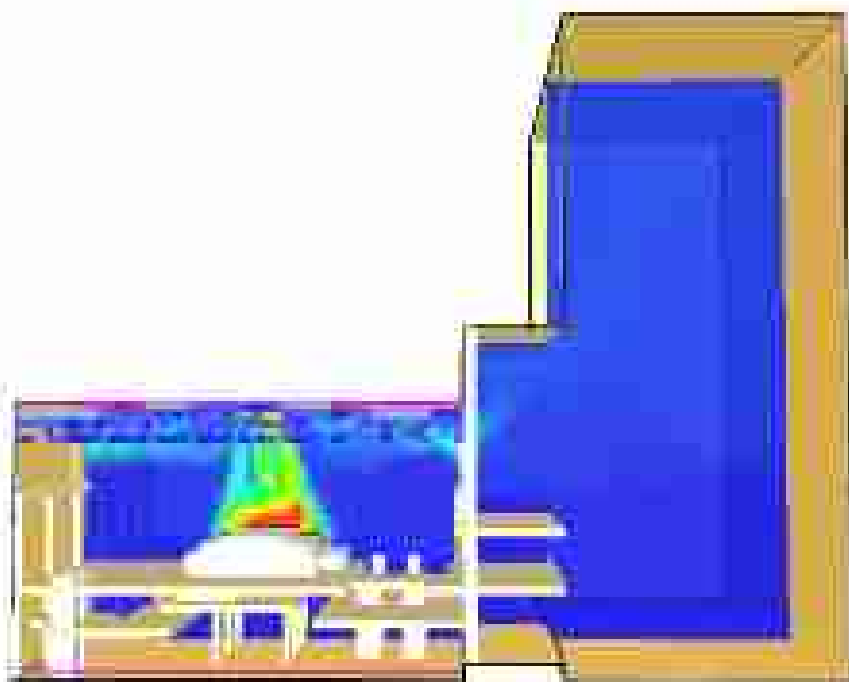


Рисунок 434
10:11:00 - 10:11:09

Через 10 минут после начала пожара

10:11:10 - 10:11:19

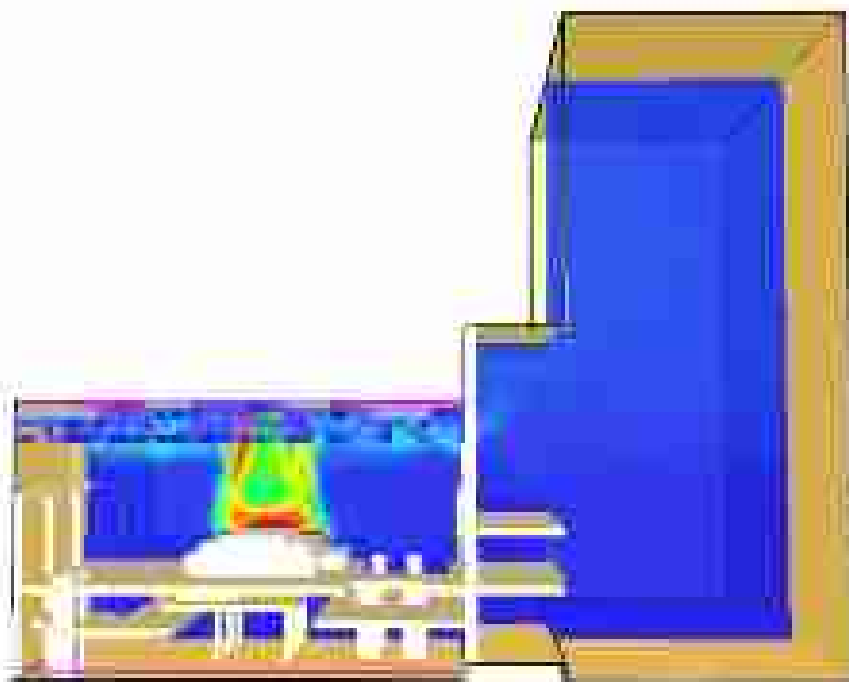


Рисунок 435
10:11:10 - 10:11:19

Через 11 минут после начала пожара

11:11:11 - 11:11:21

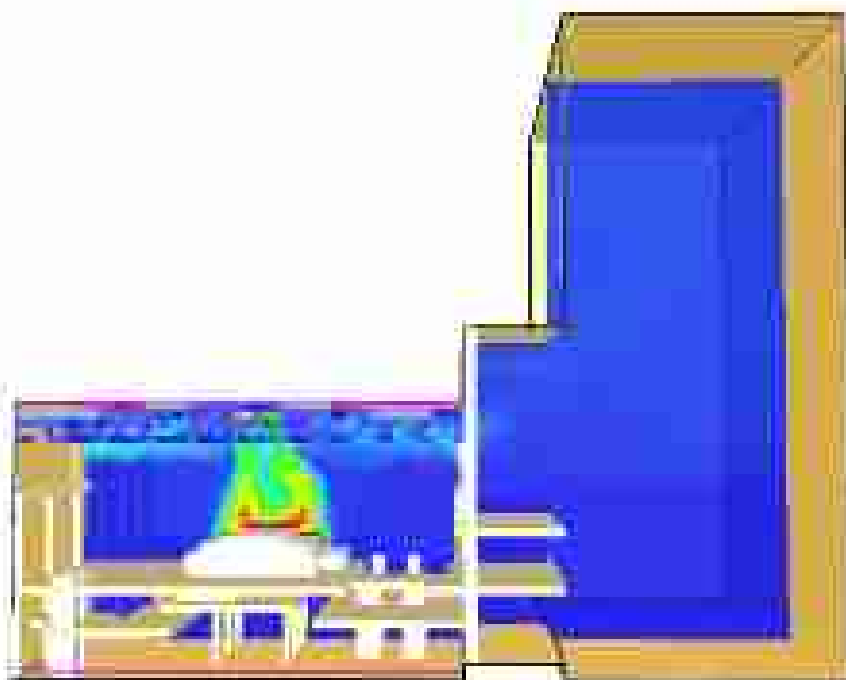


Рисунок 1.11
11:11:11 - 11:11:21

Через 12 минут после начала пожара

11:11:22 - 11:11:32

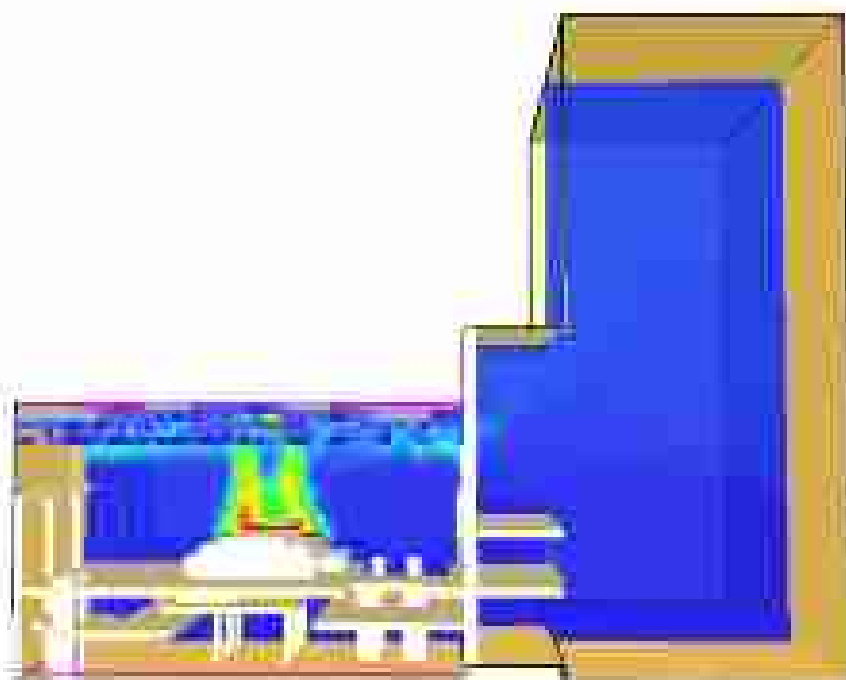


Рисунок 1.12
11:11:22 - 11:11:32

Через 13 минут после начала пожара

13:00:00 - 13:13:00

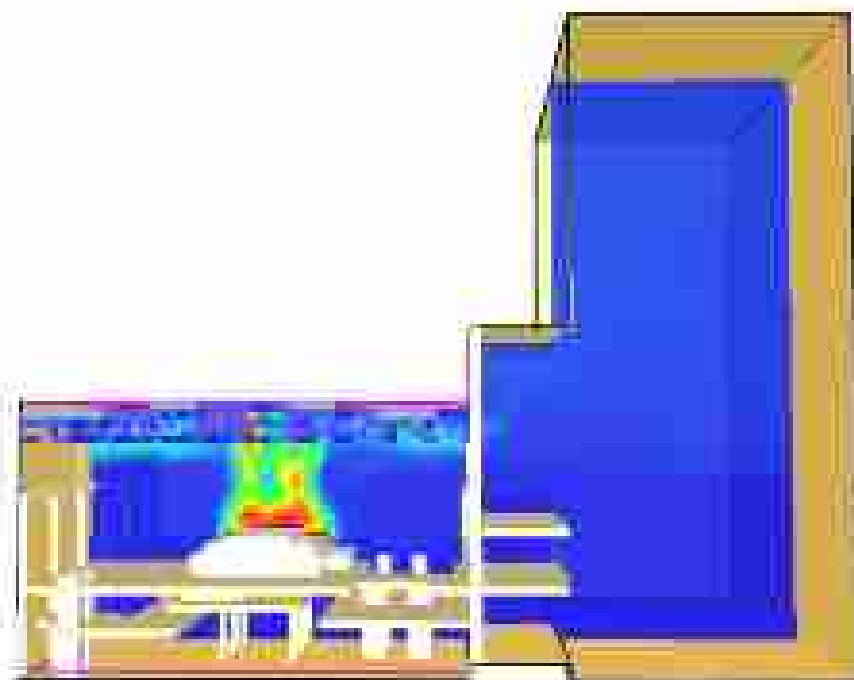


Рисунок 133
13:00:00 - 13:13:00

Через 14 минут после начала пожара

13:00:00 - 13:14:00

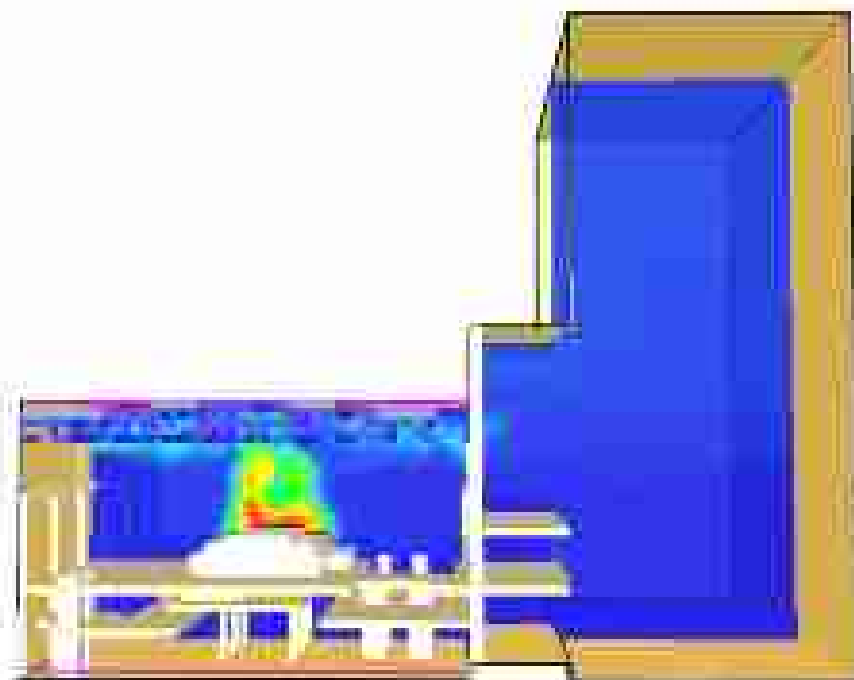
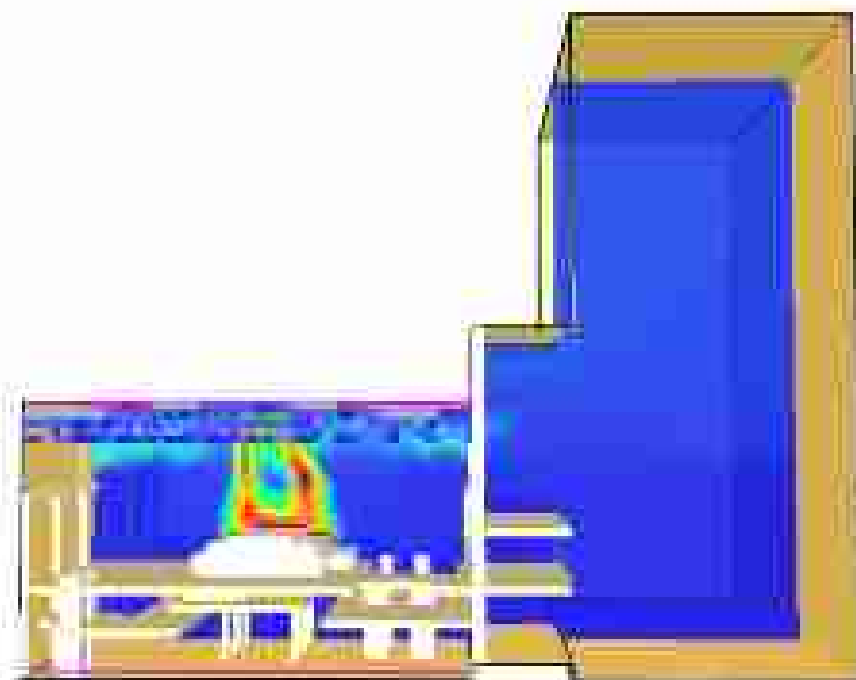


Рисунок 134
13:00:00 - 13:14:00

Через 15 минут после начала пожара

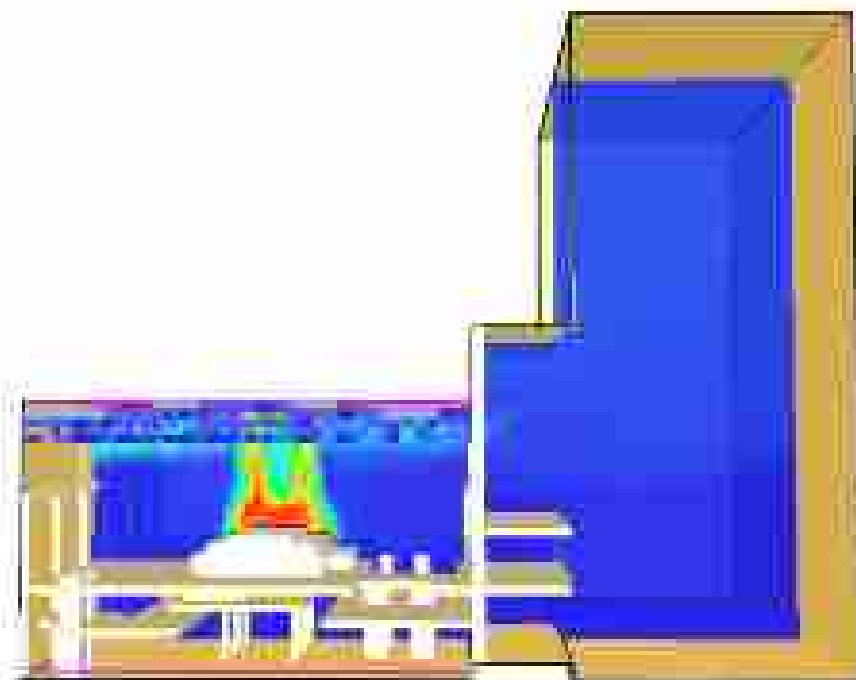
15:00:00 - 15:15:00



15:00:00 - 15:15:00

Через 16 минут после начала пожара

15:00:00 - 15:16:00



15:00:00 - 15:16:00

Через 17 минут после начала пожара

17:00:00 - 17:17:00

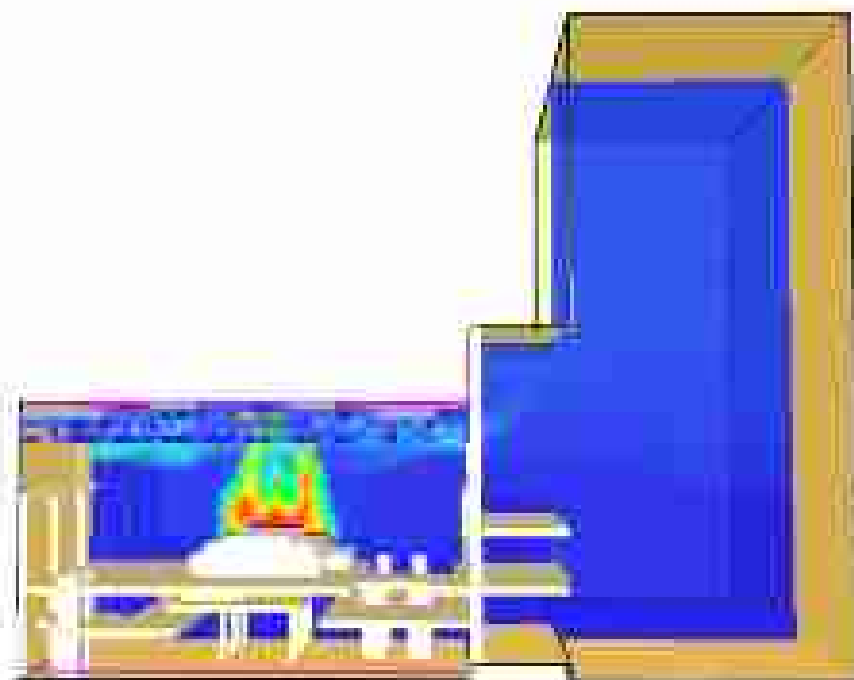


Рисунок 100
17:00:00

Через 18 минут после начала пожара

17:00:00 - 17:18:00

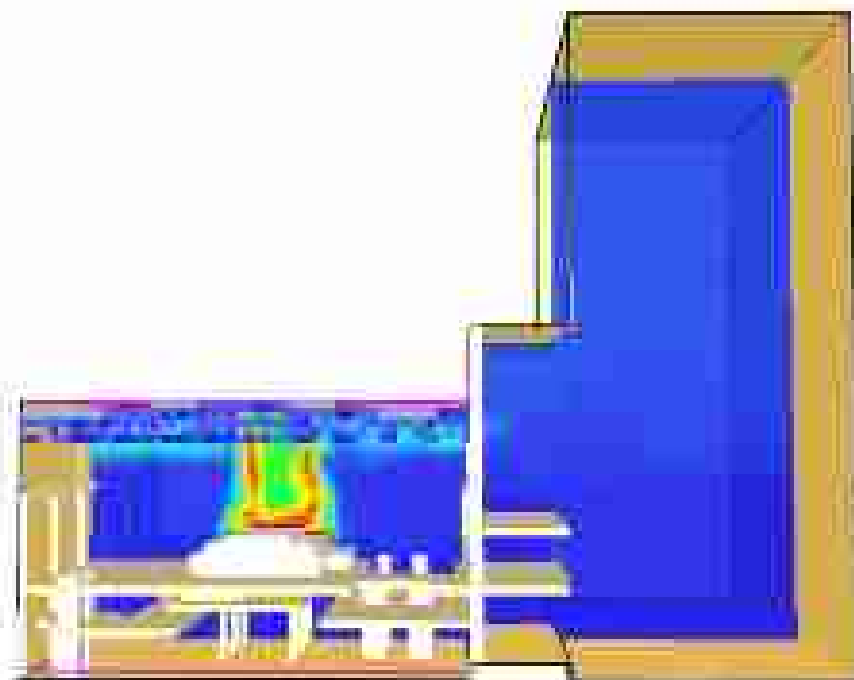


Рисунок 101
17:00:00

Через 19 минут после начала пожара

19:00:00 - 19:00:19

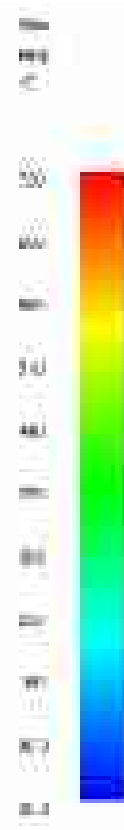
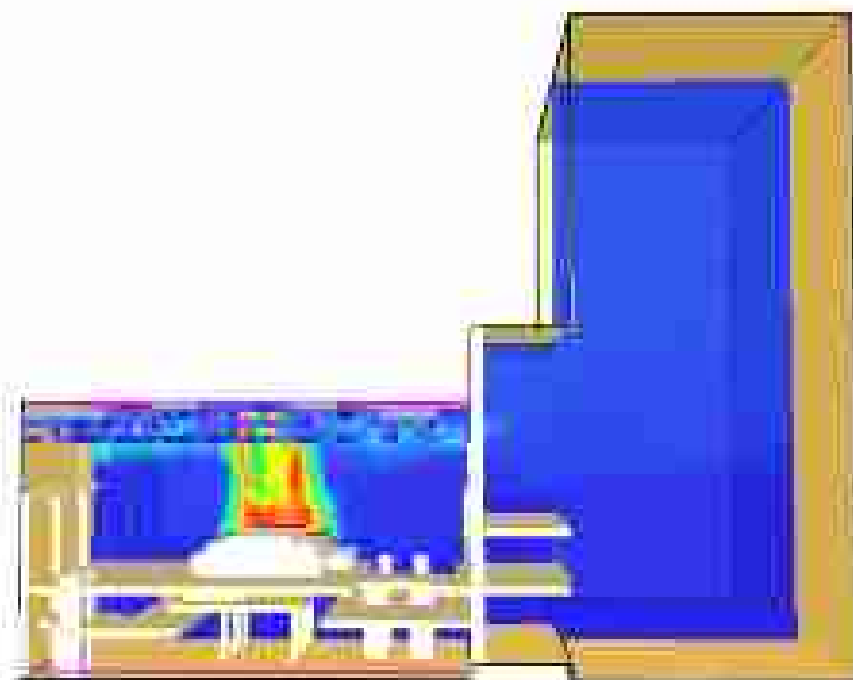


Рисунок 100
19:00:00 - 19:00:19

Через 20 минут после начала пожара

19:00:00 - 19:00:20

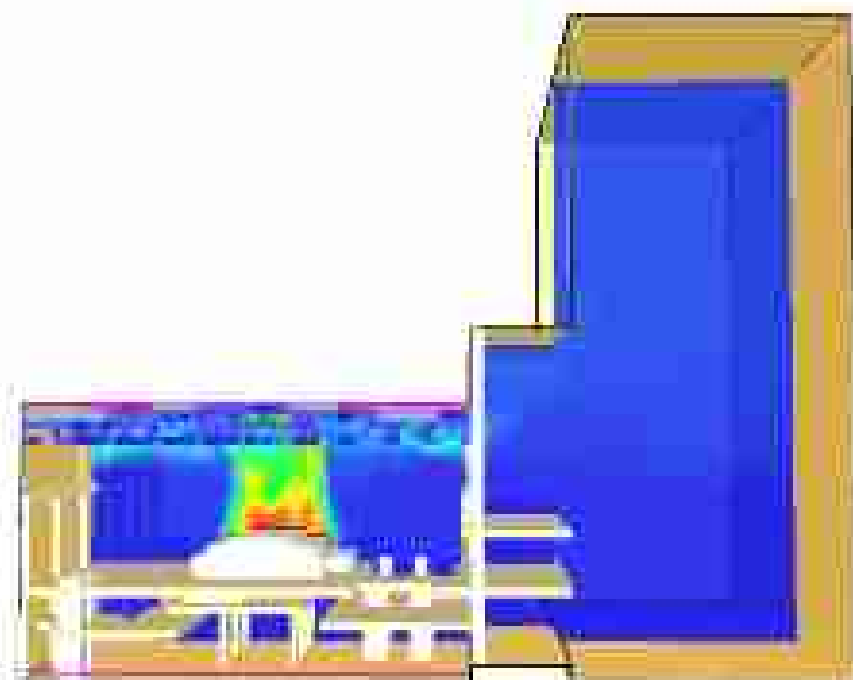


Рисунок 100
19:00:00 - 19:00:20

Тепловыделение

Через 1 минуту после начала пожара

Иллюстрация 11.12 - 11.12.4



Рисунок 11.12

Тепловыделение

Через 2 минуты после начала пожара

Иллюстрация 11.12 - 11.12.4



Рисунок 11.12

Тепловыделение

Через 3 минуты после начала пожара

Время: 00:03:00 - 00:03:04



Фронт: 100
Темп: 1000

Через 4 минуты после начала пожара

Время: 00:04:00 - 00:04:04



Фронт: 100
Темп: 1000

Через 5 минут после начала пожара

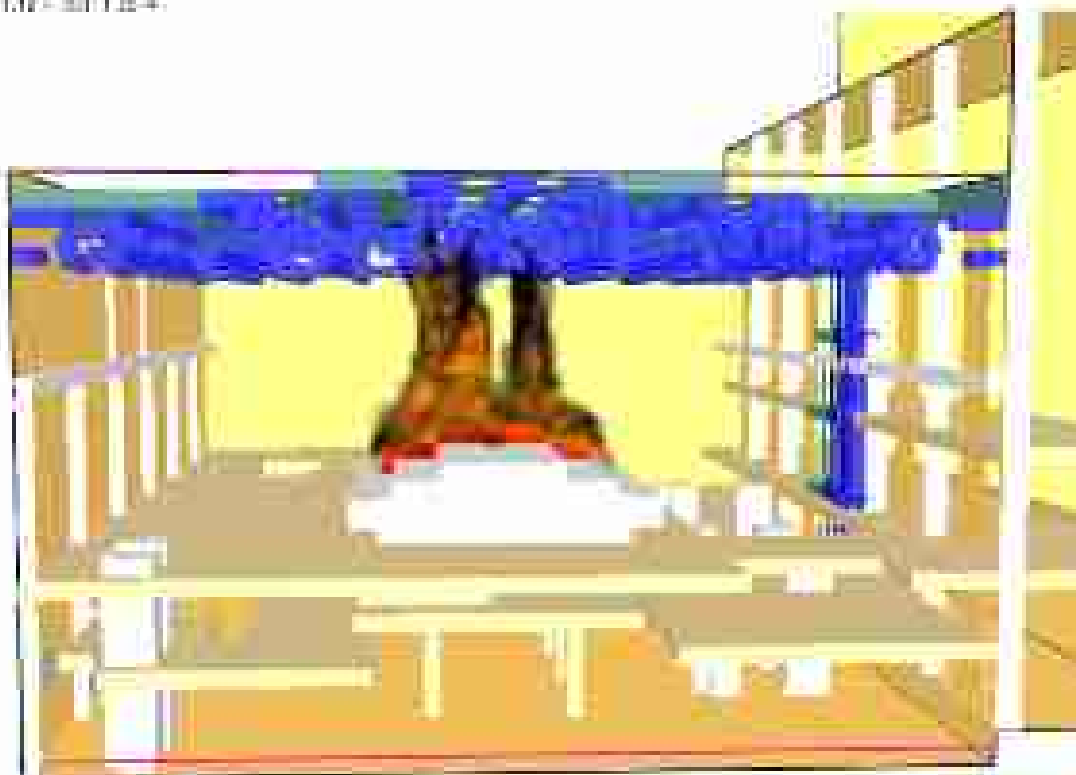
Исходные 01.12 - 11:13:24



Прогн 000
Темп 000

Через 6 минут после начала пожара

Исходные 01.12 - 11:13:41



Прогн 000
Темп 000

Через 7 минут после начала пожара

Исходные данные: 11.12 - 11.12.4:



Прогн. сцен
Температура



1000 °C

Через 8 минут после начала пожара

Исходные данные: 11.12 - 11.12.4:



Прогн. сцен
Температура



1000 °C

Через 9 минут после начала пожара

Время: 01.12.2014 11:02:41



Фронт: 424
Температура: 1000

Через 10 минут после начала пожара

Время: 01.12.2014 11:02:41



Фронт: 522
Температура: 1000

Через 11 минут после начала пожара

Исходные 01.12 - 01.12.4



Прогн. 011
1:00:00:0

Через 12 минут после начала пожара

Исходные 01.12 - 01.12.4



Прогн. 011
1:00:00:0

Через 13 минут после начала пожара

Иллюстрация 01.12 - 01.12.14



Решение 01.12
14.01.2014

Через 14 минут после начала пожара

Иллюстрация 01.12 - 01.12.14



Решение 01.12
14.01.2014

Через 15 минут после начала пожара

Исходные данные: 11.12 - 11.12.14



Фронт: 154
Температура: 1400000

Через 16 минут после начала пожара

Исходные данные: 11.12 - 11.12.14



Фронт: 149
Температура: 1400000

Через 17 минут после начала пожара

Время: 00:17 - 00:17:24



Время: 00:17

00:17:18

00:18:11

Через 18 минут после начала пожара

Время: 00:18 - 00:18:24



Время: 00:18

00:18:18

00:18:11

Через 19 минут после начала пожара

Время: 01.12.2014 11:07:19



Фронт: 100

Темп: 118.00

Через 20 минут после начала пожара

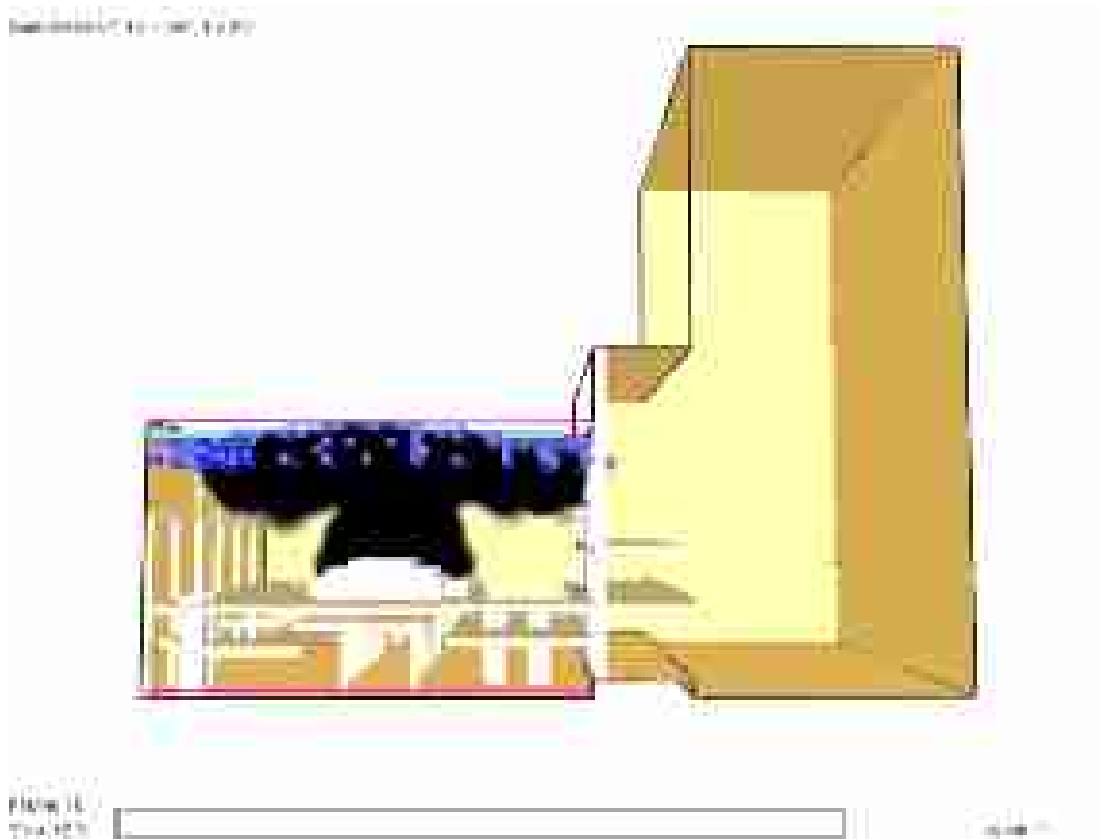
Время: 01.12.2014 11:07:41



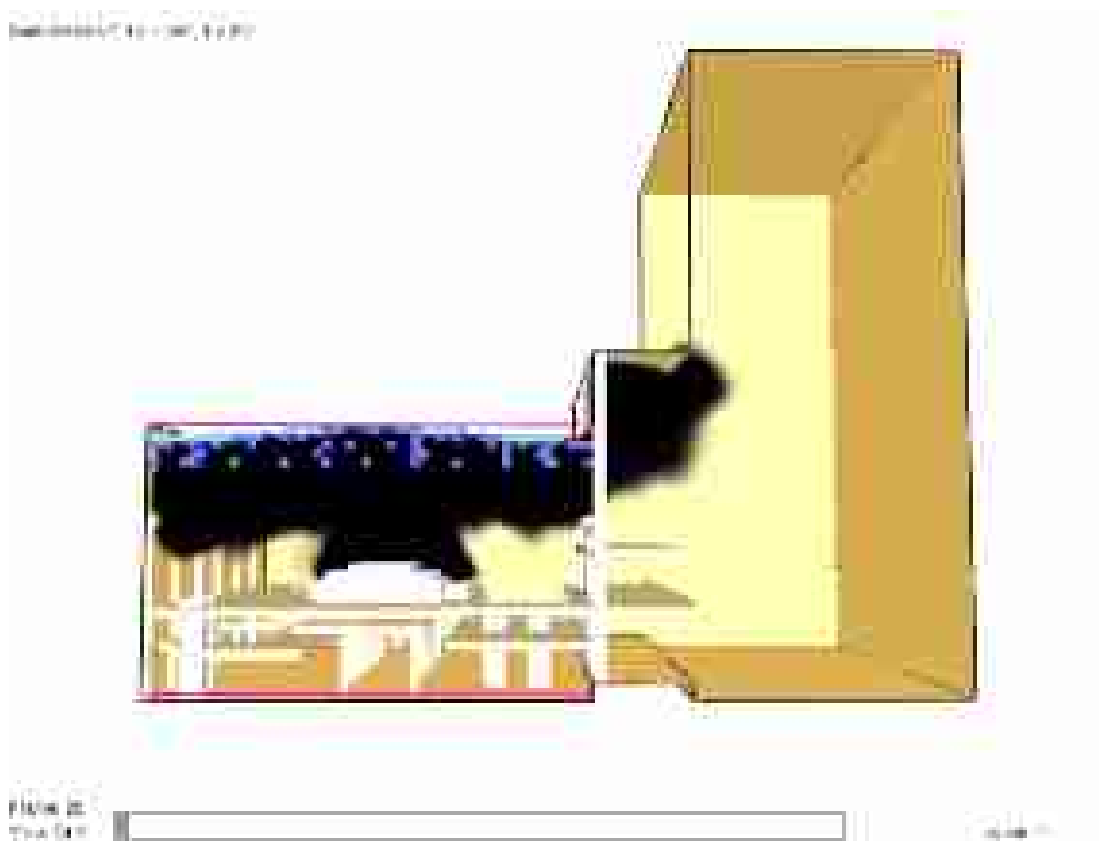
Фронт: 100

Темп: 118.00

Задымление Через 12 секунд после начала пожара



Через 24 секунды после начала пожара



Через 56 секунд после начала пожара

00:00:00:56 - 00:00:01:00:00



Frame 47
Time 0:00



00:00:01

Через 72 секунды после начала пожара

00:00:00:72 - 00:00:01:00:00



Frame 63
Time 0:00



00:00:01

Через 91 секунду после начала пожара

00:00:01:31.11 - 00:01:31.11



Рядом 101
100% 00:01



00:01:31

Через 138 секунд после начала пожара

00:00:01:38.11 - 00:01:38.11



Рядом 102
100% 00:01



00:01:38

9. Сценарий 2. Фонтан масла

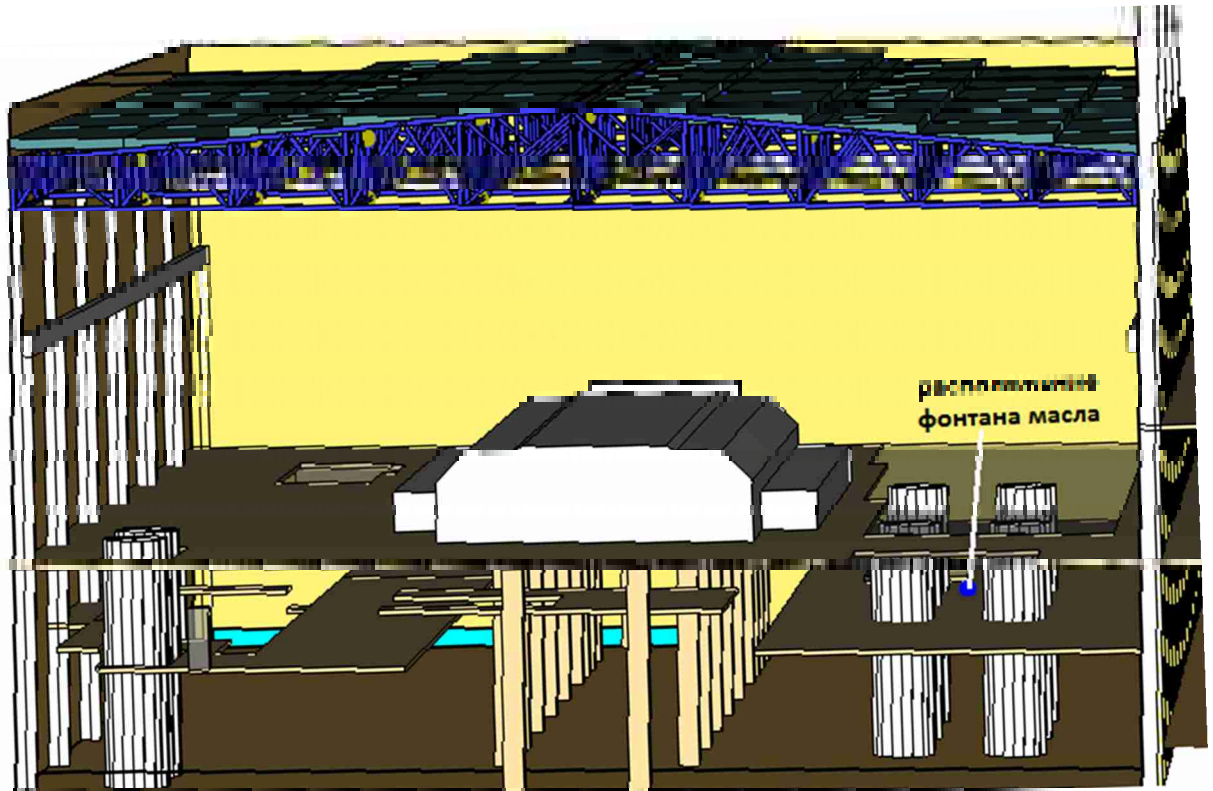
9.1. Параметры модели

В момент начала моделирования из заданной точки на уровне +6,000 возникает фонтан масла, направленный вертикально вверх. Воспламенение частиц (капель масла) происходит в момент начала моделирования от расположенного рядом источника возгорания:

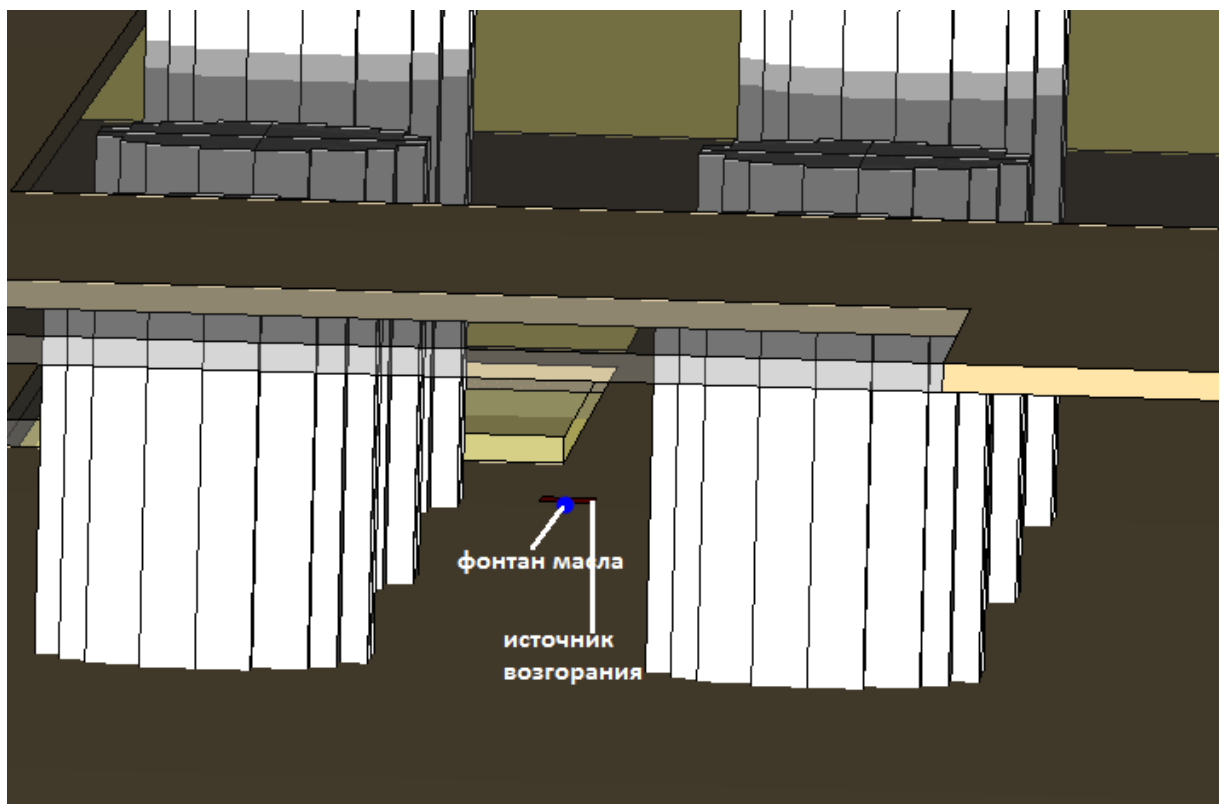
Давление масла, МПа	0,9
Расход масла, л/с	10,5
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	41,9
Удельная массовая скорость выгорания, кг/м ² *с	0,03
Удельное дымообразование Dm , Нп/кг*м ²	243
Удельное поглощение кислорода Lo_2 , кг/кг	0,282
Удельное выделение углекислого газа Lco_2 , кг/кг	0,7
Удельное выделение угарного газа Lco , кг/кг	0,122

Таблица 5. Физические свойства масла в зависимости от температуры

t , °C	ρ , кг/м ³	c , кДж/(кг·°C)	λ , Вт/(м·°C)	$\nu \cdot 10^4$, м ² /с	$\eta \cdot 10^4$, Н·с/м ²	$\alpha \cdot 10^4$, м ² /ч	Pr	$\beta \cdot 10^4$, 1/°C
-20	904,6	1,432	0,1141	—	—	3,15	—	6,70
-10	898,6	1,491	0,1132	—	—	3,04	—	6,75
0,0	892,5	1,549	0,1124	70,5	629,6	2,93	866	6,80
10	886,4	1,620	0,1115	37,9	335,4	2,82	484	6,85
20	880,3	1,666	0,1106	22,5	198,1	2,72	298	6,90
30	874,2	1,729	0,1098	14,7	128,5	2,62	202	6,95
40	868,2	1,788	0,1089	10,3	89,3	2,53	146	7,00
50	862,1	1,846	0,1082	7,58	65,3	2,45	111	7,05
60	856,0	1,905	0,1072	5,78	49,5	2,37	87,8	7,10
70	850,0	1,964	0,1064	4,54	38,6	2,29	71,3	7,10
80	843,9	2,026	0,1056	3,66	30,8	2,22	59,3	7,20
90	837,8	2,085	0,1047	3,03	25,4	2,16	50,5	7,25
100	831,8	2,144	0,1039	2,56	21,3	2,10	43,9	7,30
110	825,7	2,202	0,1030	2,20	18,1	2,04	38,8	7,35
120	819,6	2,261	0,1022	1,92	15,7	1,98	34,9	7,40



Расположение источника выхода масла



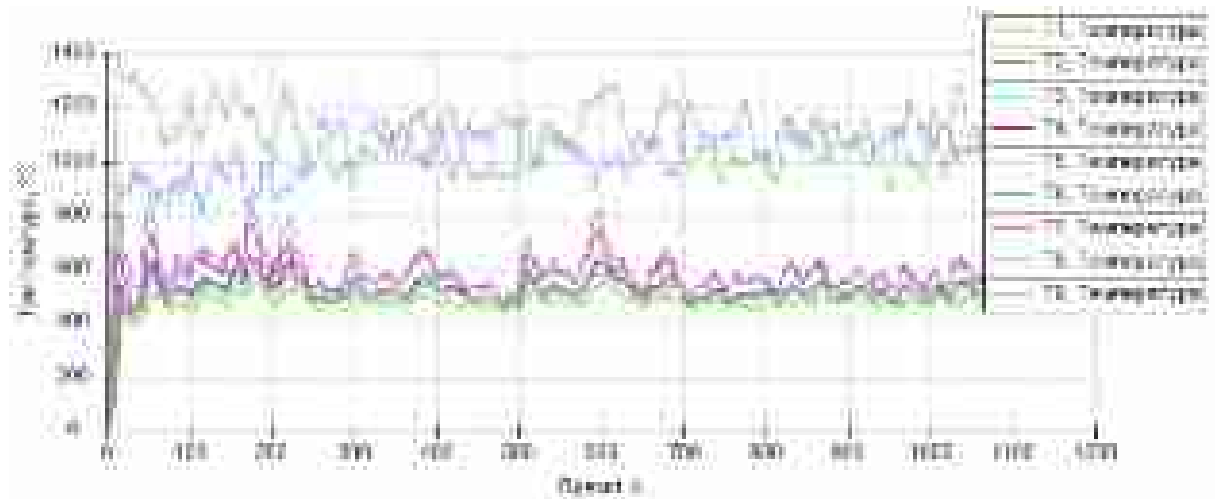
Расположение источника возгорания

Записи FDS:

```
&SPEC ID='maslo', FORMULA='C21.74H42.28', DENSITY_LIQUID=880.0,  
SPECIFIC_HEAT_LIQUID=1.0, VAPORIZATION_TEMPERATURE=150.0,  
MELTING_TEMPERATURE=-45.0, HEAT_OF_VAPORIZATION=190.0,  
ENTHALPY_OF_FORMATION=500.0, H_V_REFERENCE_TEMPERATURE=150.0/  
  
&PART ID='топливо',  
SPEC_ID='maslo',  
DIAMETER=500.0,  
MONODISPERSE=.TRUE.,  
AGE=60.0/  
  
&REAC ID='масло (фонтан)',  
FYI='Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факторов пожара в  
помещении: Учебное пособие.',  
FUEL='maslo',  
SOOT_H_FRACTION=0.0,  
CO_YIELD=0.122,  
SOOT_YIELD=0.028/  
  
&PROP ID='Фонтан масла',  
PART_ID='топливо',  
OFFSET=0.1,  
PRESSURE_RAMP='Фонтан масла_PRESSURE_RAMP',  
OPERATING_PRESSURE=9.0,  
FLOW_RATE=630.0,  
FLOW_TAU=1.0/  
&RAMP ID='Фонтан масла_PRESSURE_RAMP', T=0.0, F=9.0, DEVC_ID='Время'/  
&RAMP ID='Фонтан масла_PRESSURE_RAMP', T=2000.0, F=9.0/  
  
&DEVC ID='фонтан масла', PROP_ID='Фонтан масла', XYZ=29.021,-  
44.3557,7.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0, QUANTITY='TIME',  
SETPPOINT=0.0/  
  
&DEVC ID='Время', QUANTITY='TIME', XYZ=0.0,0.0,0.0/  
  
&SURF ID='источник возгорания',  
COLOR='RED',  
HRRPUA=1000.0/  
&VENT SURF_ID='источник возгорания', XB=29.271,29.771,-44.6057,-  
44.1057,7.0,7.0, SPREAD_RATE=100.0, XYZ=29.521,-44.3557,7.0/ искра
```

9.2. Сценарий 2а. Исходный

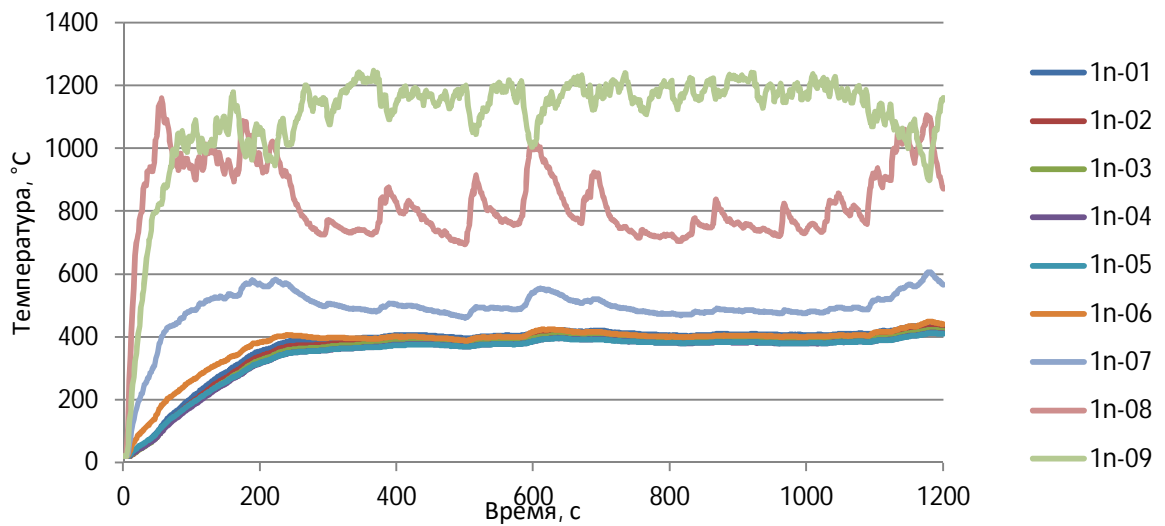
Температура газовой среды



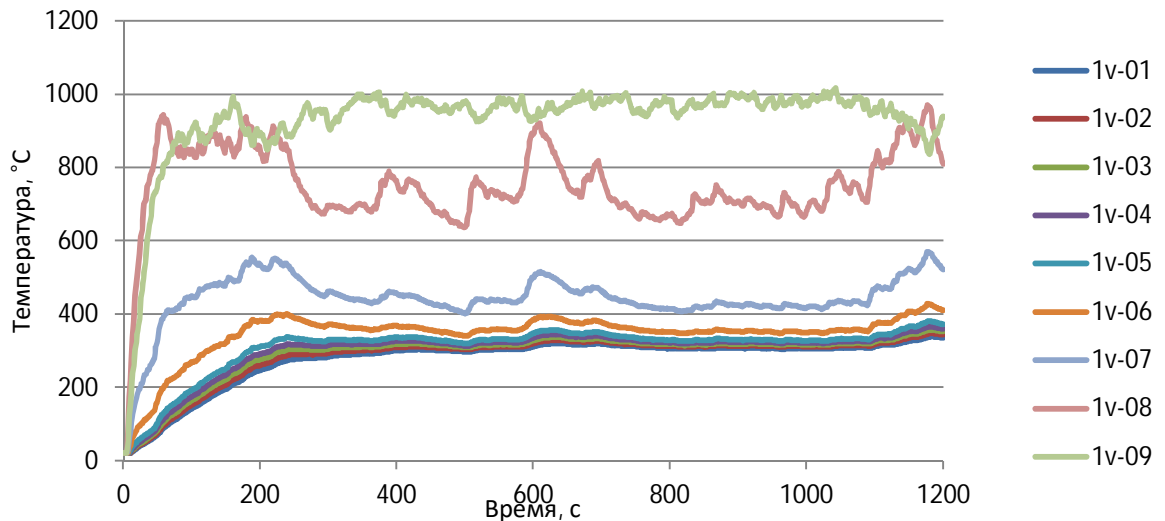
9.2.1. Фермы

Ферма 3 пояс (без защиты)

Нижние элементы

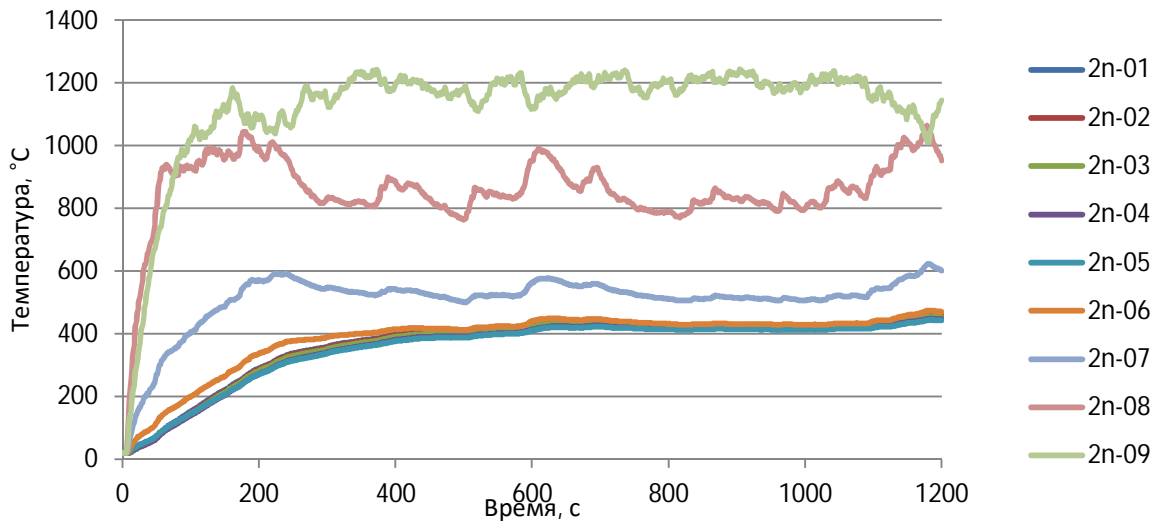


Верхние элементы

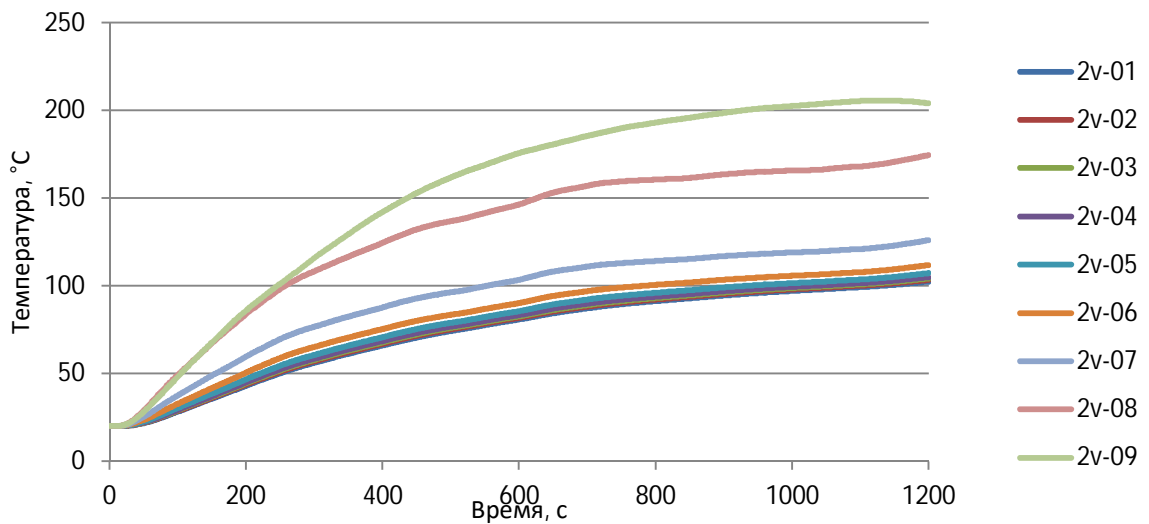


Ферма 3 пояс (конструктивная огнезащита)

Нижние элементы

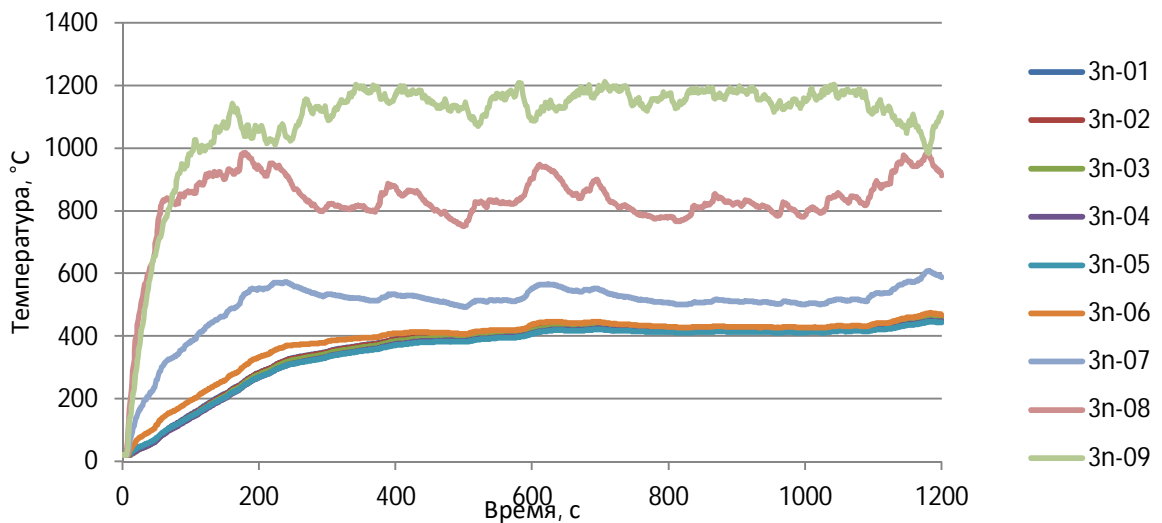


Верхние элементы

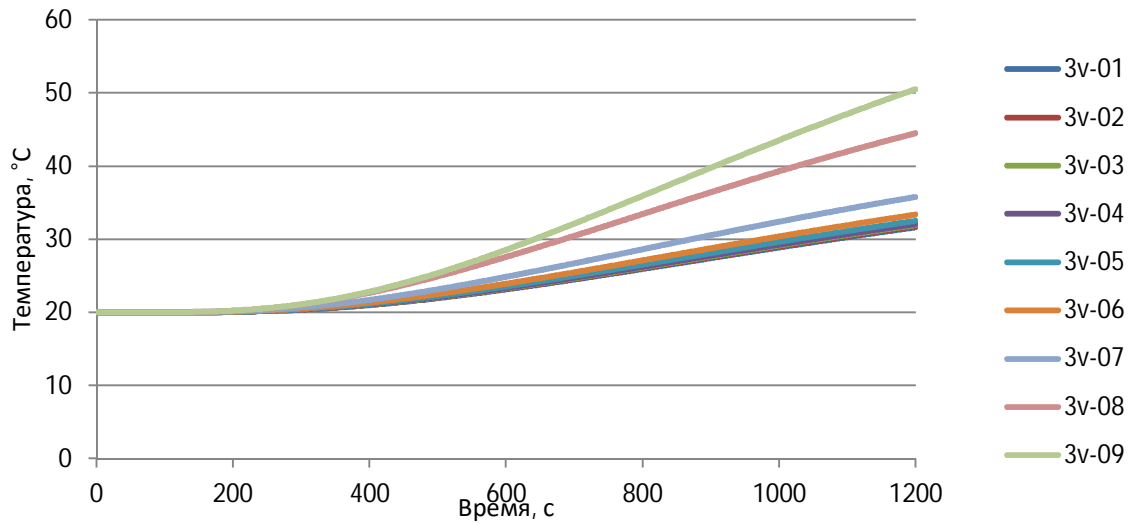


Ферма 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

Нижние элементы

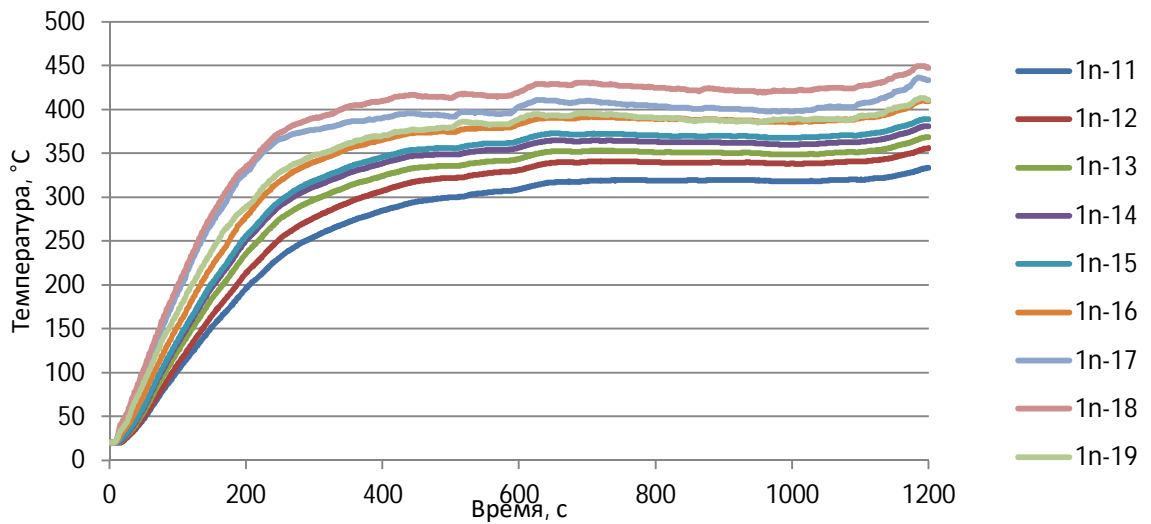


Верхние элементы

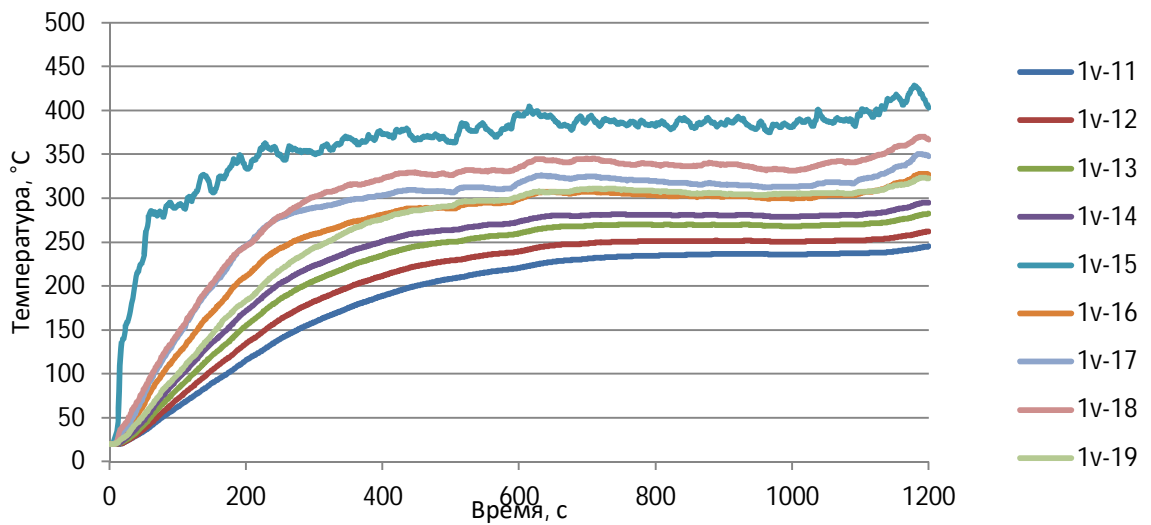


Ферма 1 пояс (без защиты)

Нижние элементы

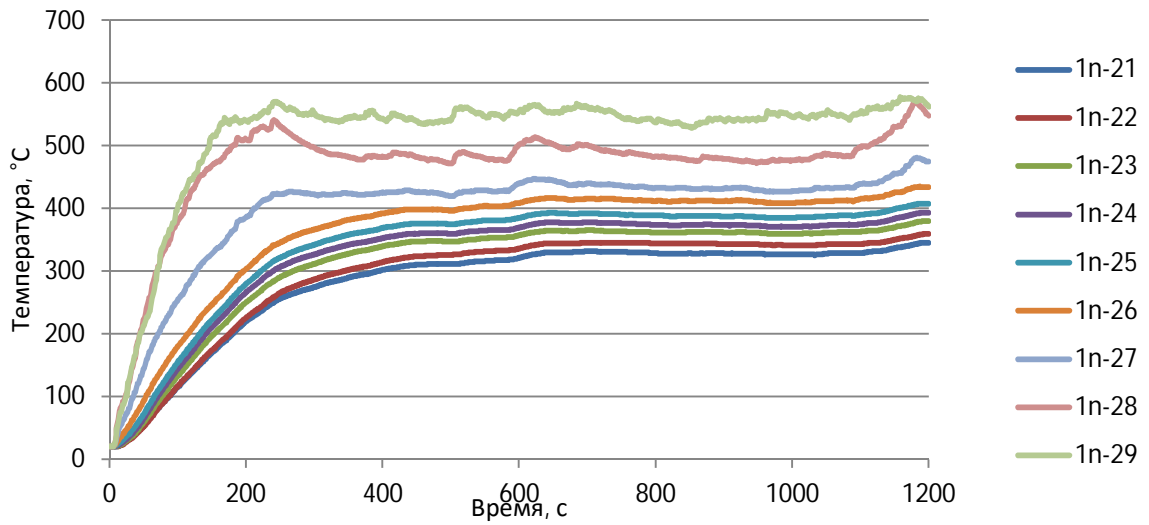


Верхние элементы

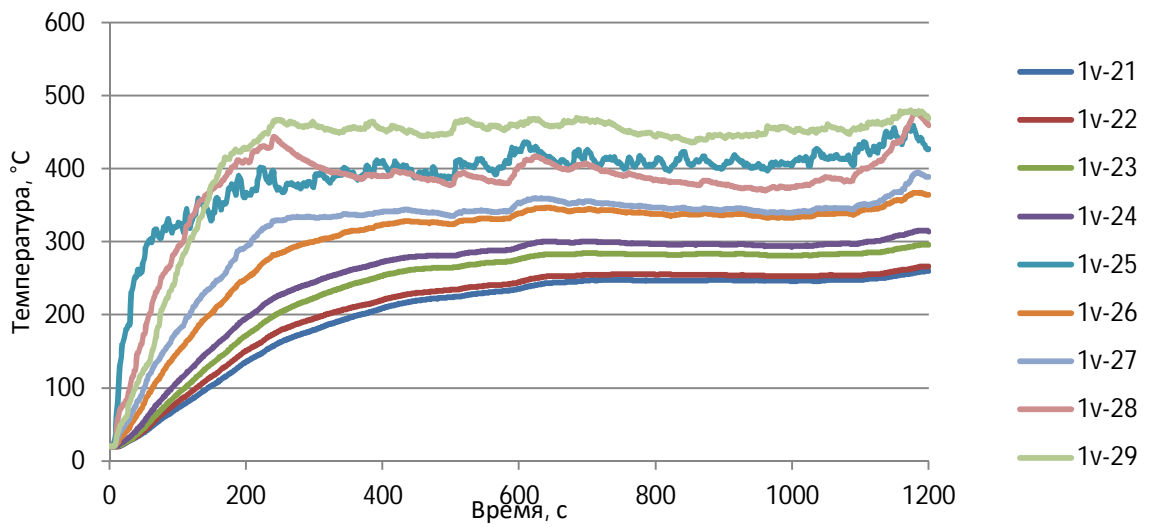


Ферма 2 пояс (без защиты)

Нижние элементы

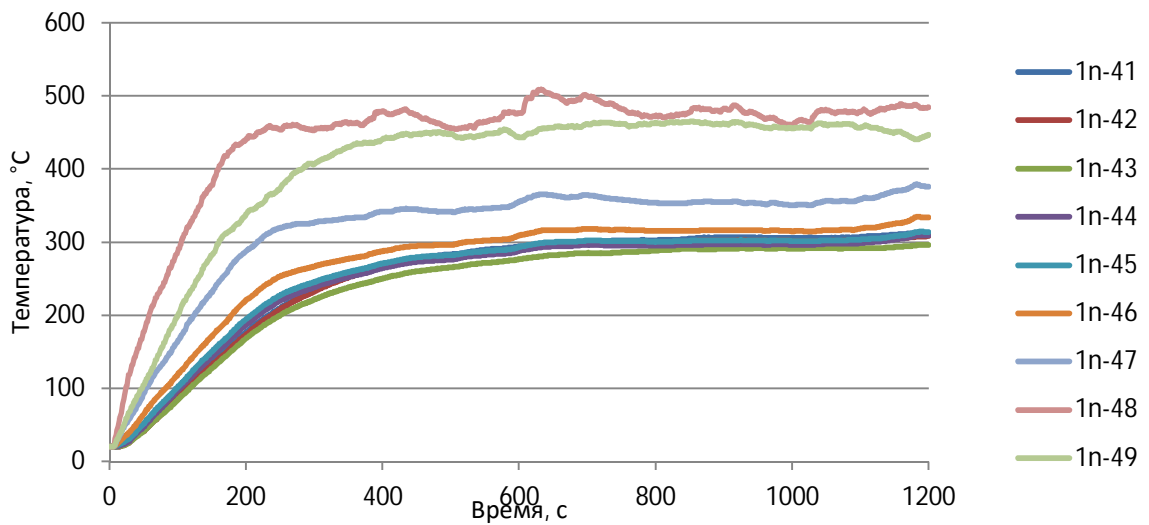


Верхние элементы

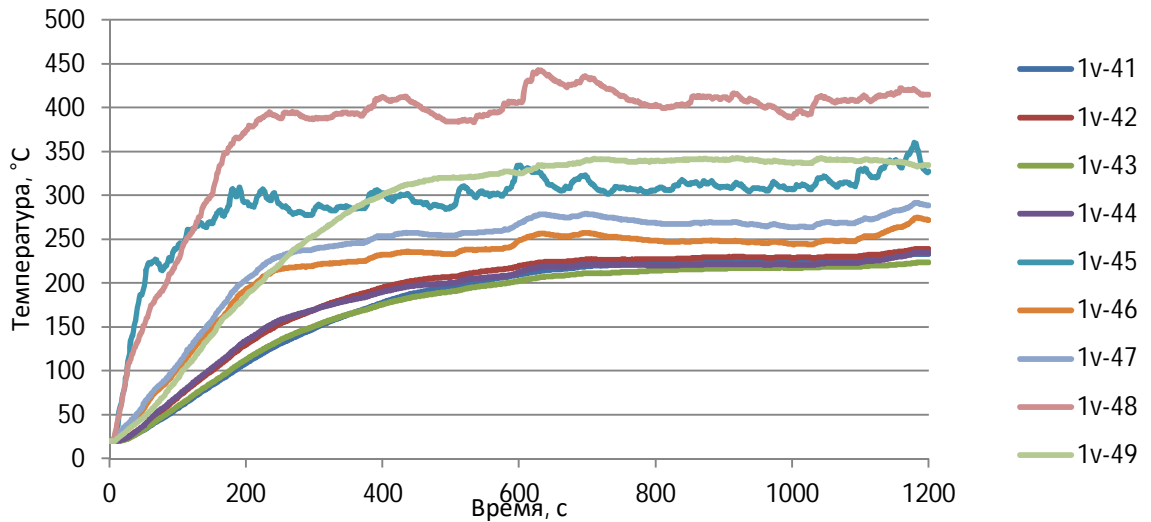


Ферма 4 пояс (без защиты)

Нижние элементы

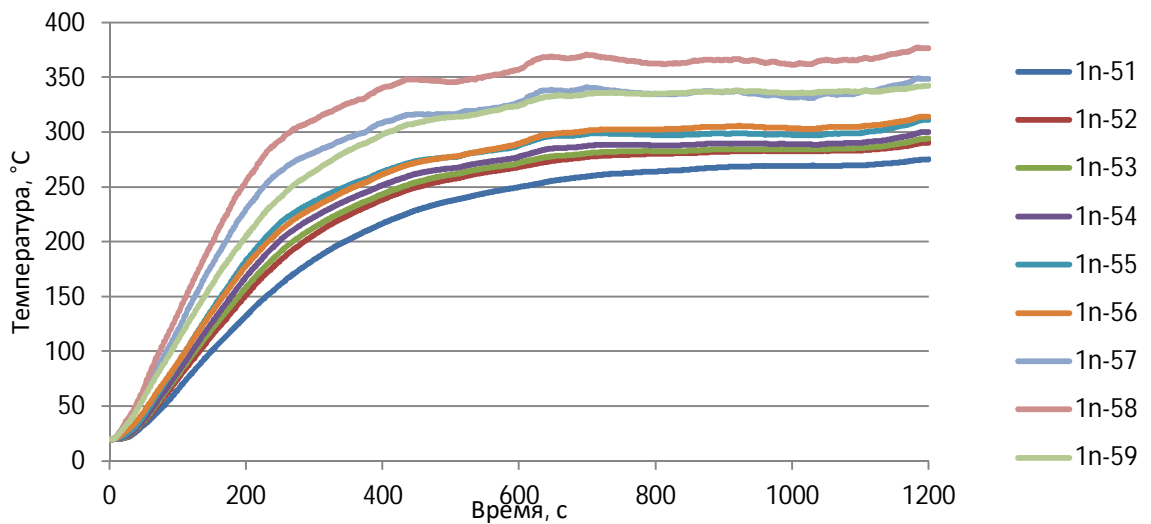


Верхние элементы

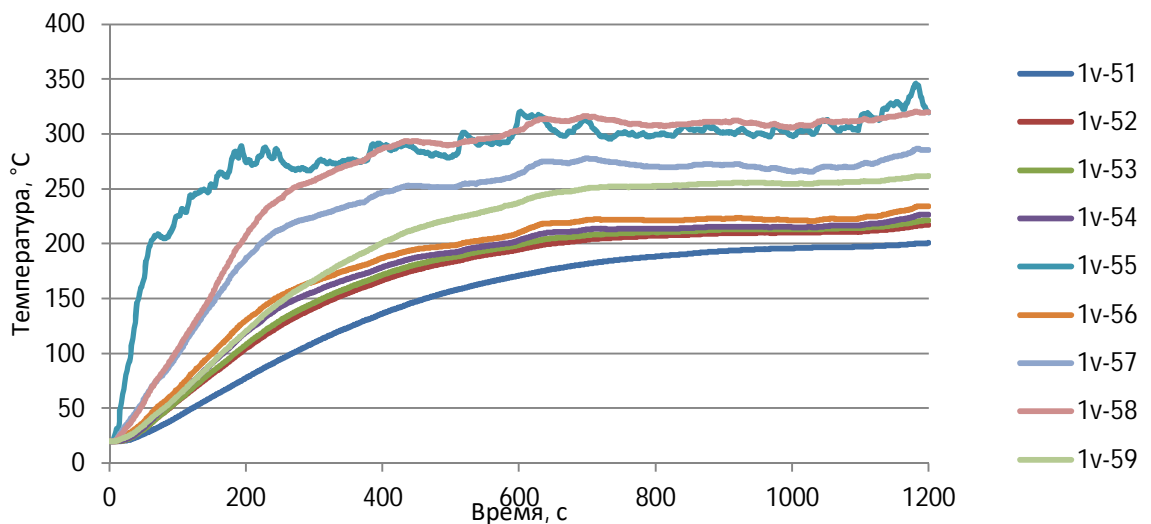


Ферма 5 пояс (без защиты)

Нижние элементы

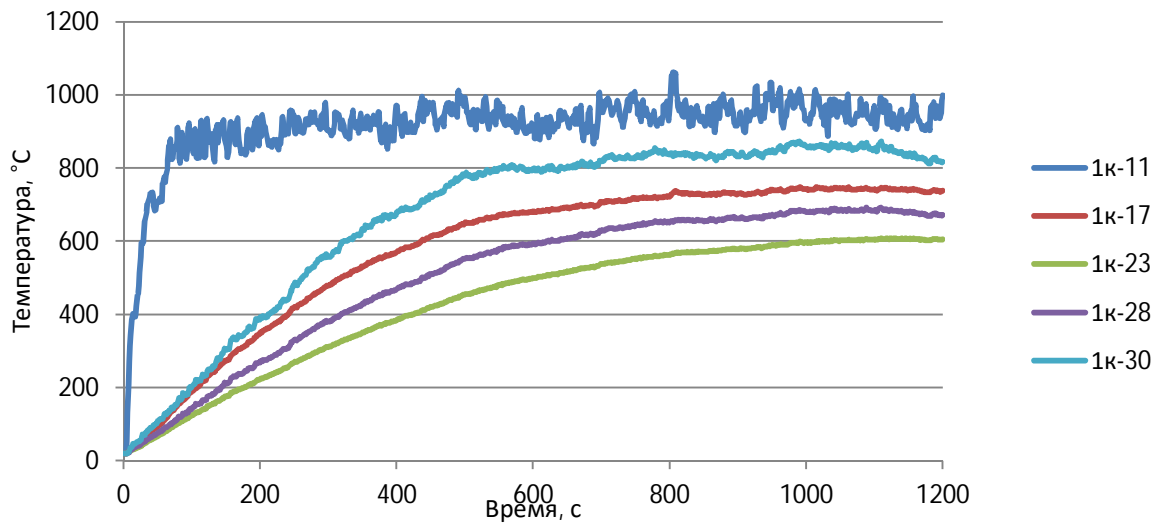


Верхние элементы

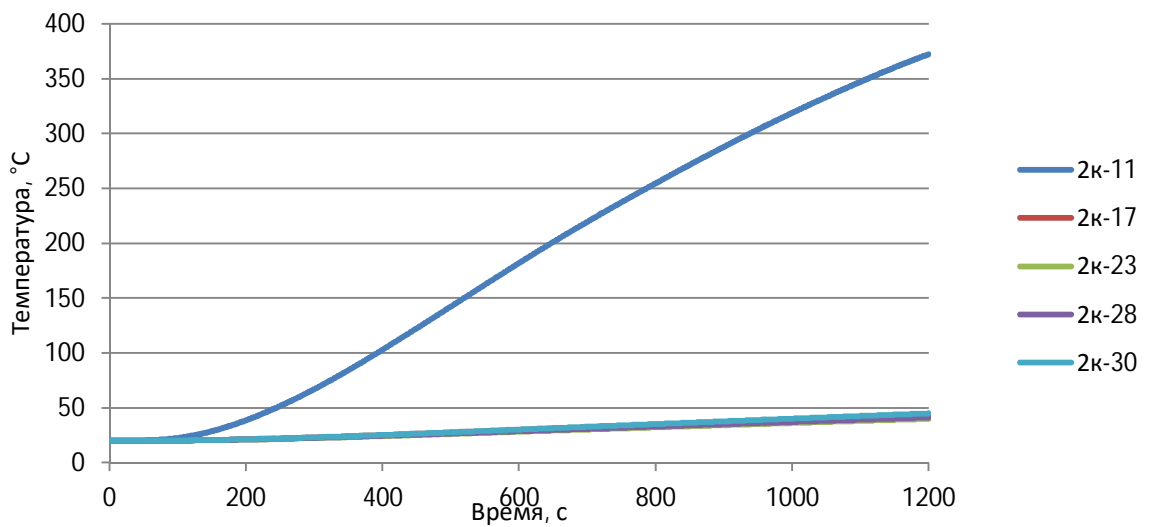


9.2.2. Колонны

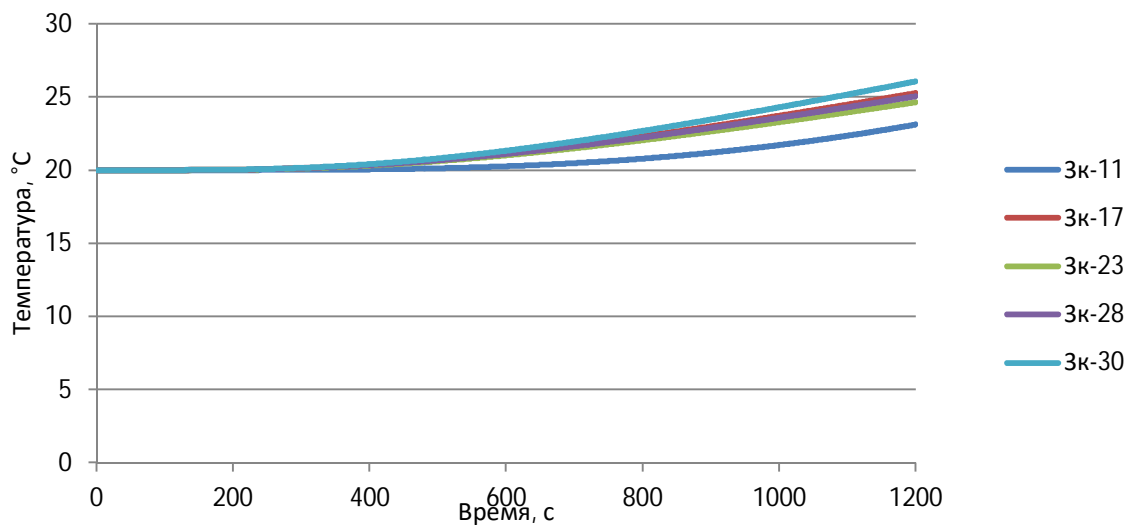
Колонны 3 пояс (без защиты)



Колонны 3 пояс (конструктивная огнезащита)

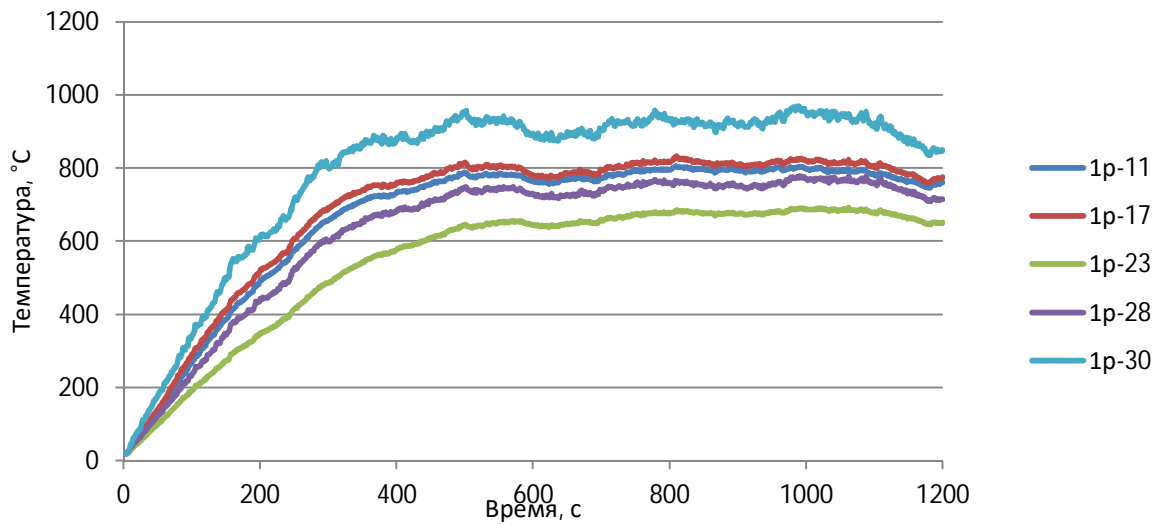


Колонны 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

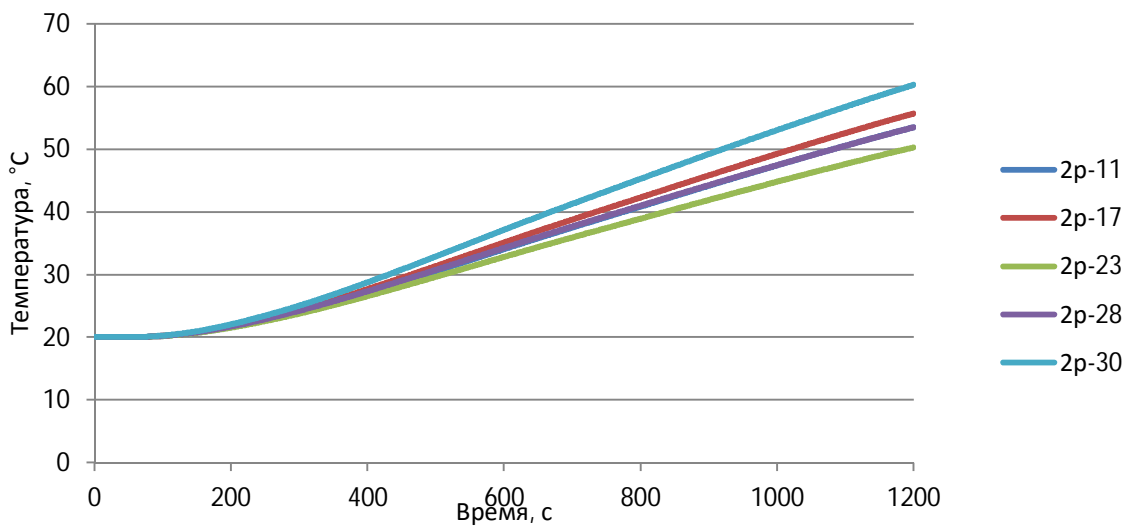


9.2.3. Ригели

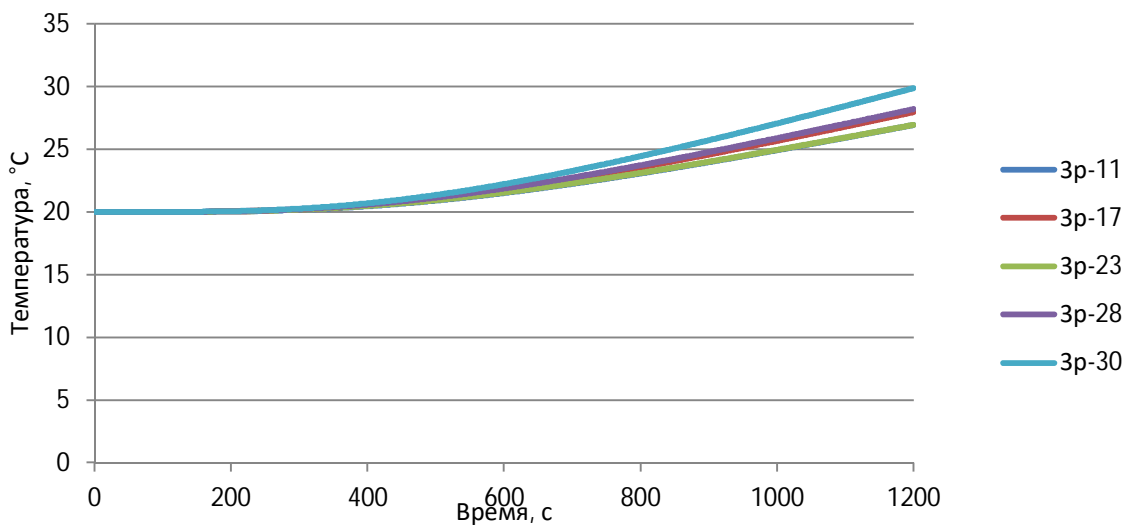
Ригели 3 пояс (без защиты)



Ригели 3 пояс (конструктивная огнезащита)



Ригели 3 пояс (неконструктивная огнезащита)



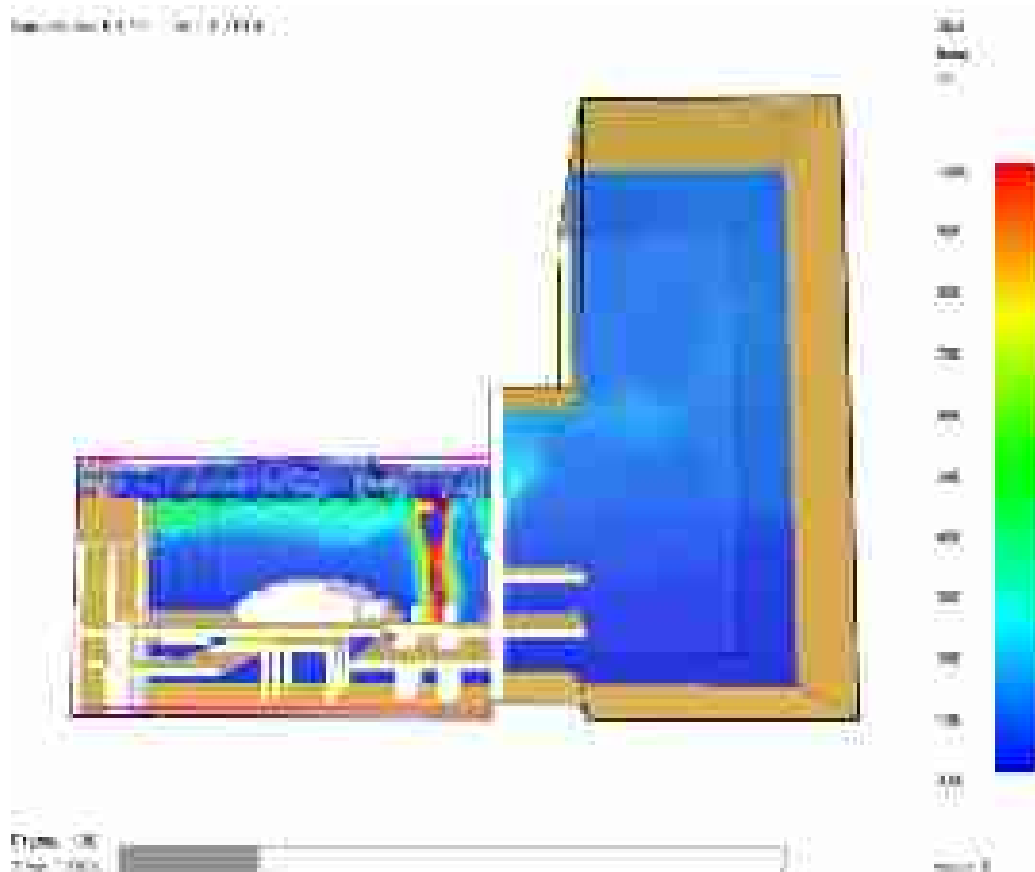
9.2.4. Визуализация данных

Температура

Через 1 минуту после начала пожара

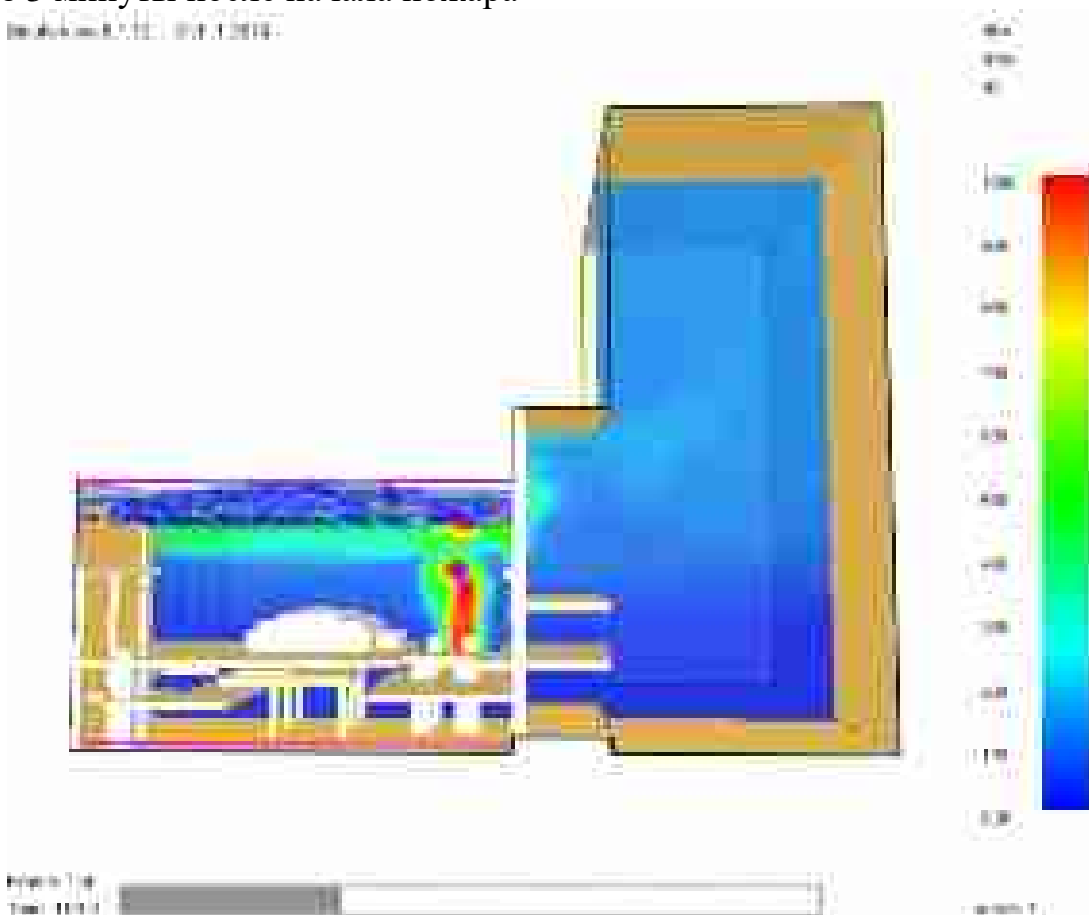


Через 2 минуты после начала пожара



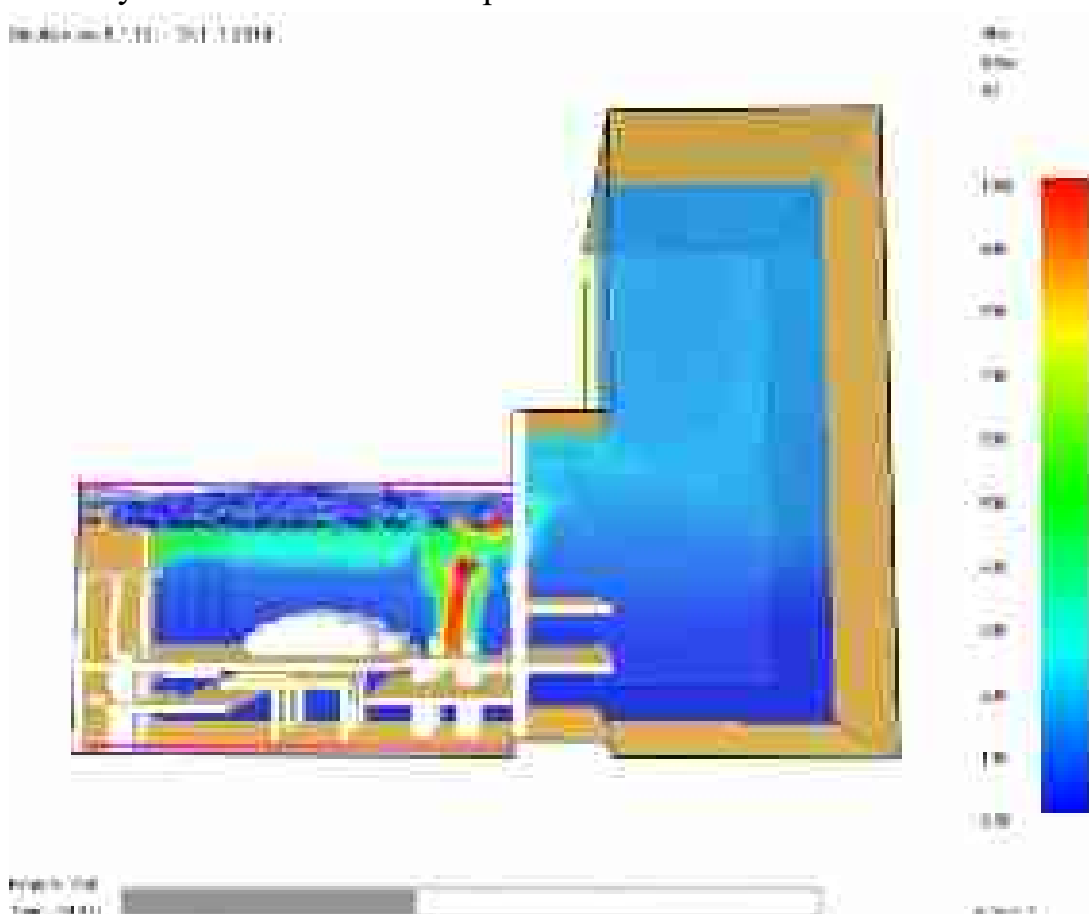
Через 3 минуты после начала пожара

Итого: 7.000
Тем: 11.1.11

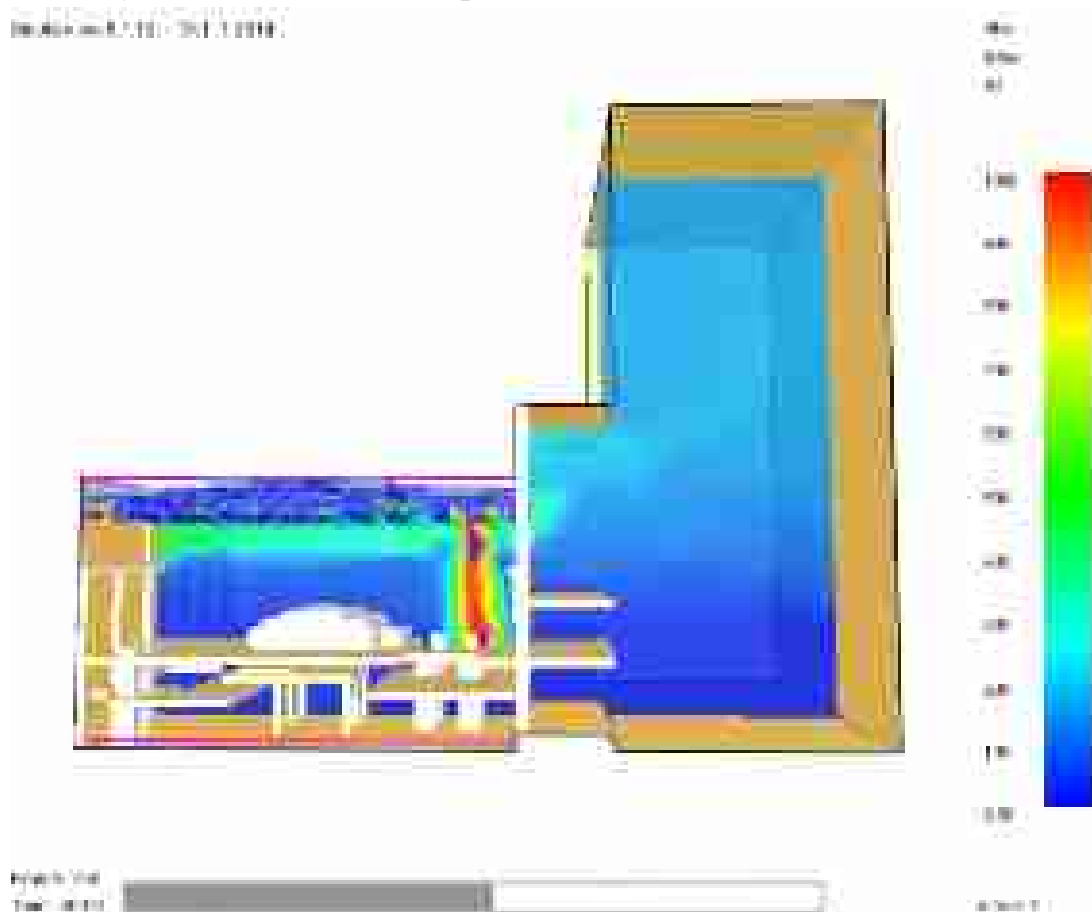


Через 4 минуты после начала пожара

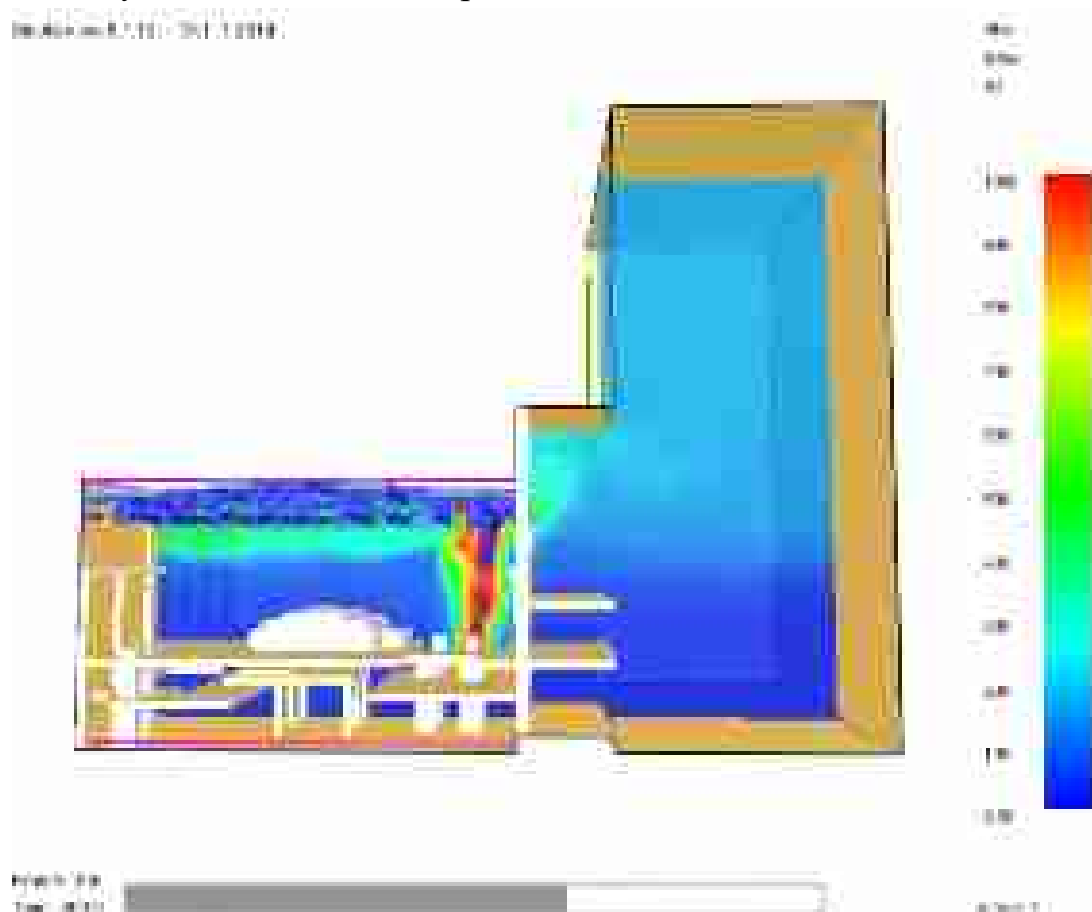
Итого: 7.000
Тем: 11.1.11



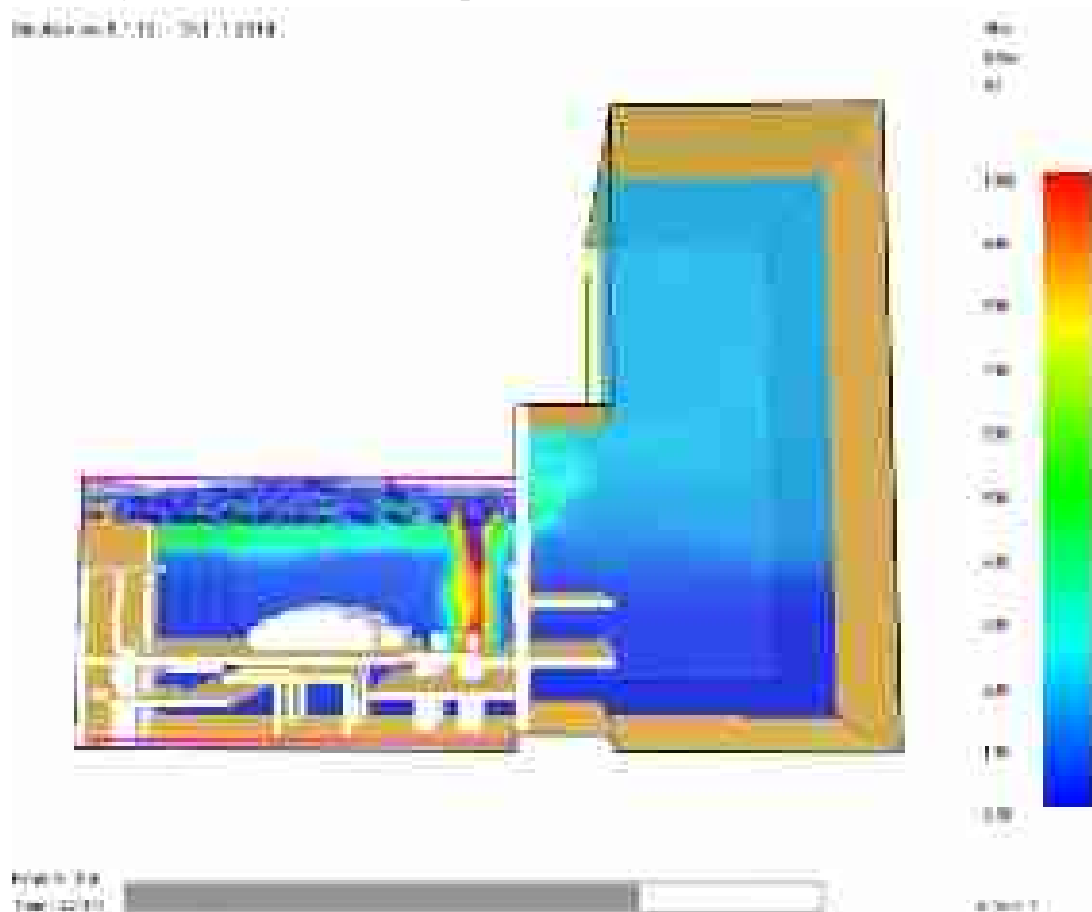
Через 5 минут после начала пожара



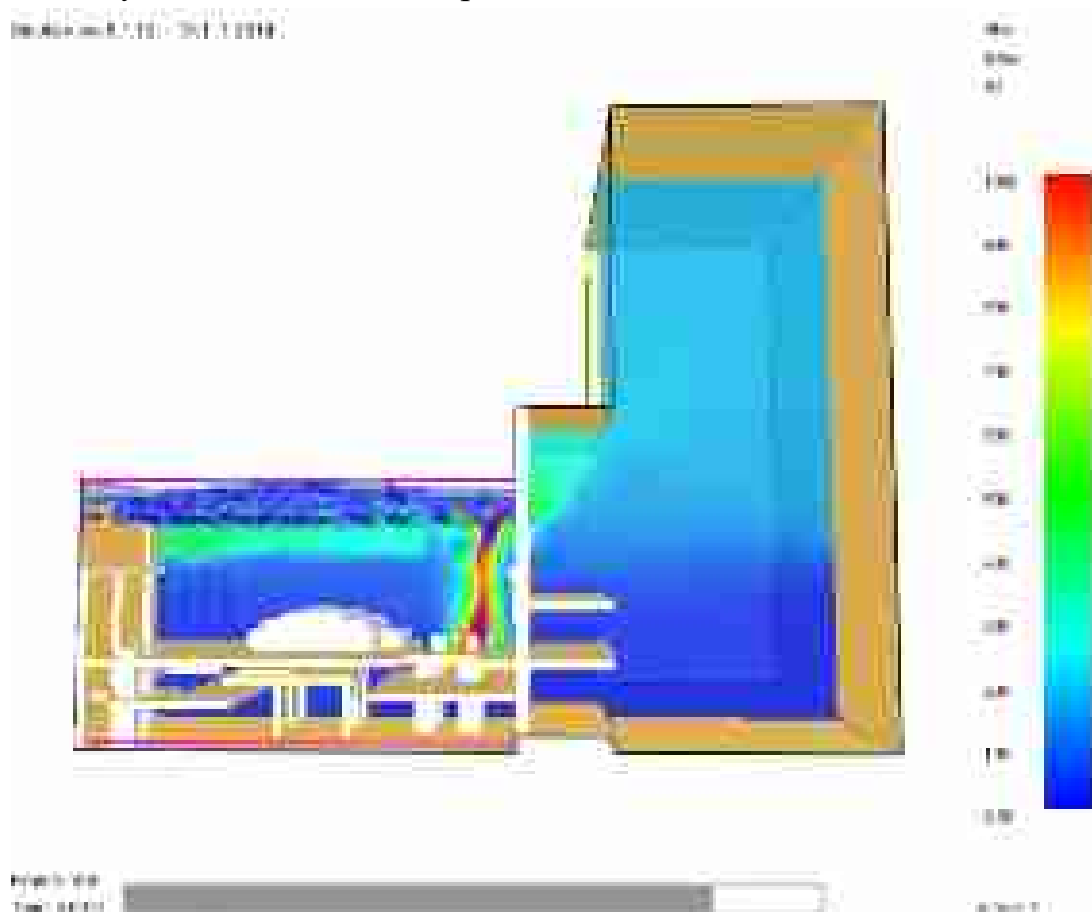
Через 6 минут после начала пожара



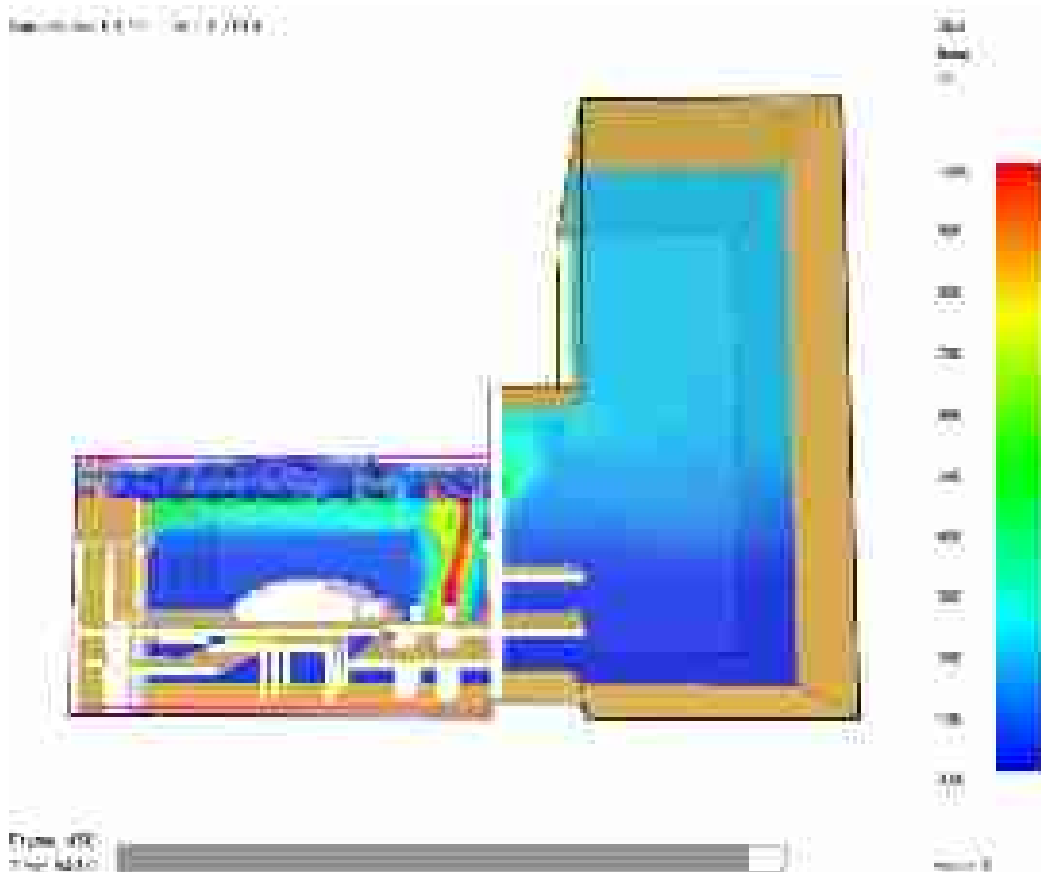
Через 7 минут после начала пожара



Через 8 минут после начала пожара



Через 9 минут после начала пожара



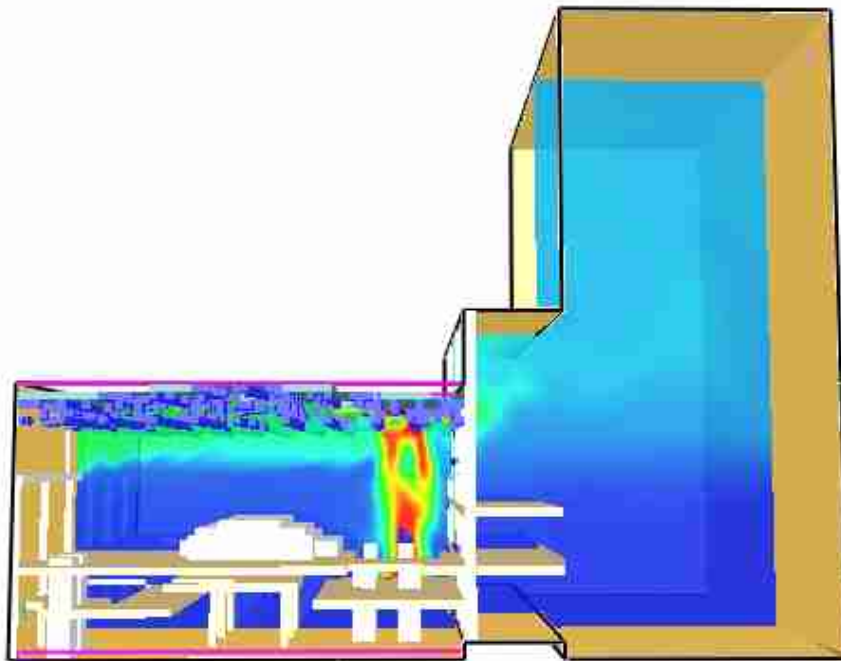
Через 10 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



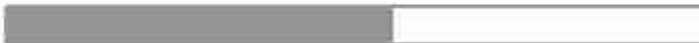
Через 11 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice temp °C
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0.00

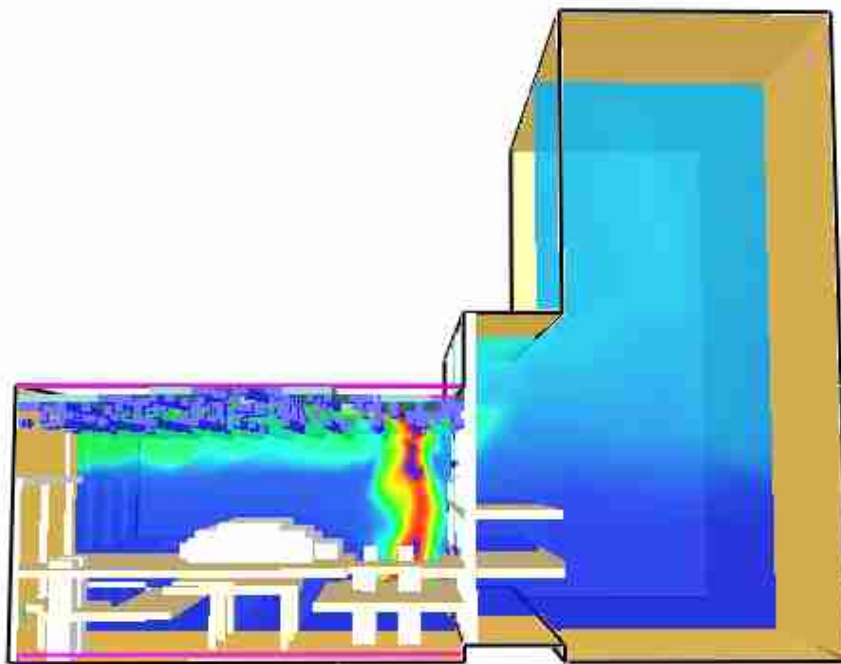
Frame: 550
Time: 660.0



mesh: 1

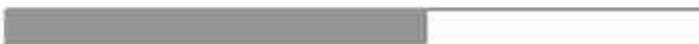
Через 12 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice temp °C
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0.00

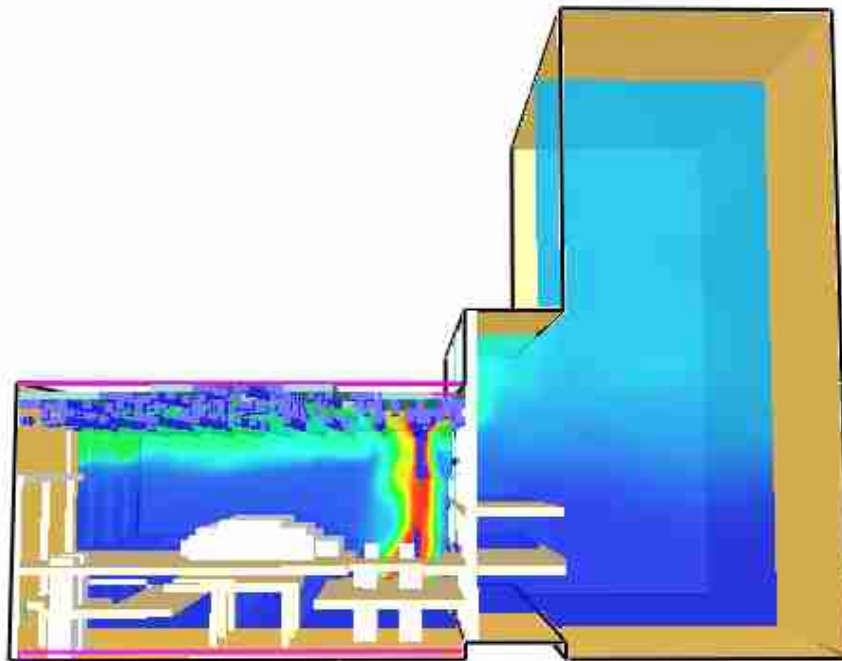
Frame: 600
Time: 720.0



mesh: 1

Через 13 минут после начала пожара

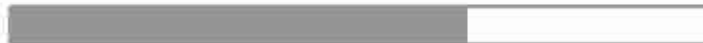
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice
temp
°C



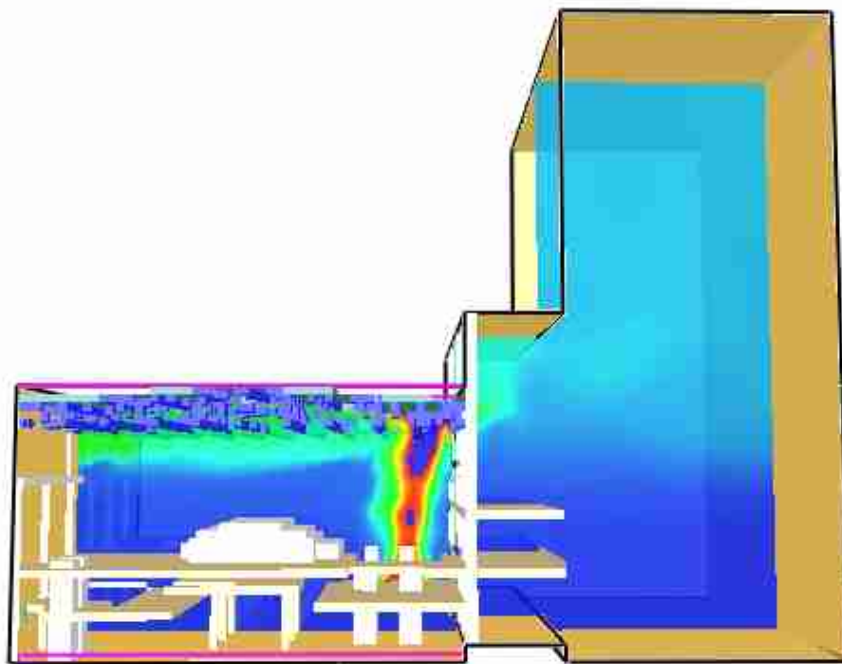
Frame: 650
Time: 780.0



mesh: 1

Через 14 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice
temp
°C



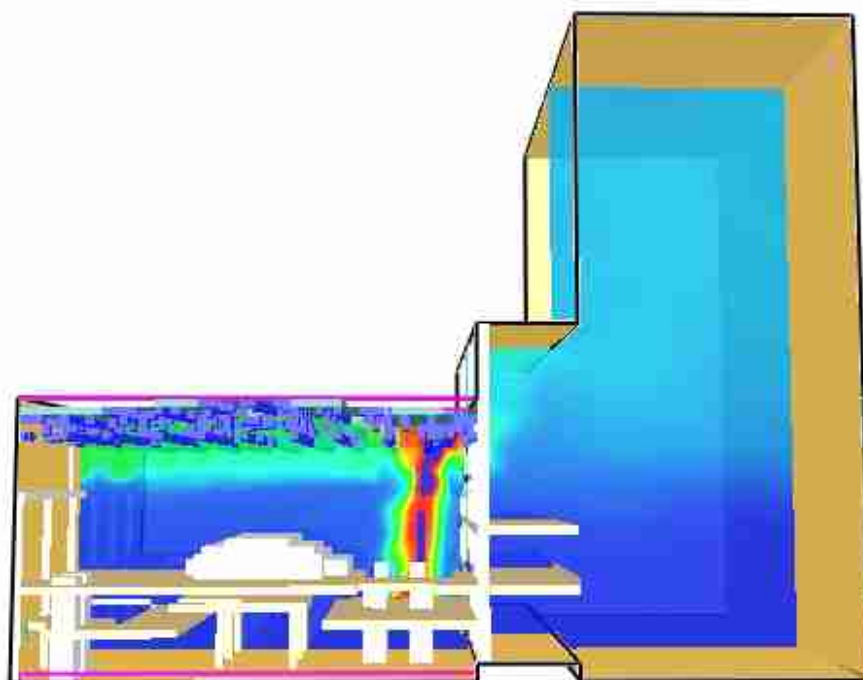
Frame: 700
Time: 840.0



mesh: 1

Через 15 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 750

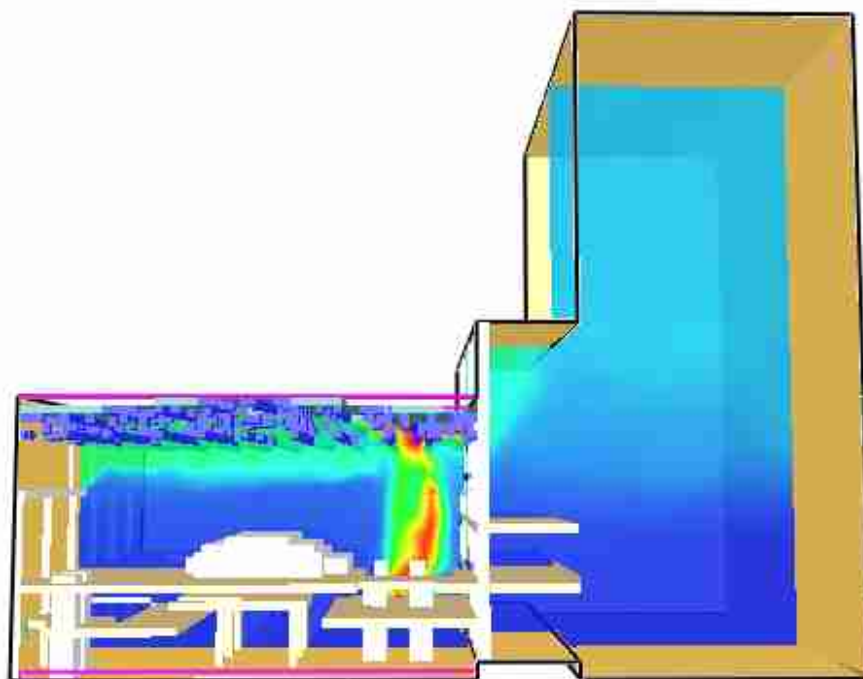
Time: 900.0



mesh: 1

Через 16 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 800

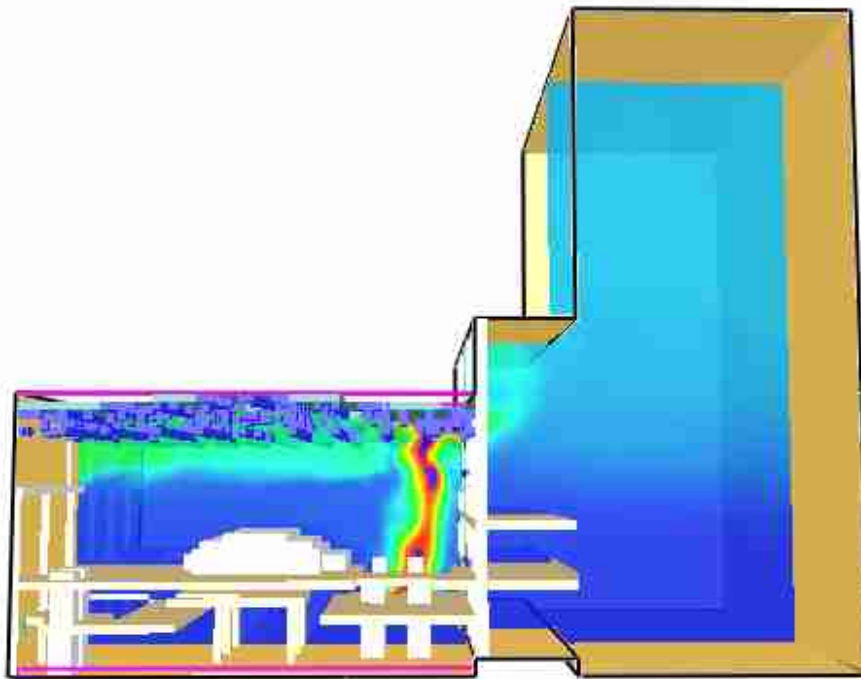
Time: 960.0



mesh: 1

Через 17 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



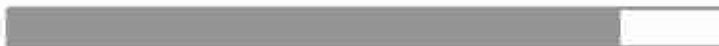
Slice temp °C

1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0.00



Frame: 850

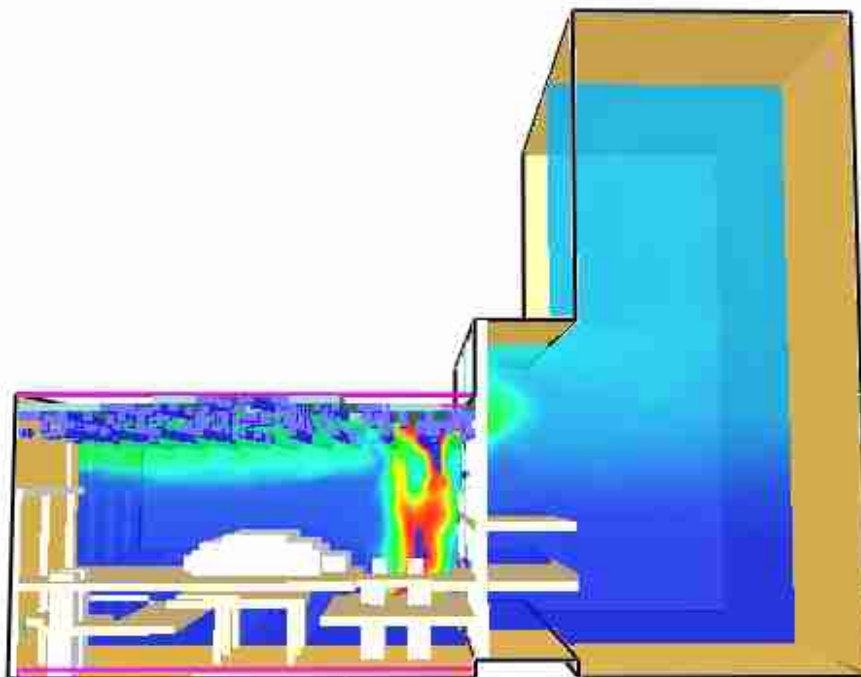
Time: 1020.0



mesh: 1

Через 18 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice temp °C

1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0.00



Frame: 900

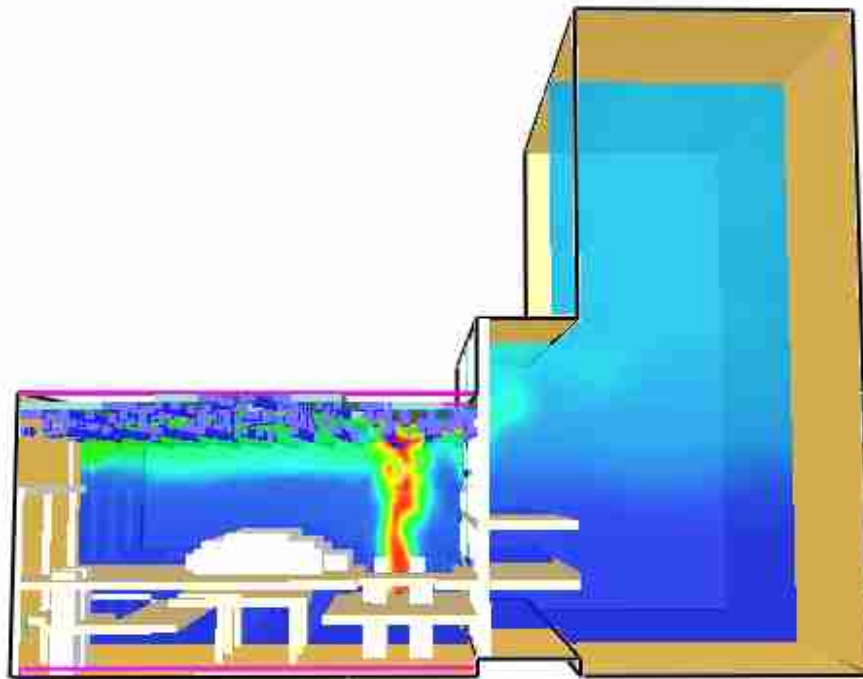
Time: 1080.0



mesh: 1

Через 19 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

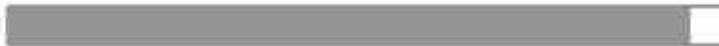


Slice
temp
°C



Frame: 950

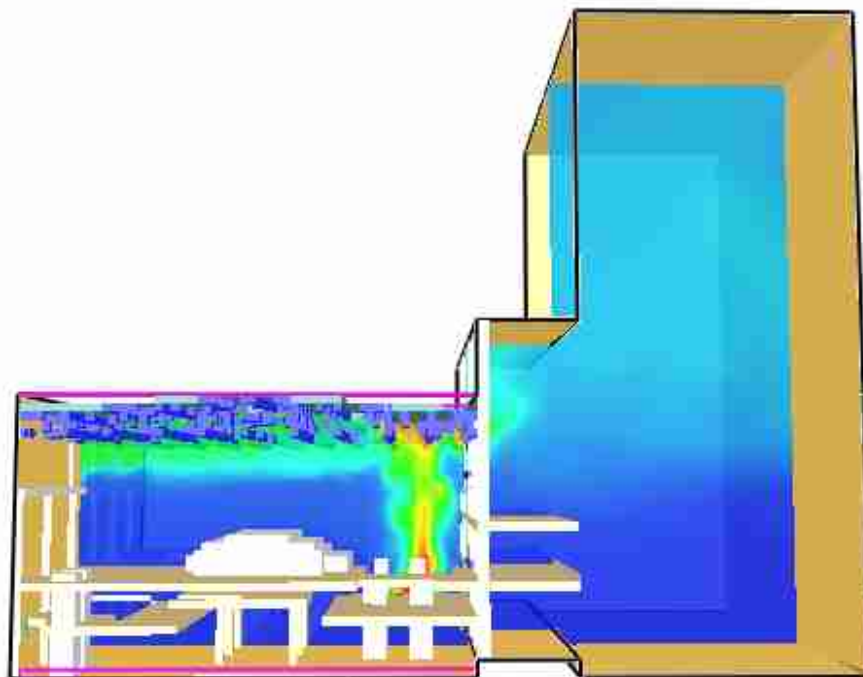
Time: 1140.0



mesh: 1

Через 20 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Slice
temp
°C



Frame: 1000

Time: 1200.0



mesh: 1

Скорость тепловыделения
Через 1 минуту после начала пожара



Через 2 минуты после начала пожара



Через 3 минуты после начала пожара

Выходные: 01.11 - Октябрь 2011



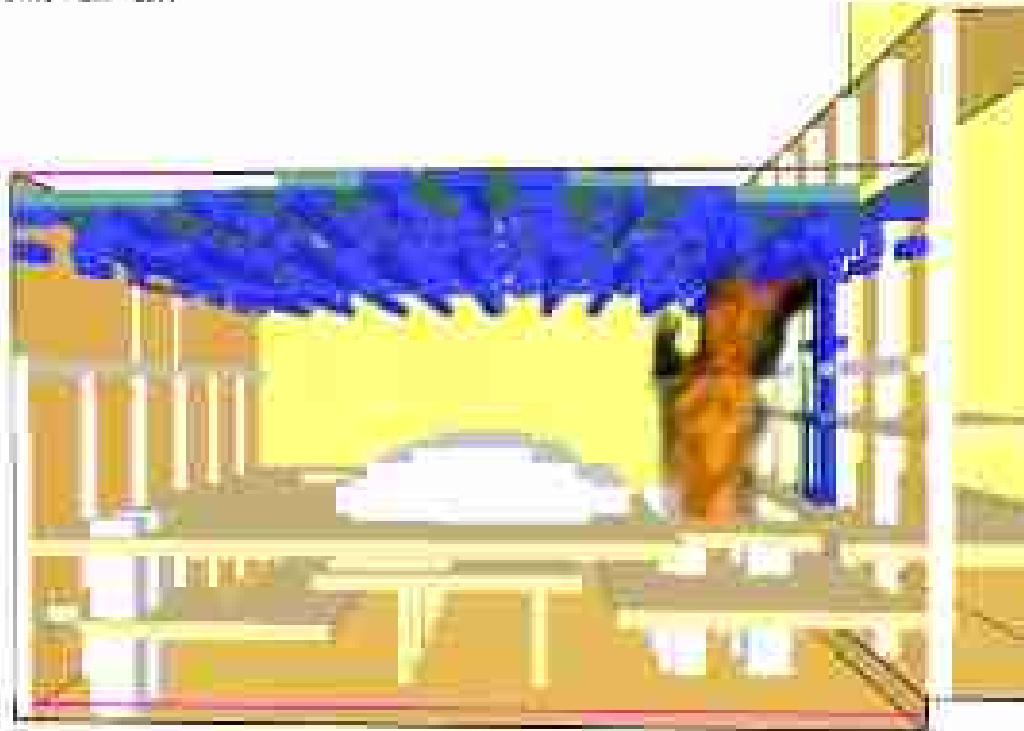
Выходные: 01.11 - Октябрь 2011



Модель: 3D

Через 4 минуты после начала пожара

Выходные: 01.11 - Октябрь 2011



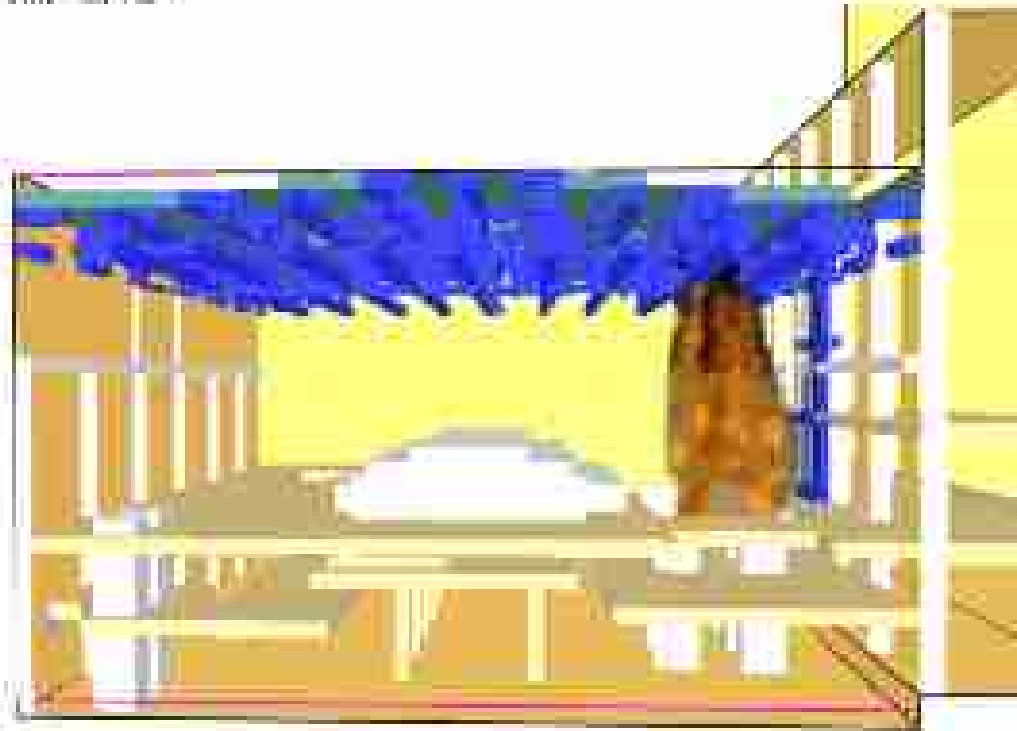
Выходные: 01.11 - Октябрь 2011



Модель: 3D

Через 5 минут после начала пожара

11.11.2014 11:11:00



11.11.2014
11:11:00

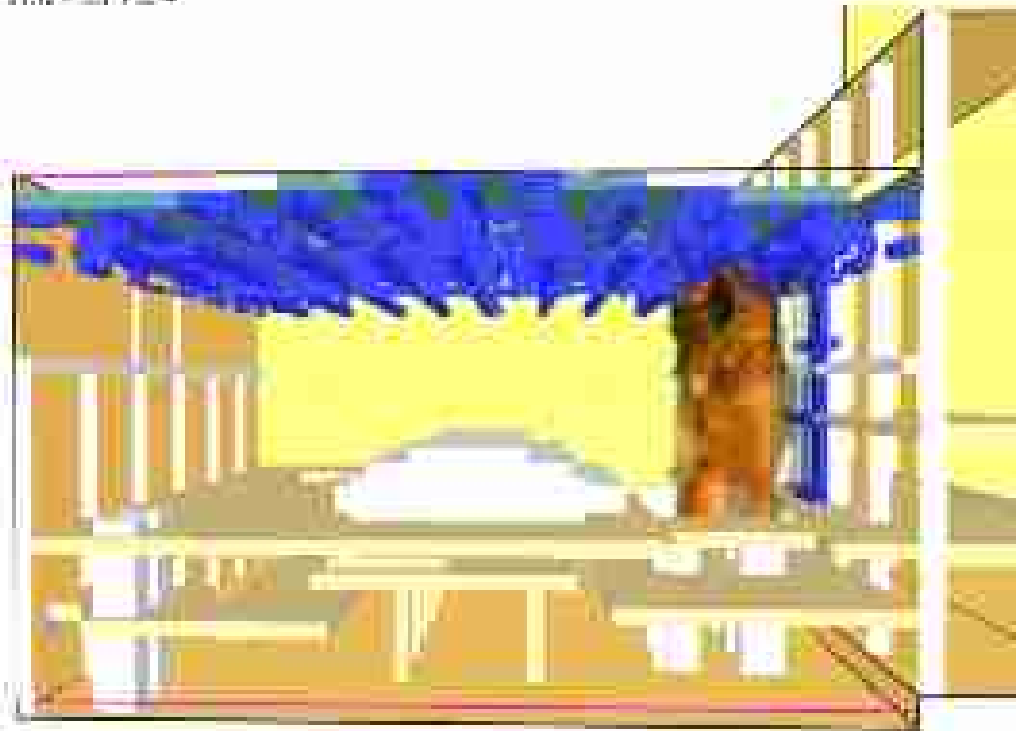


МАРС-ПБ

11.11.2014

Через 6 минут после начала пожара

11.11.2014 11:11:00



11.11.2014
11:11:00



МАРС-ПБ

11.11.2014

Через 7 минут после начала пожара

Время: 00:07:00 - 00:07:04



00:07:00
00:07:04
00:07:00
00:07:04
00:07:00
00:07:04

Через 8 минут после начала пожара

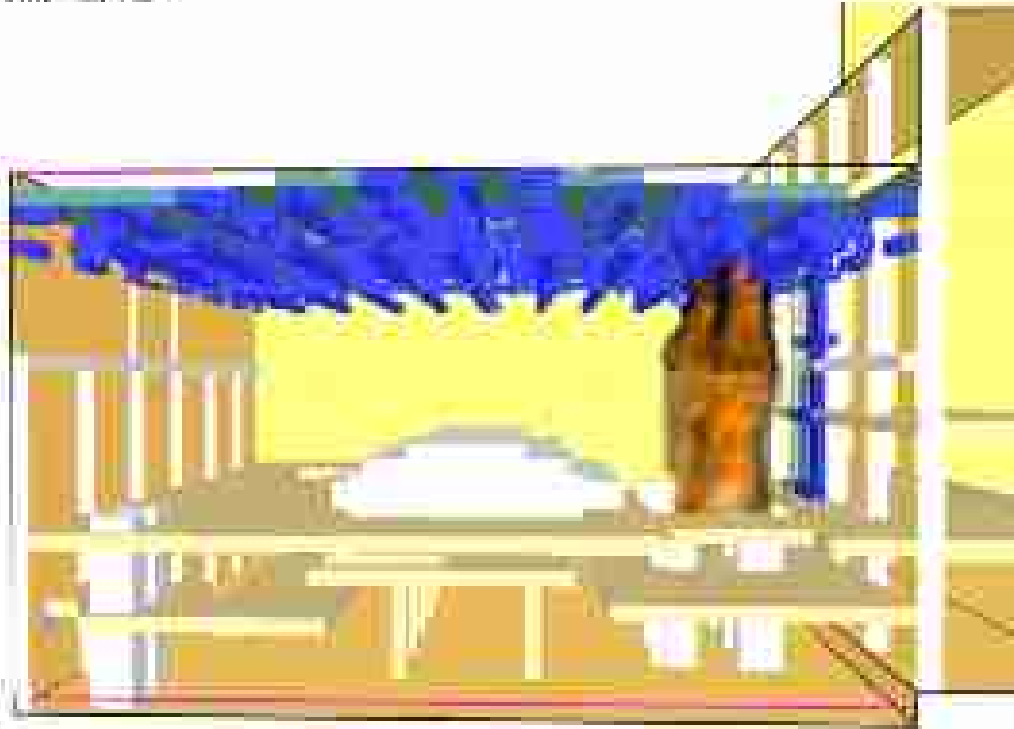
Время: 00:08:00 - 00:08:04



00:08:00
00:08:04
00:08:00
00:08:04
00:08:00
00:08:04

Через 9 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



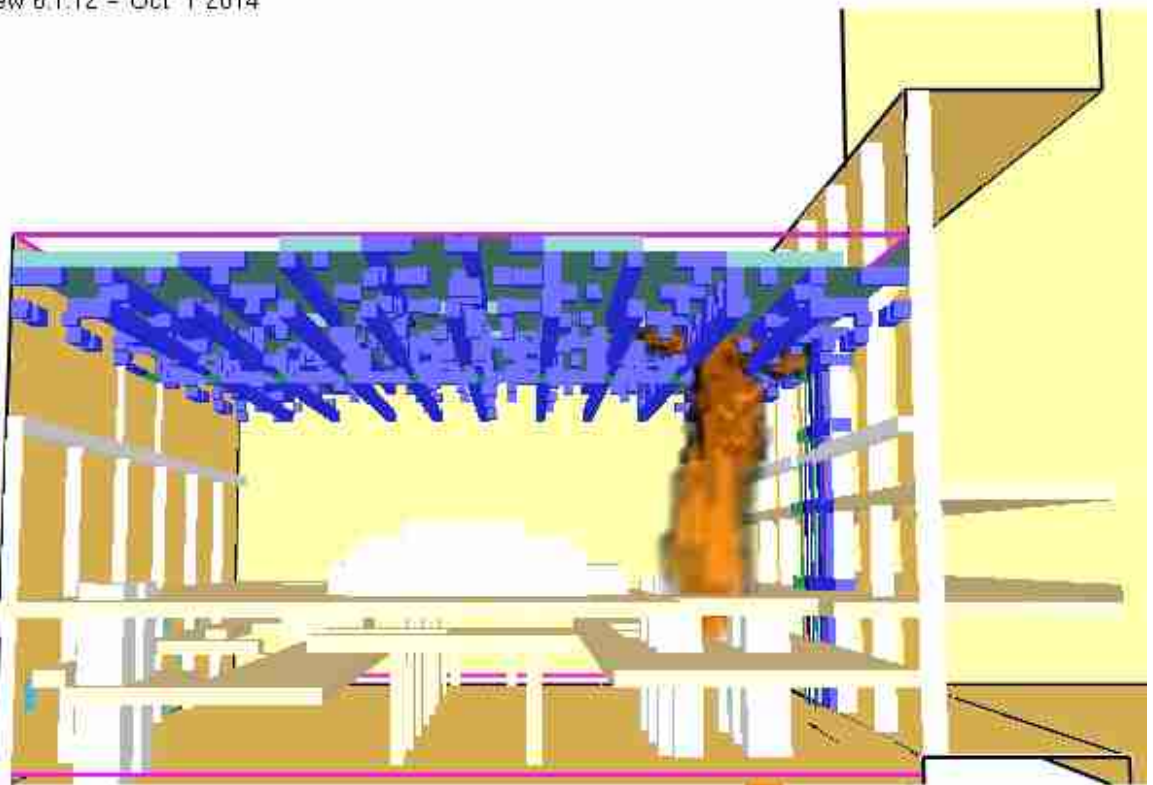
Frame: 434
Time: 540.0

Legend: ■ >40 (kW/m3)

mesh: 1

Через 10 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



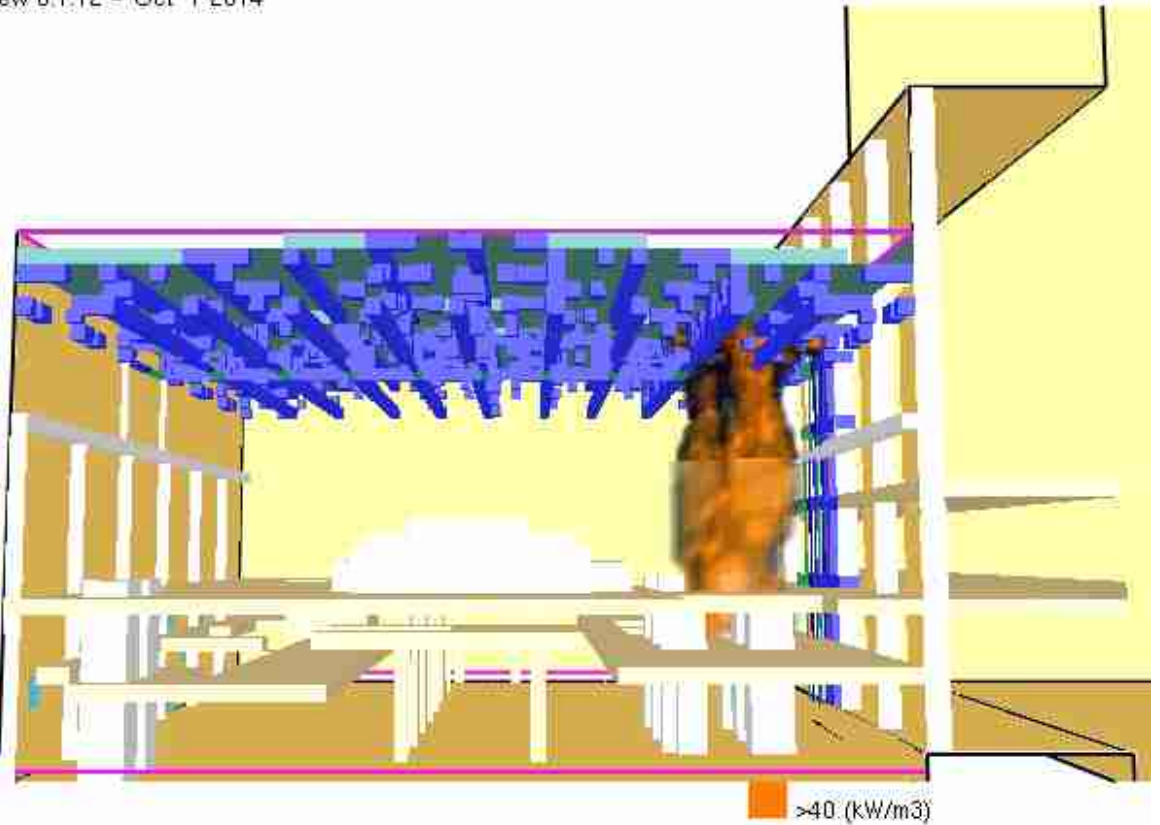
Frame: 500
Time: 600.0

Legend: ■ >40 (kW/m3)

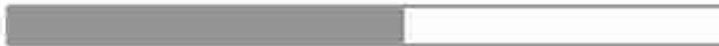
mesh: 1

Через 11 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



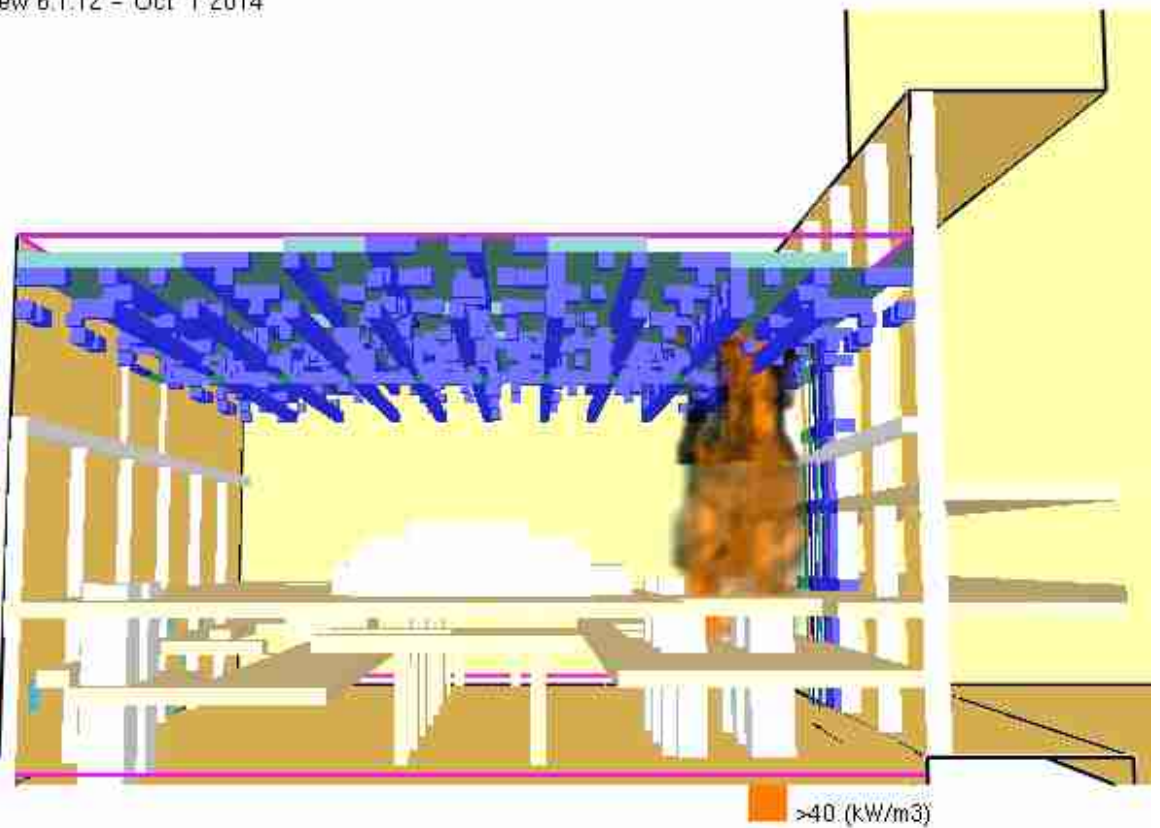
Frame: 550
Time: 660.0



mesh: 1

Через 12 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



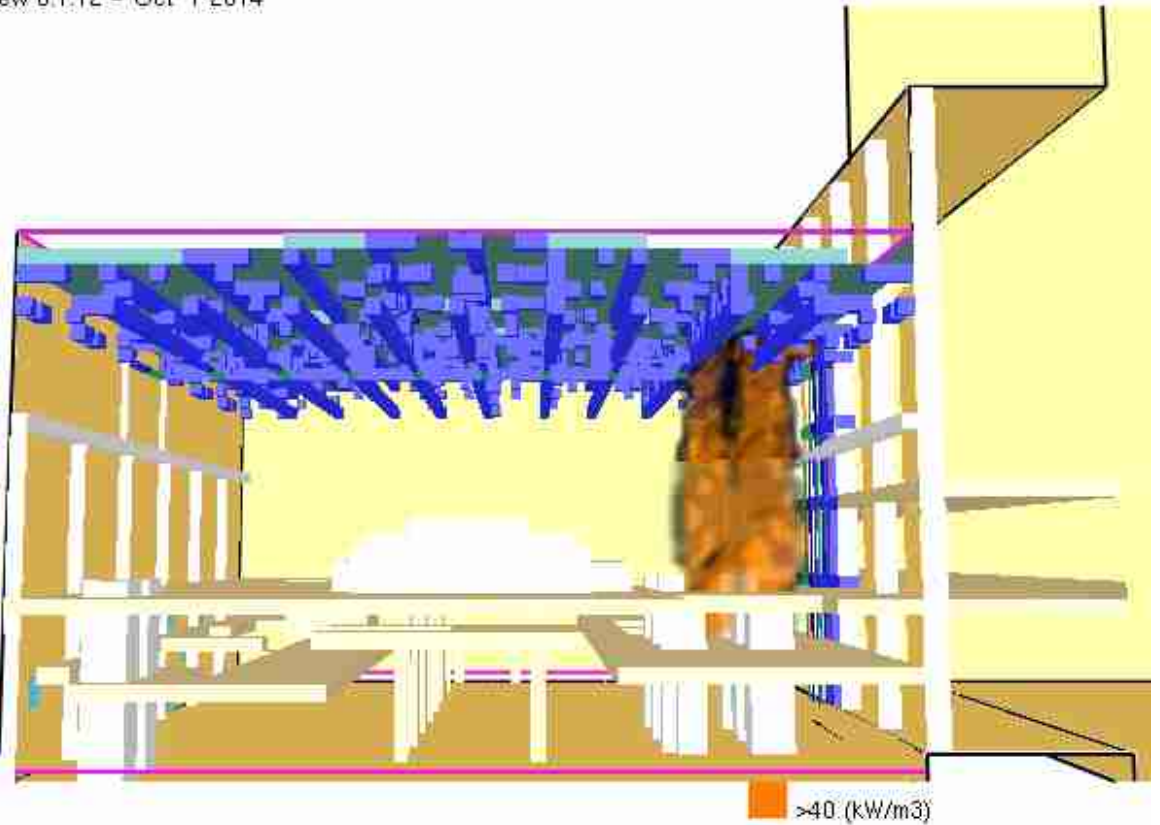
Frame: 600
Time: 720.0



mesh: 1

Через 13 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

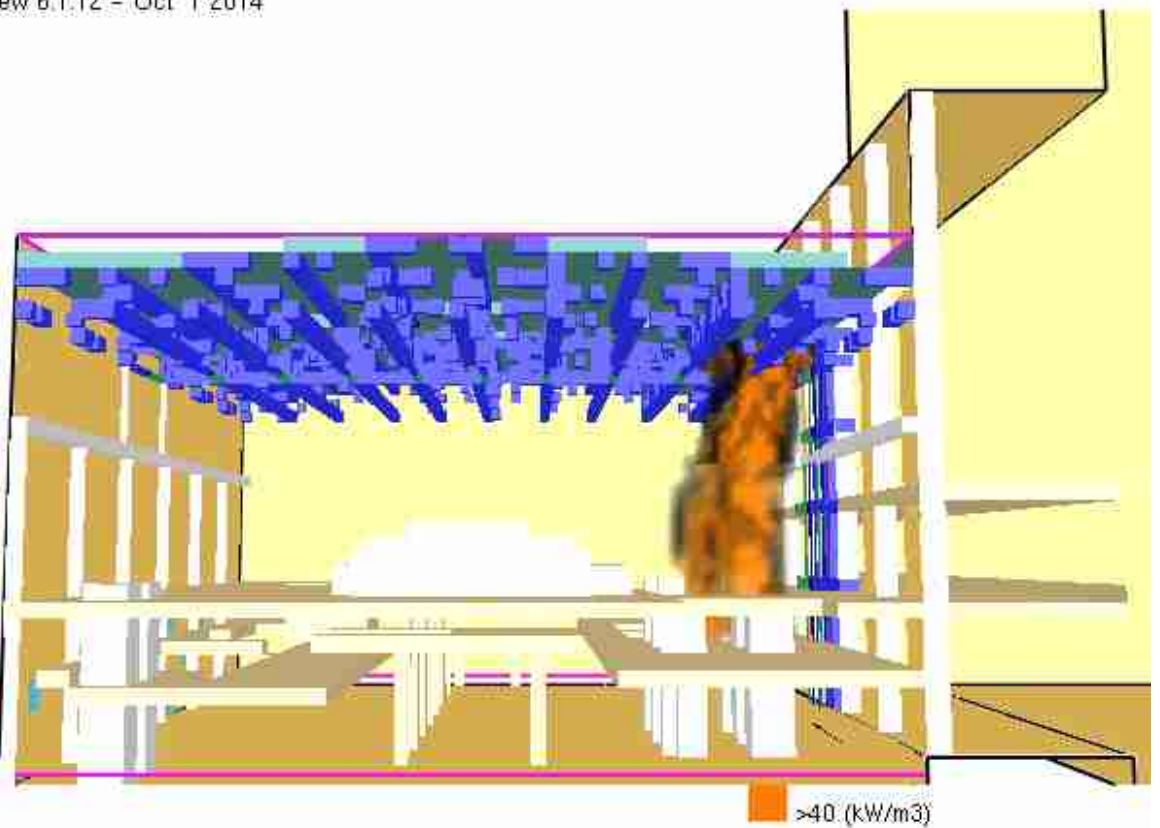


Frame: 650
Time: 780.0

mesh: 1

Через 14 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

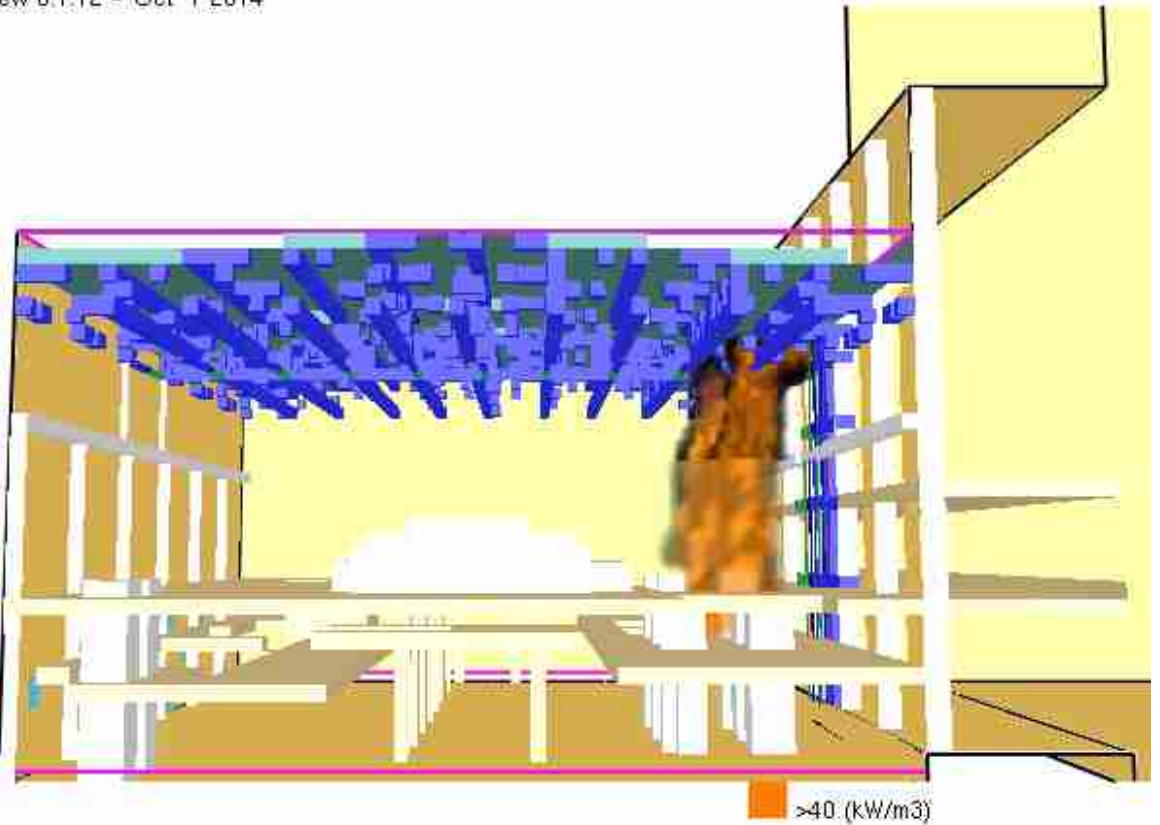


Frame: 700
Time: 840.0

mesh: 1

Через 15 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

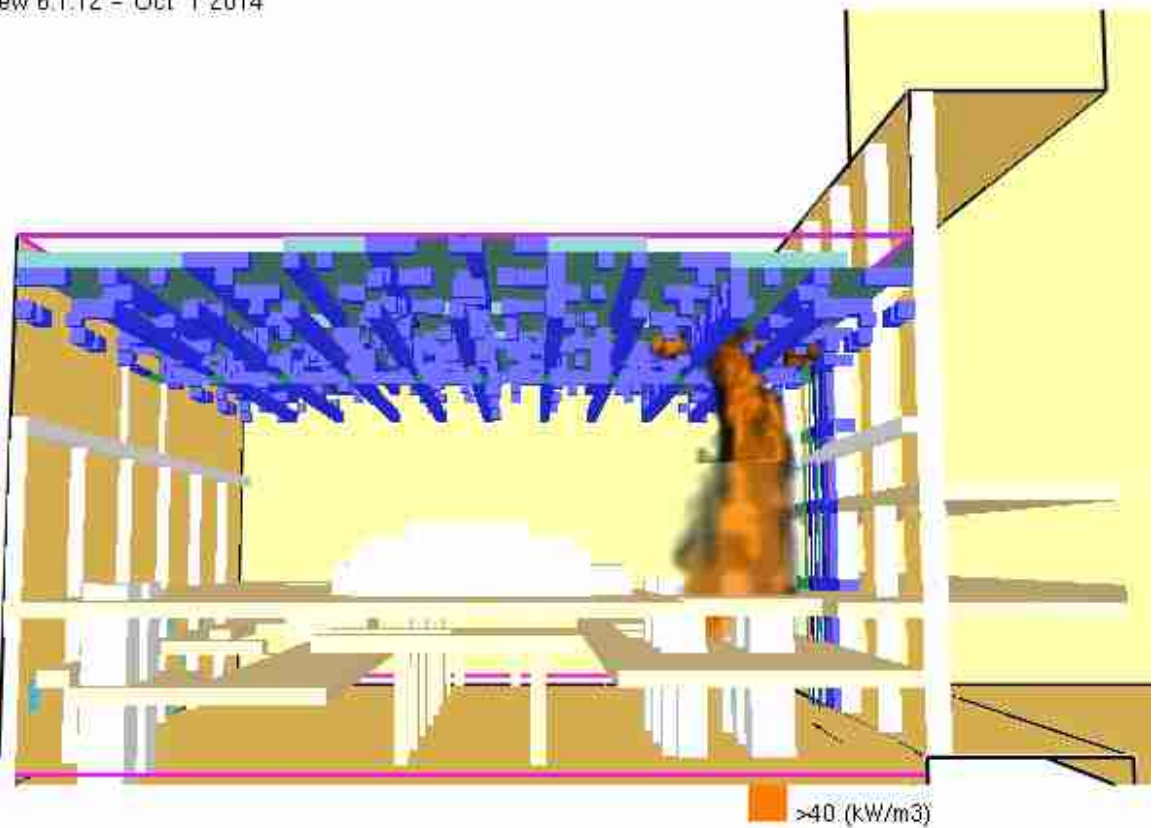


Frame: 750
Time: 900.0

mesh: 1

Через 16 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

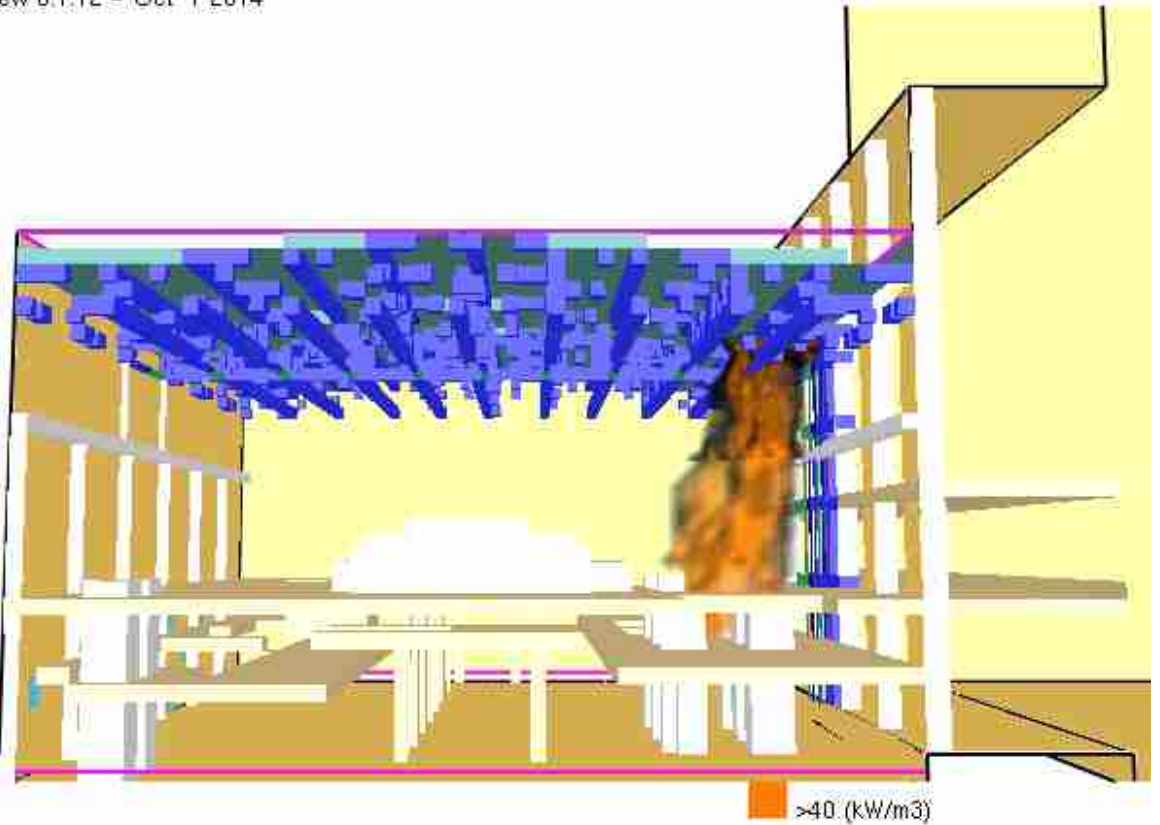


Frame: 800
Time: 960.0

mesh: 1

Через 17 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



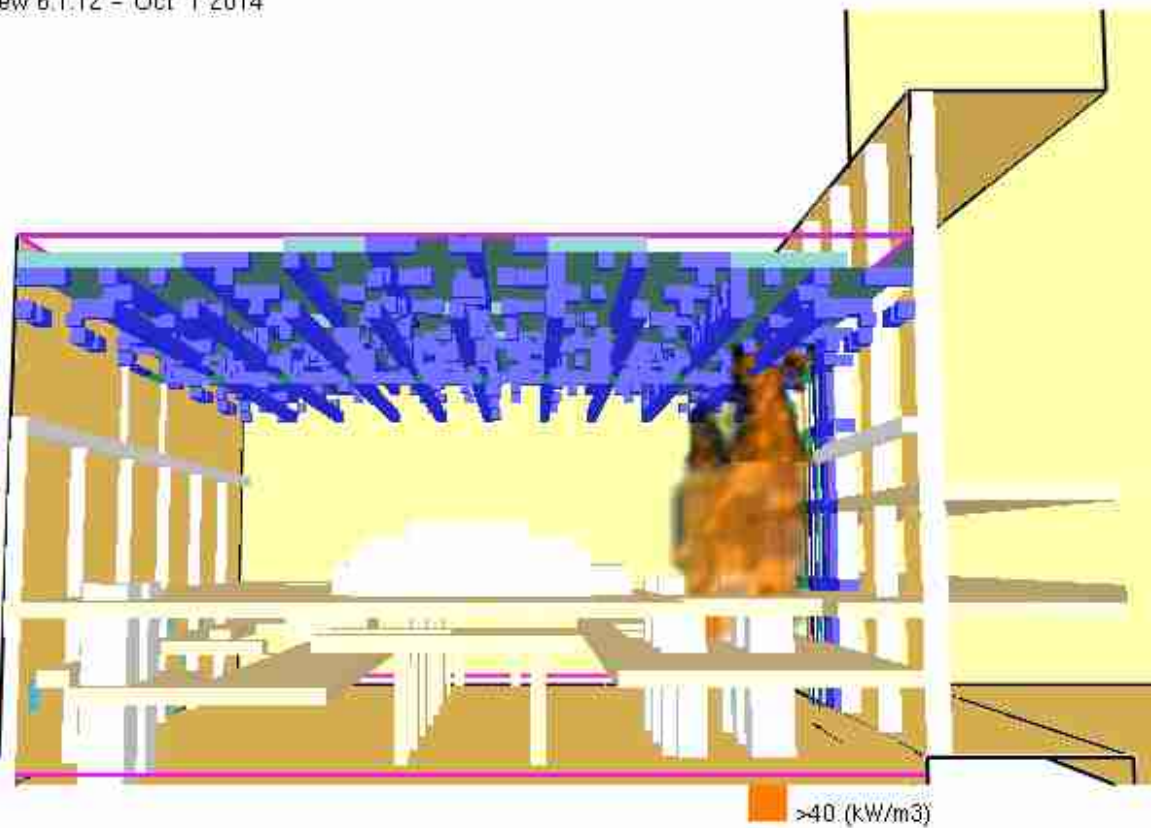
Frame: 850

Time: 1020.0

mesh: 1

Через 18 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



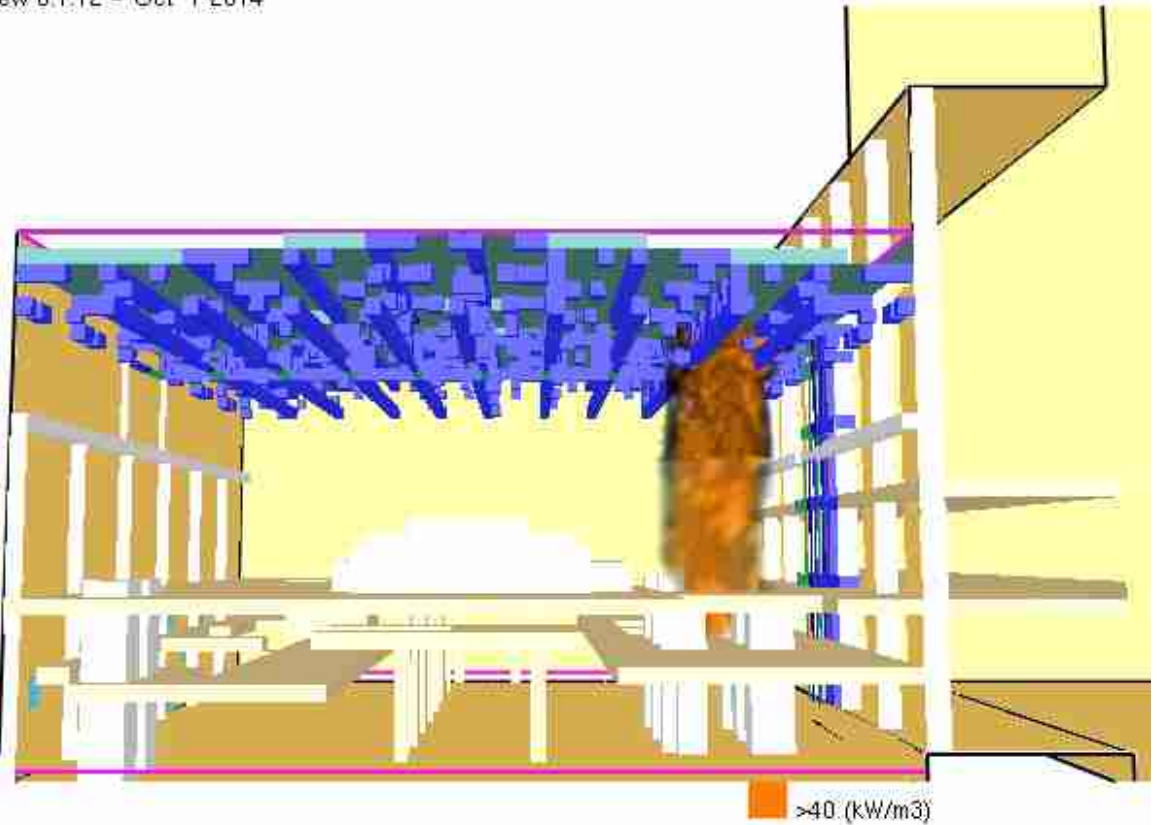
Frame: 900

Time: 1080.0

mesh: 1

Через 19 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



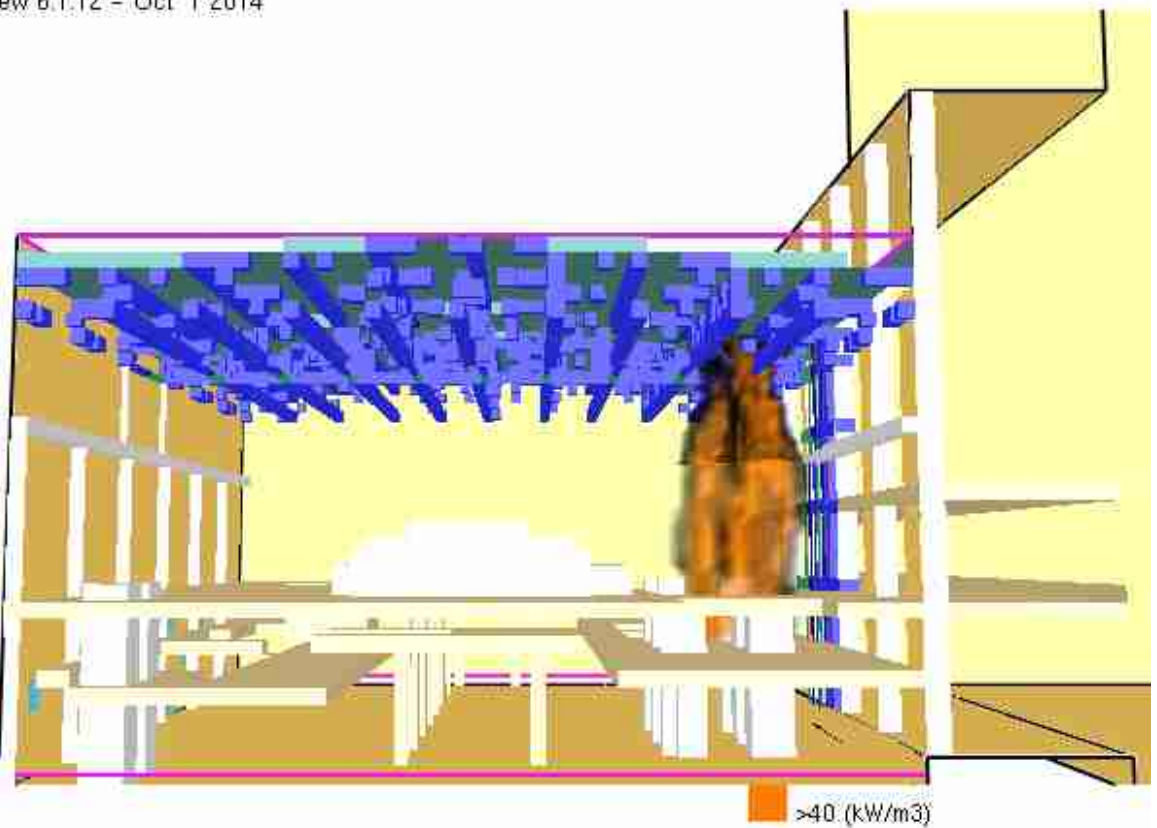
Frame: 950

Time: 1140.0

mesh: 1

Через 20 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



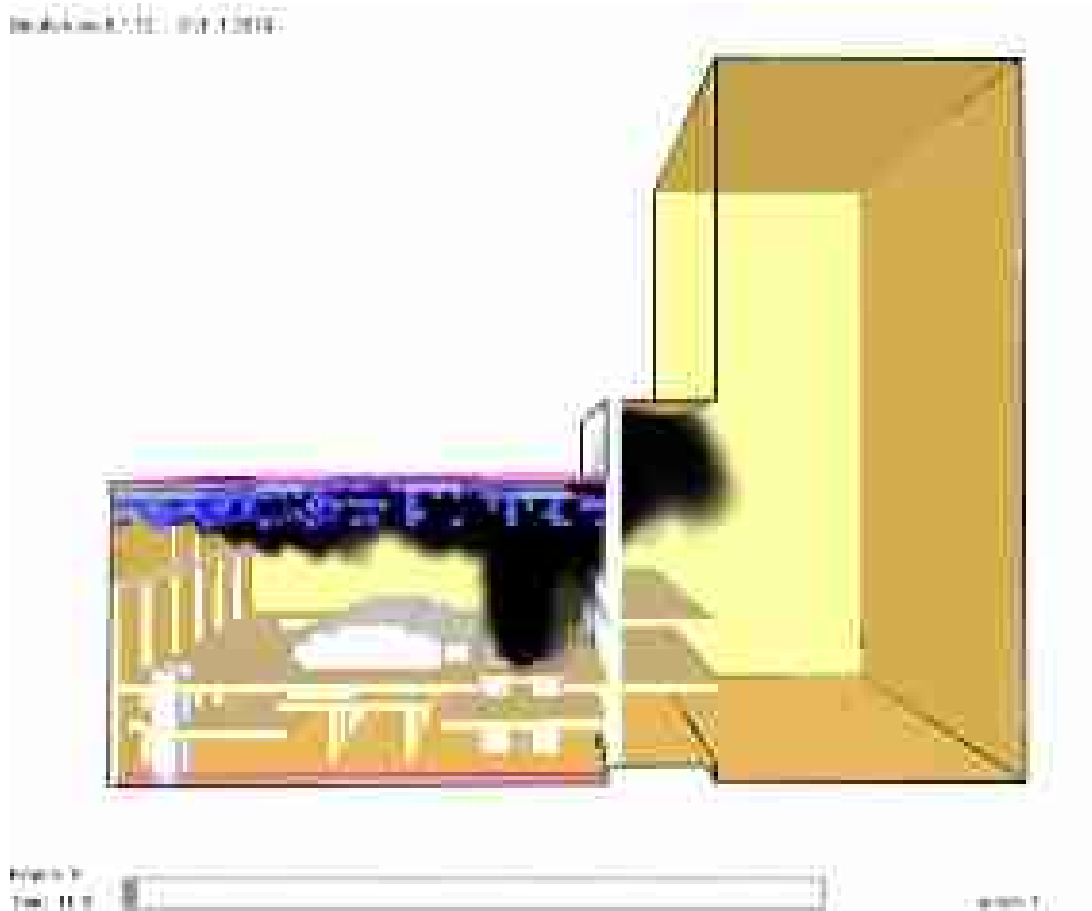
Frame: 1000

Time: 1200.0

mesh: 1

Задымление

Через 11 секунд после начала пожара



Через 26 секунд после начала пожара



Через 56 секунд после начала пожара

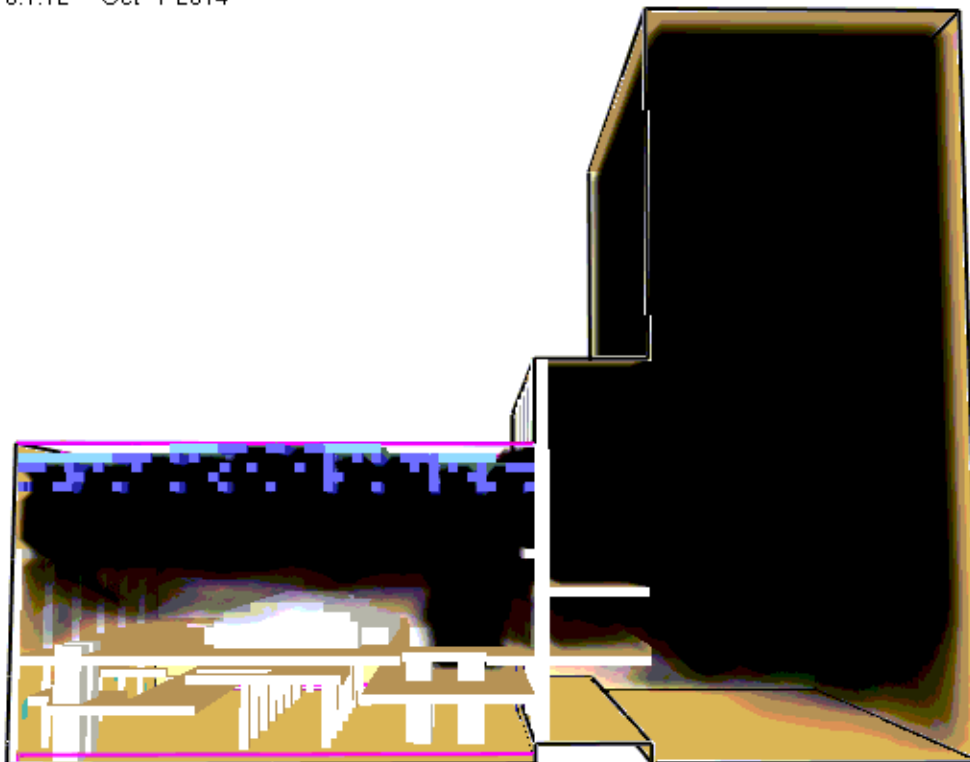


Через 95 секунд после начала пожара



Через 120 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 102

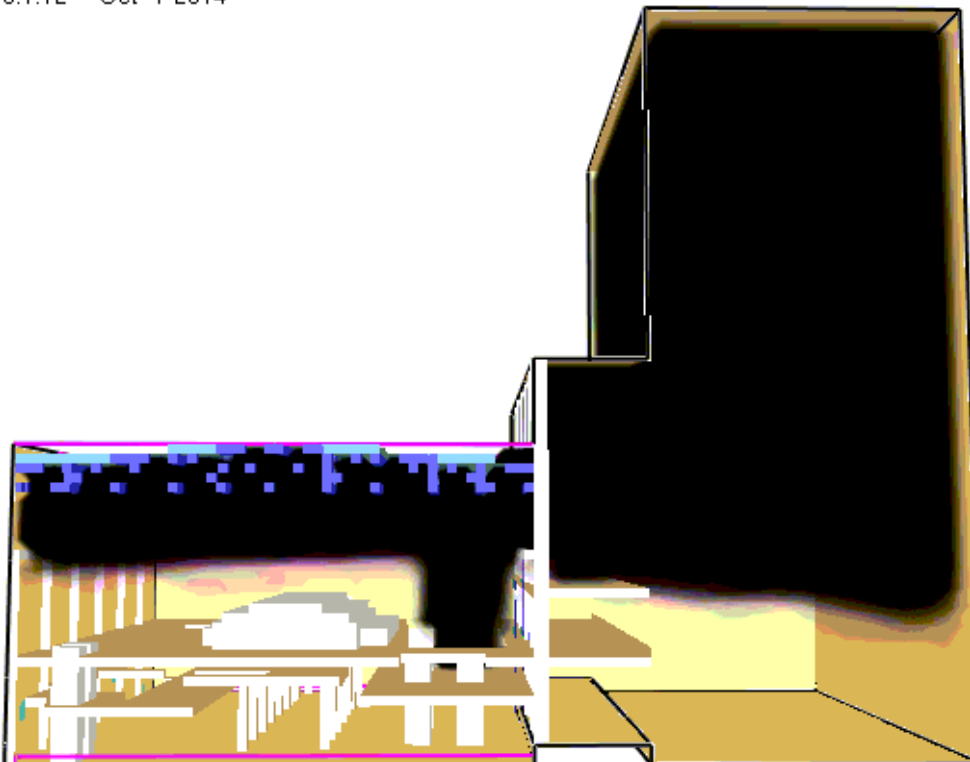
Time: 122.4



mesh: 1

Через 800 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 667

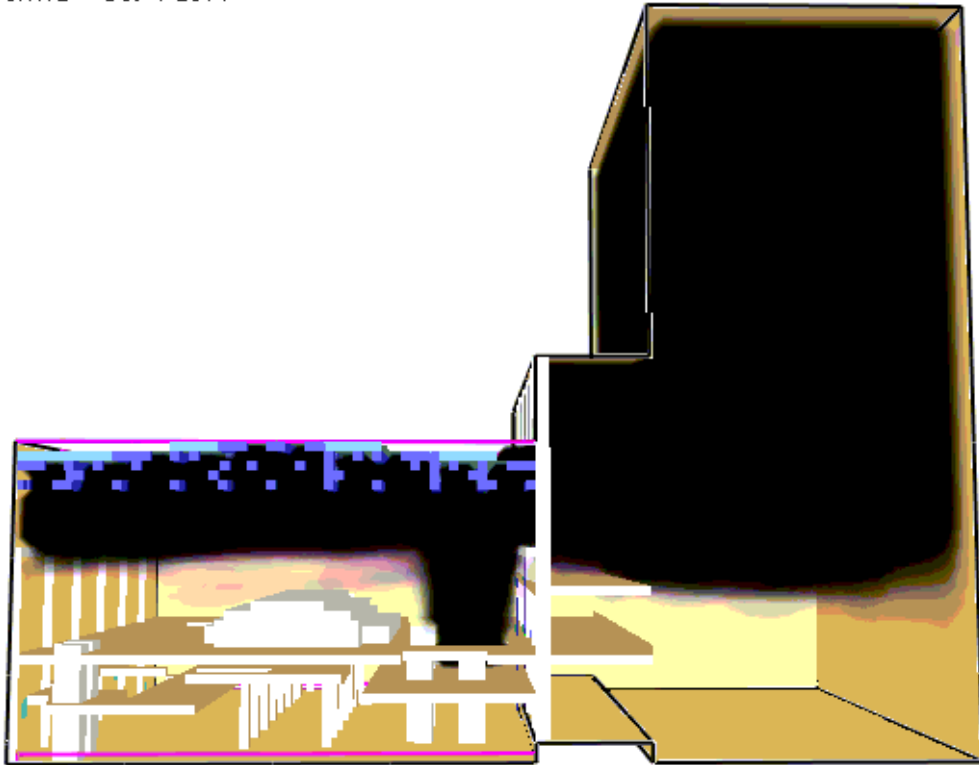
Time: 800.4



mesh: 1

Через 1200 секунд после начала пожара

Smokeyview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 1000

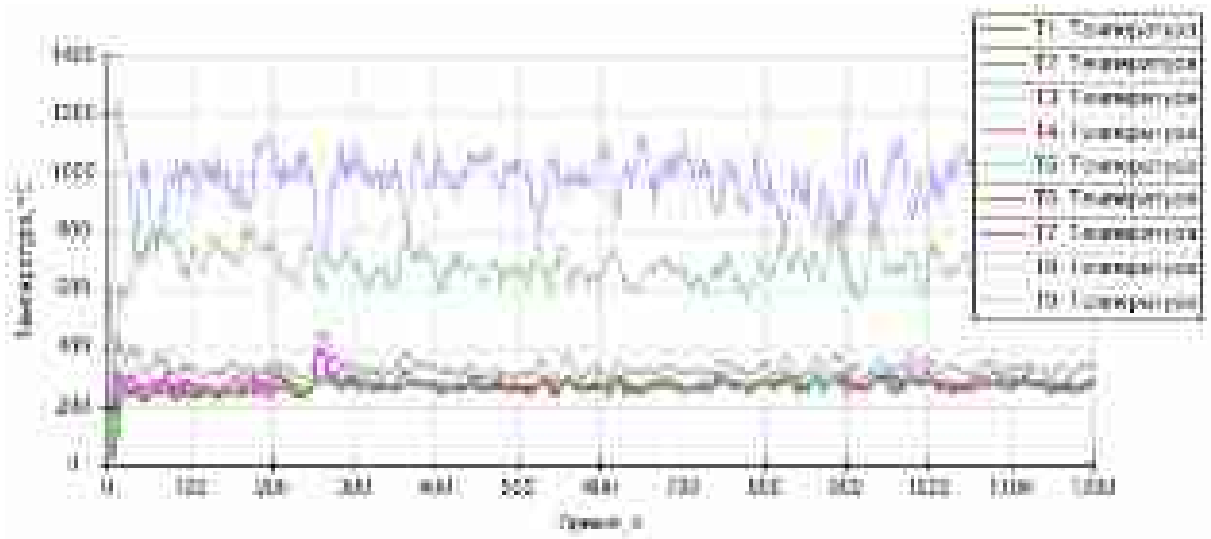
Time: 1200.0



mesh: 1

9.3. Сценарий 2б. С устройством люков

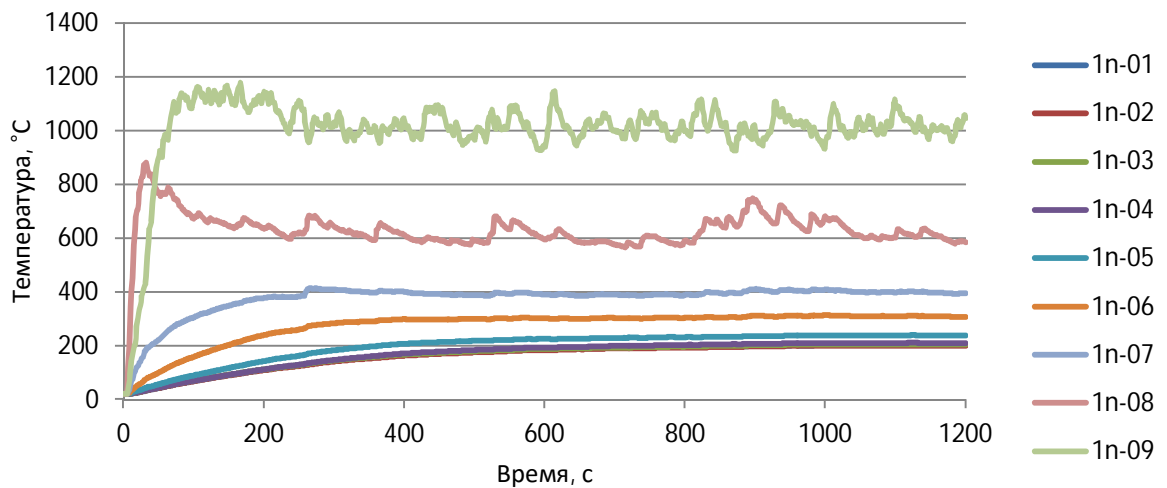
Температура газовой среды



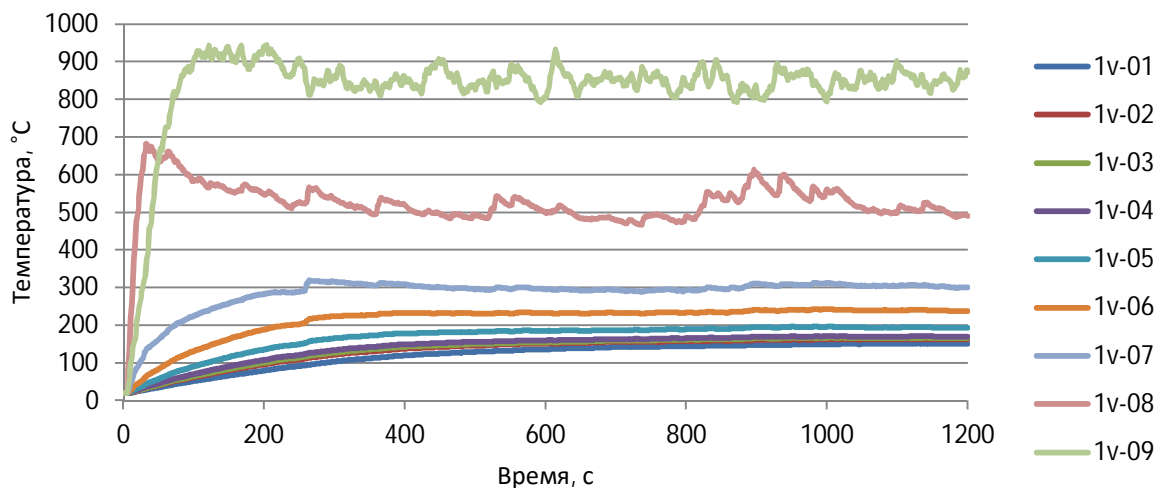
9.3.1. Фермы

Ферма 3 пояс (без защиты)

Нижние элементы

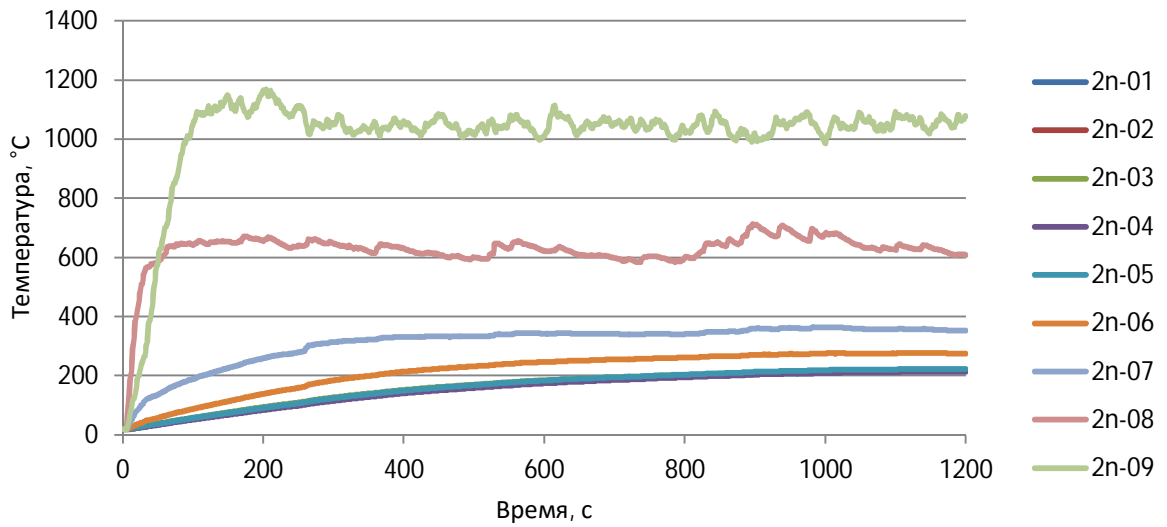


Верхние элементы

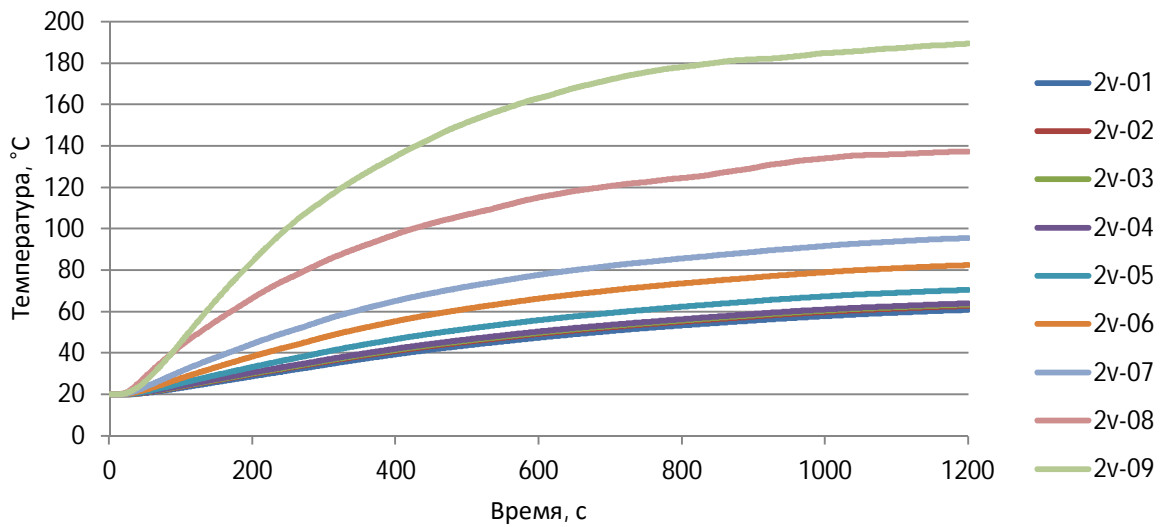


Ферма 3 пояс (конструктивная огнезащита)

Нижние элементы

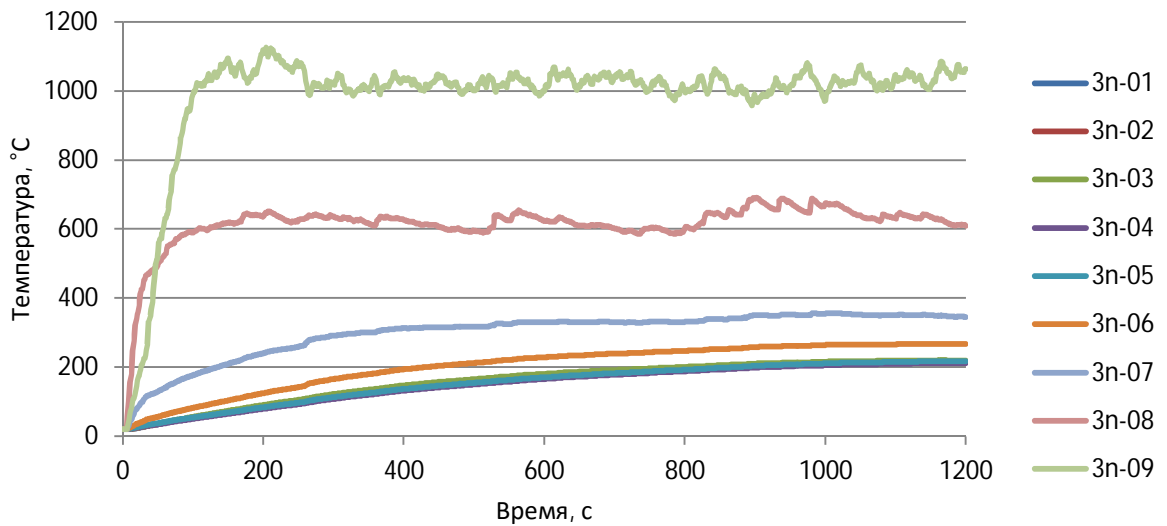


Верхние элементы

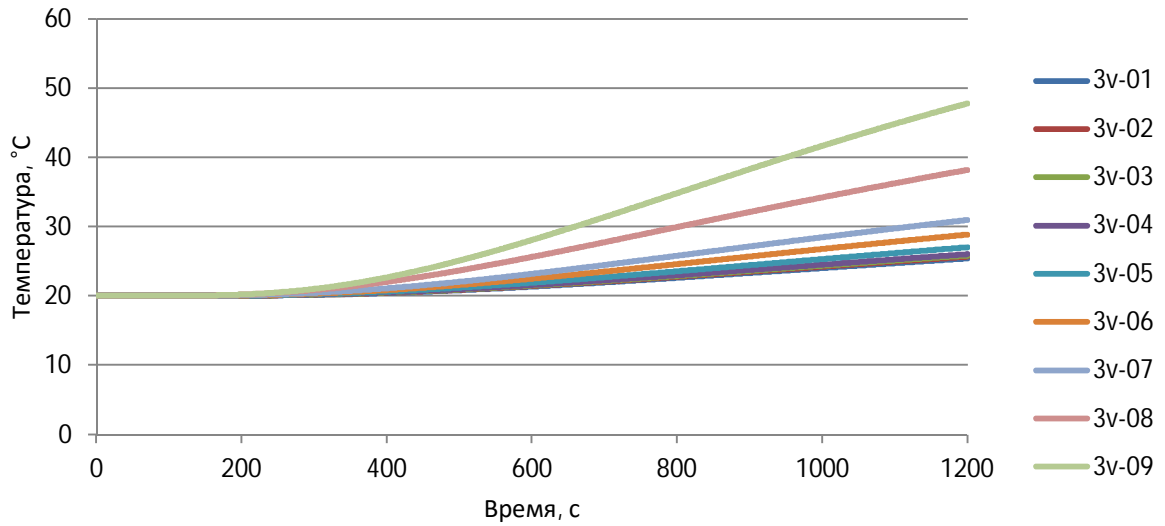


Ферма 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

Нижние элементы

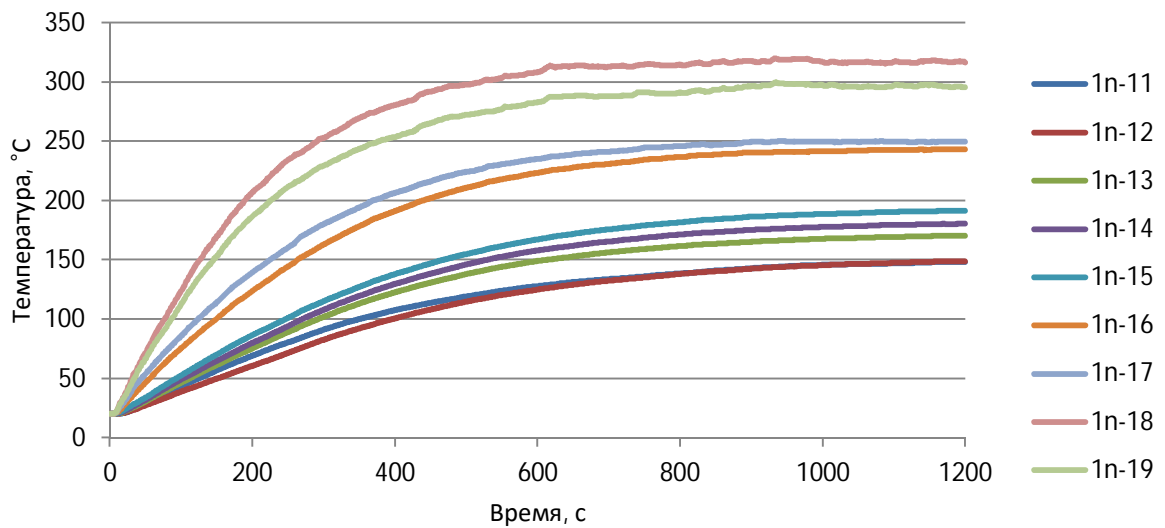


Верхние элементы

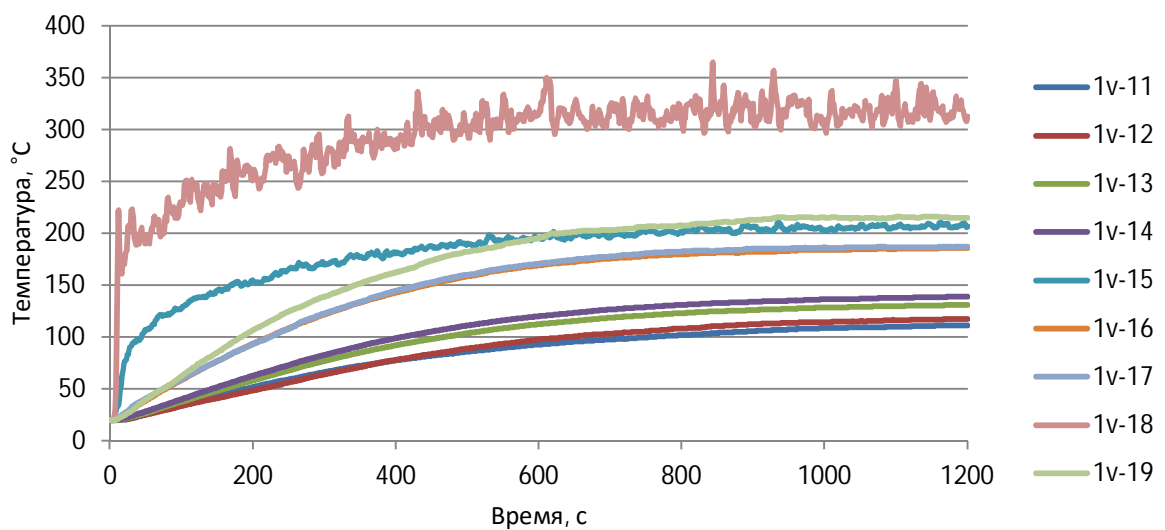


Ферма 1 пояс (без защиты)

Нижние элементы

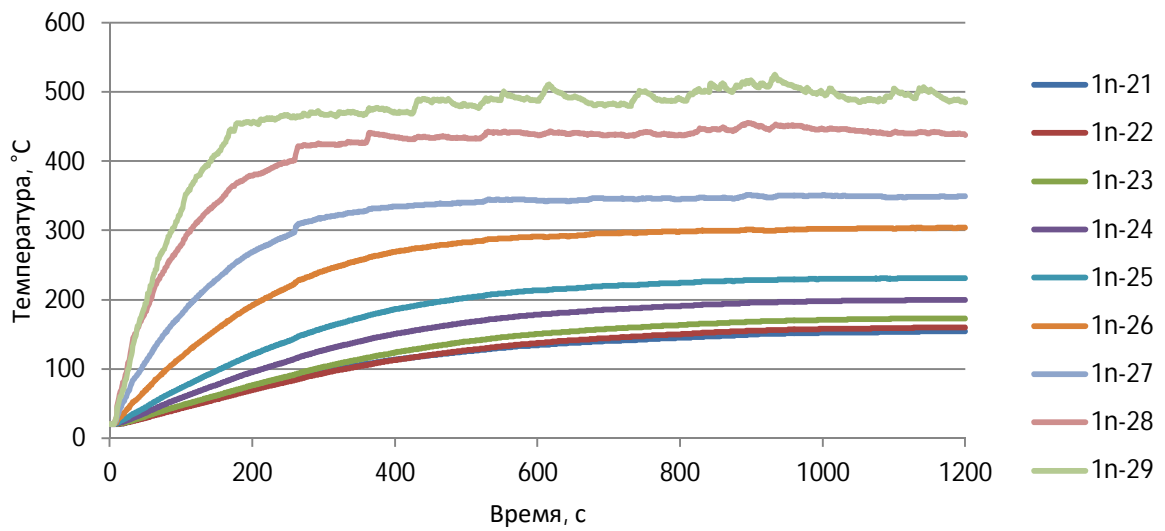


Верхние элементы

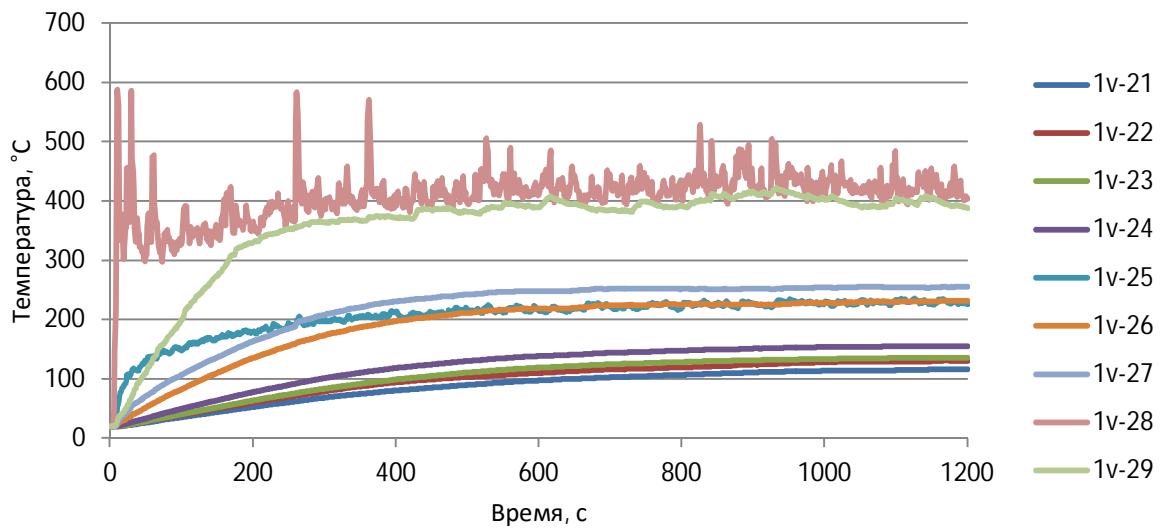


Ферма 2 пояс (без защиты)

Нижние элементы

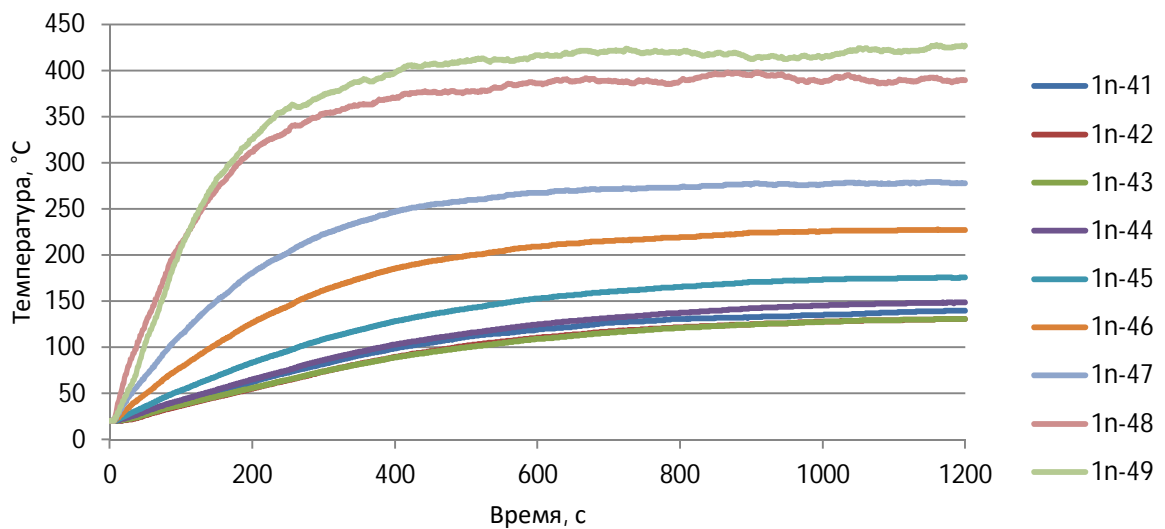


Верхние элементы

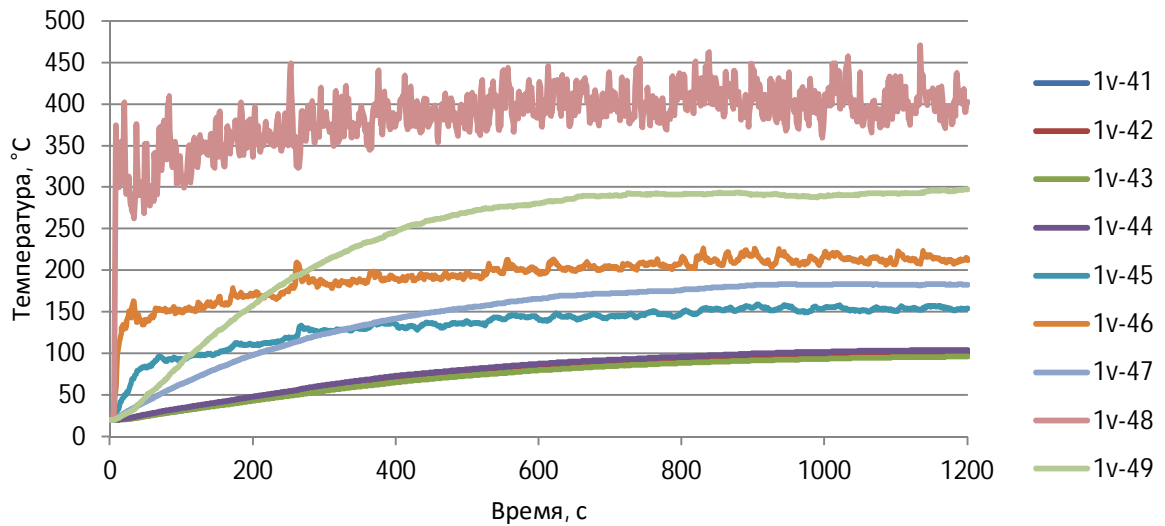


Ферма 4 пояс (без защиты)

Нижние элементы

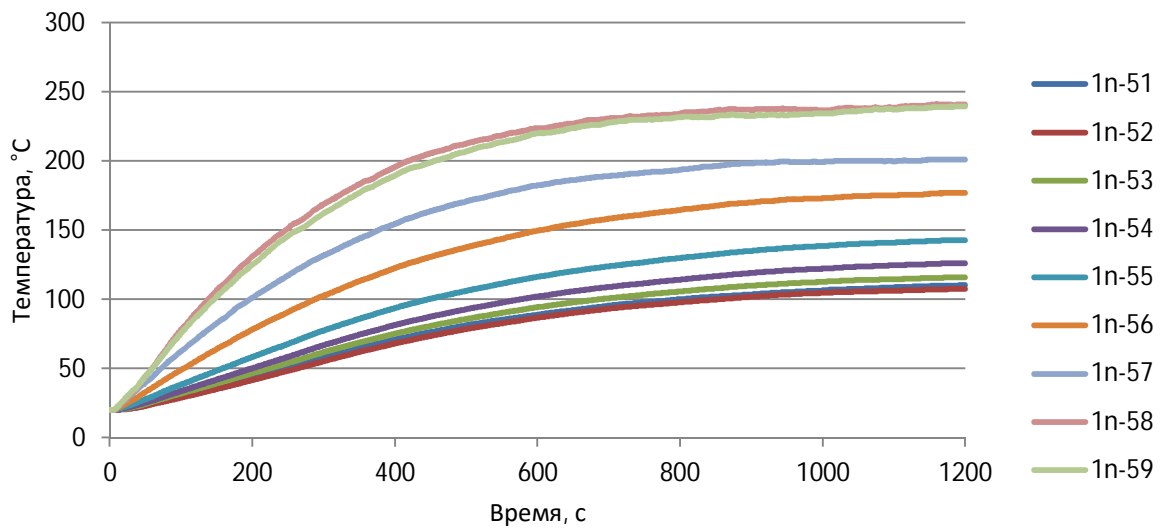


Верхние элементы

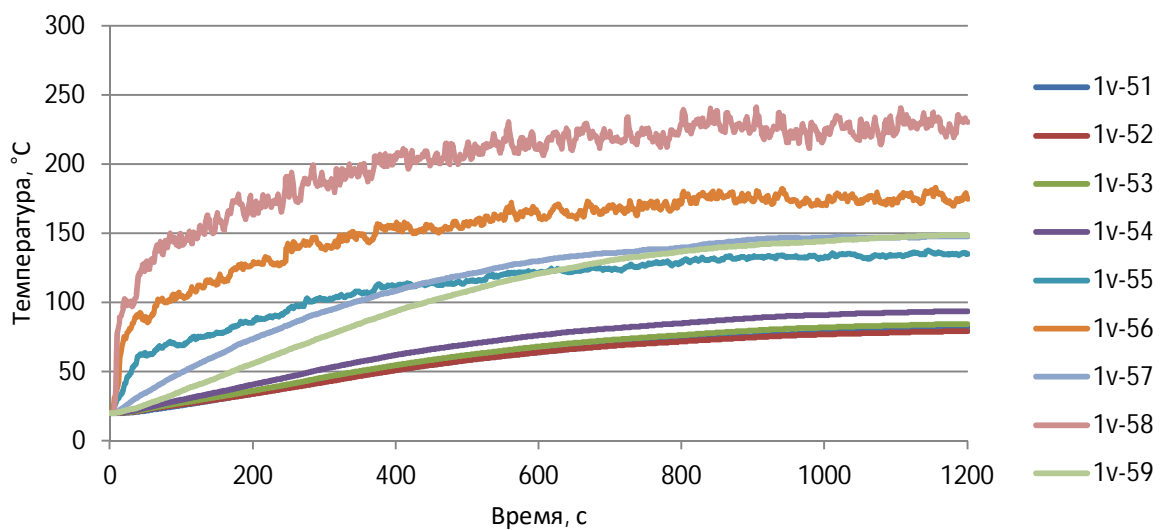


Ферма 5 пояс (без защиты)

Нижние элементы

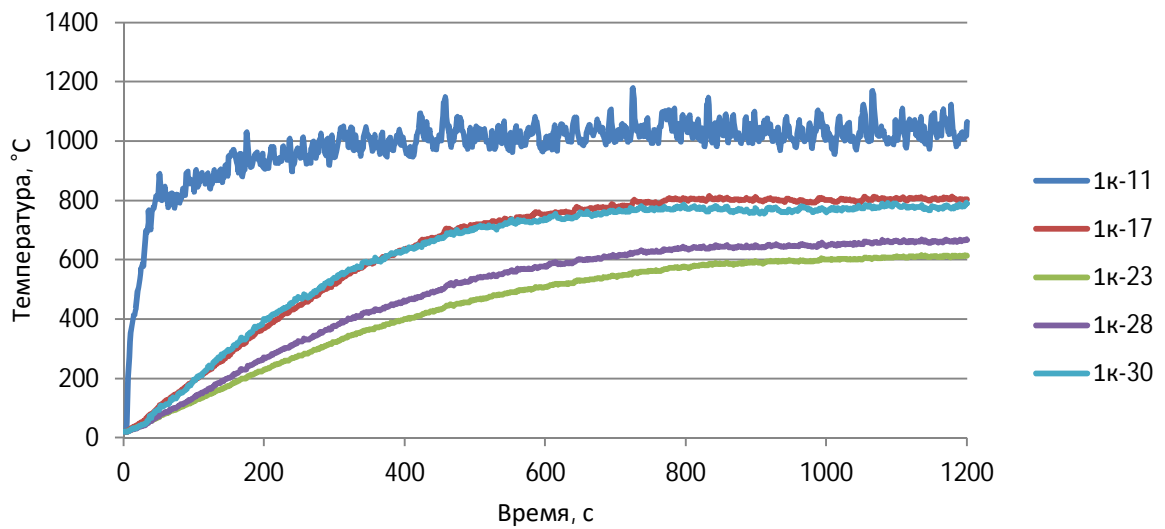


Верхние элементы

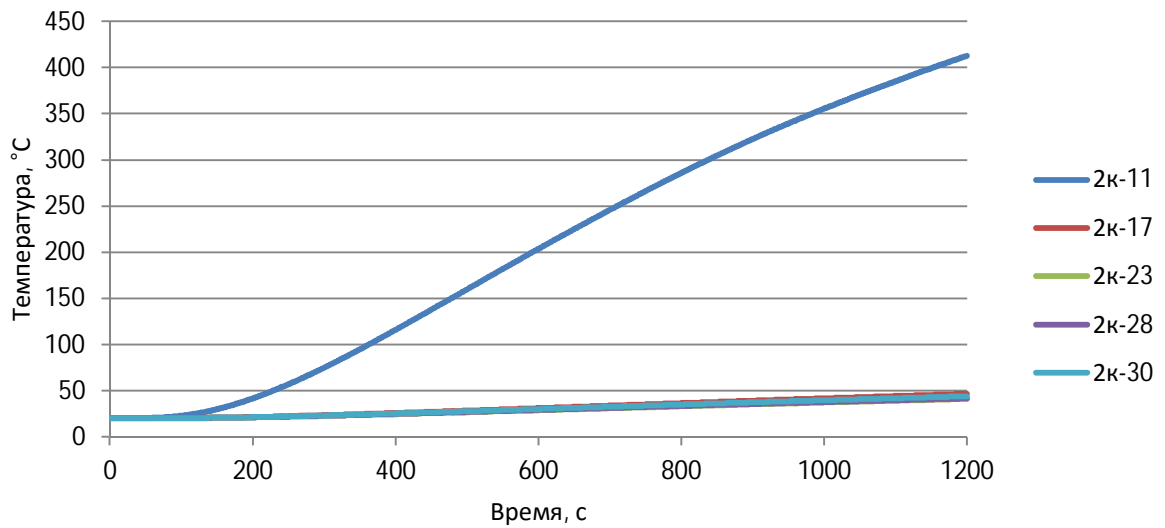


9.3.2. Колонны

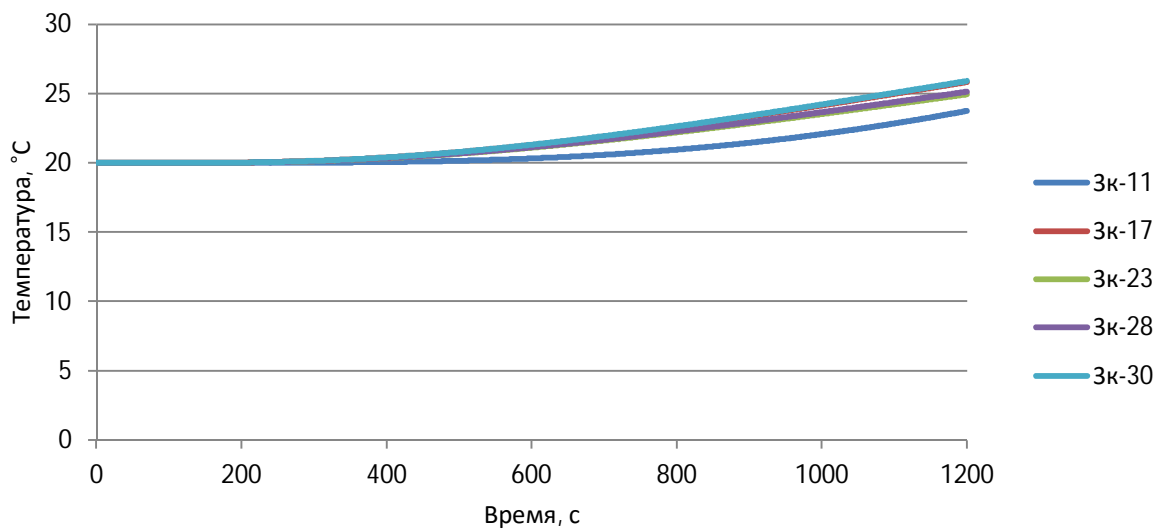
Колонны 3 пояс (без защиты)



Колонны 3 пояс (конструктивная огнезащита)

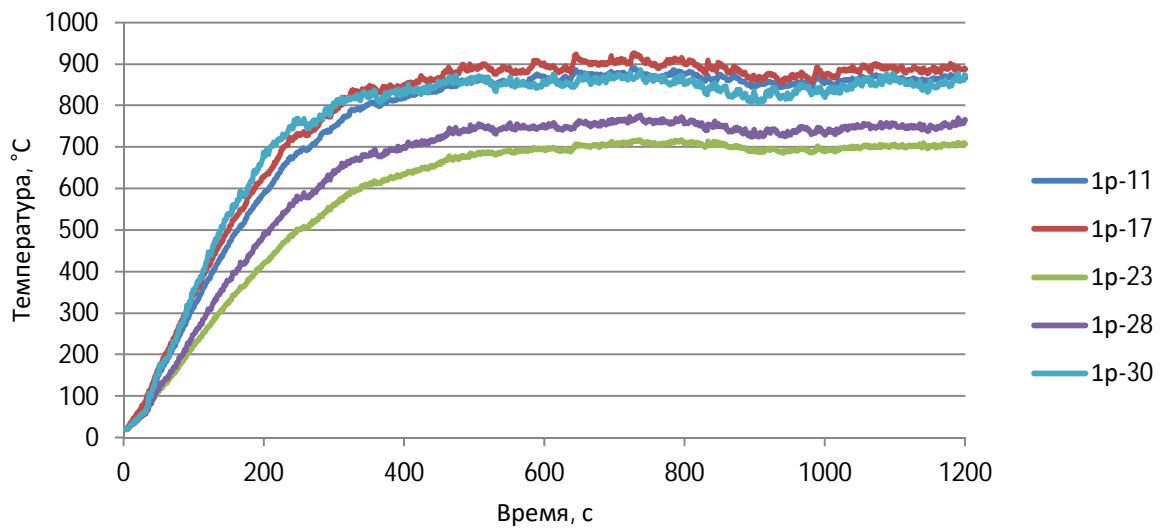


Колонны 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

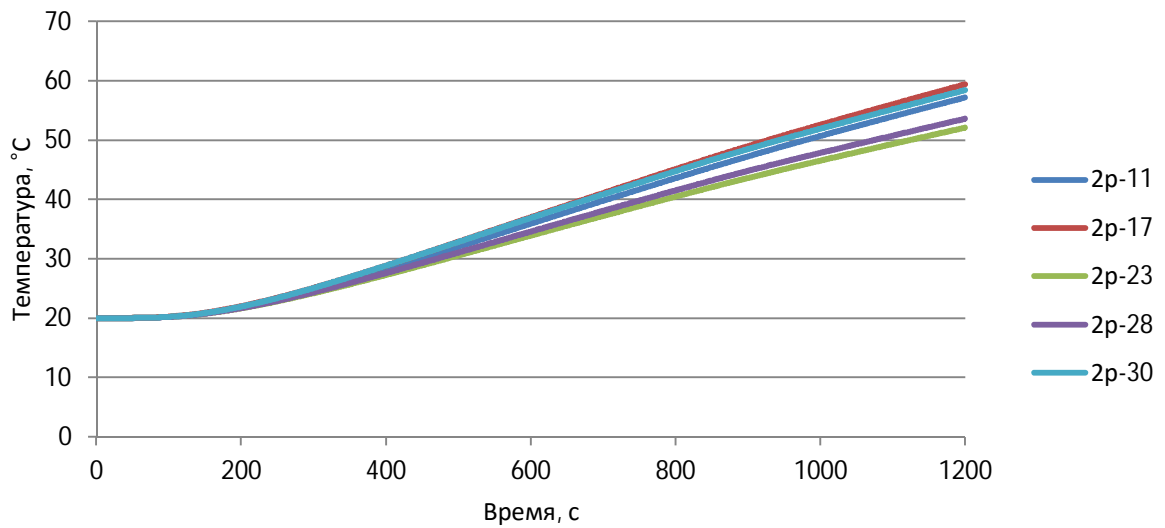


9.3.3. Ригели

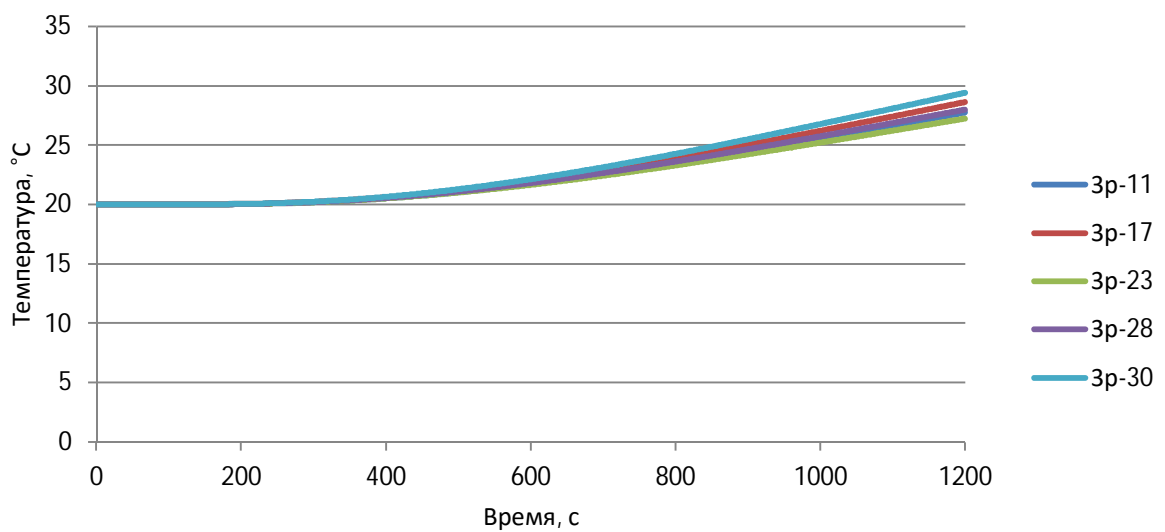
Ригели 3 пояс (без защиты)



Ригели 3 пояс (конструктивная огнезащита)



Ригели 3 пояс (неконструктивная огнезащита)



9.3.4. Визуализация данных

Температура

Через 1 минуту после начала пожара

Время: 00:01:00 Скорость: 0.00 м/с



Время: 00:01:00
Скорость: 0.00 м/с

Через 2 минуты после начала пожара

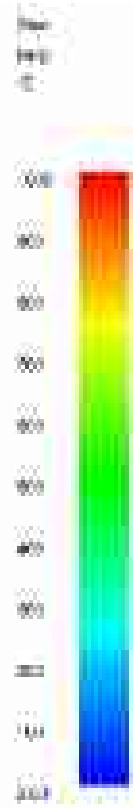
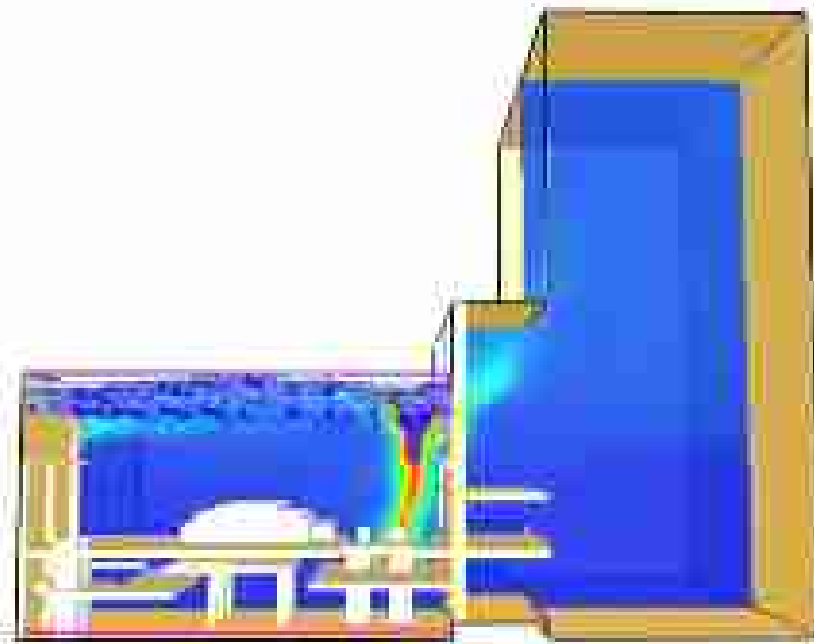
Время: 00:02:00 Скорость: 0.00 м/с



Время: 00:02:00
Скорость: 0.00 м/с

Через 3 минуты после начала пожара

00:00:00:00 - 00:00:03:00



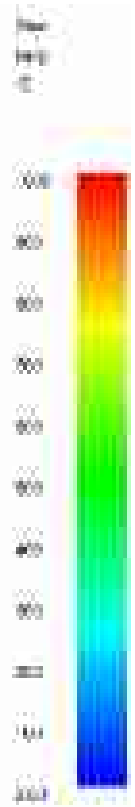
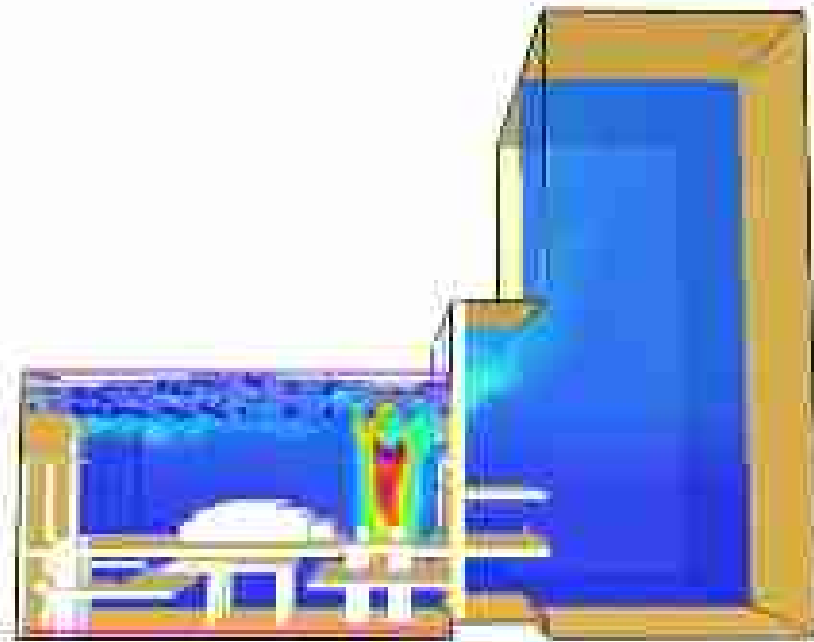
00:00:00:00
00:00:03:00



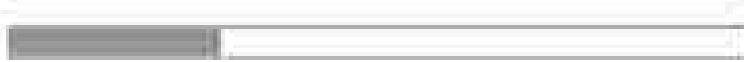
00:00:03:00

Через 4 минуты после начала пожара

00:00:00:00 - 00:00:04:00



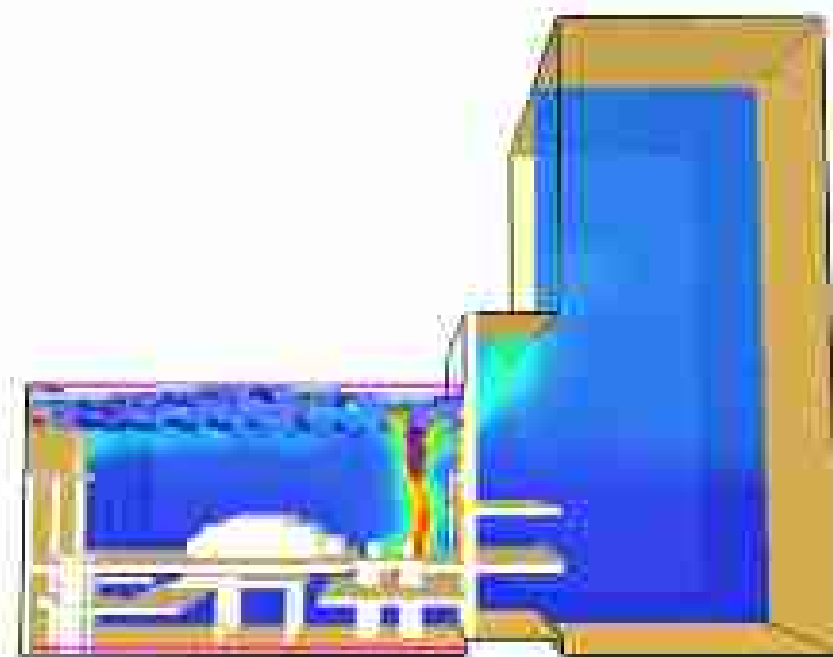
00:00:00:00
00:00:04:00



00:00:04:00

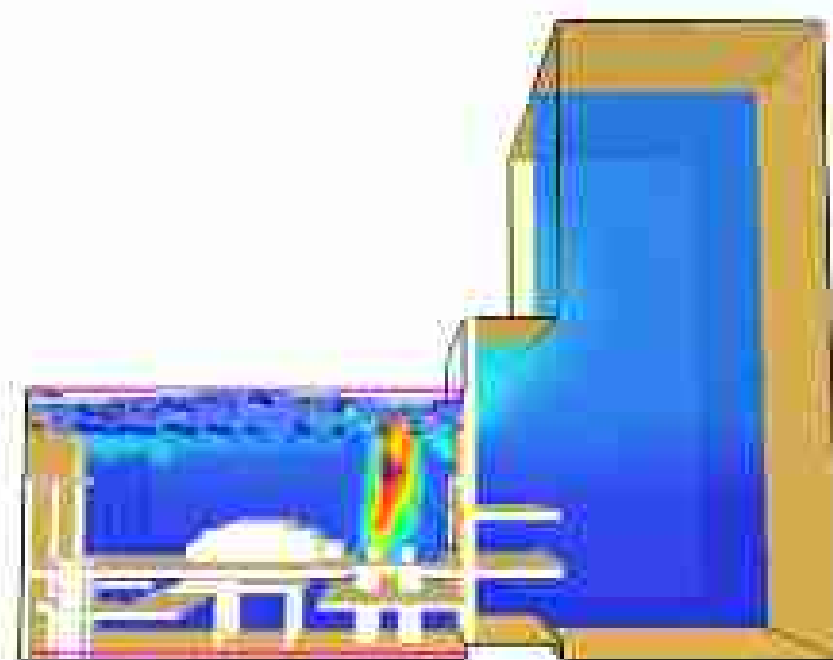
Через 5 минут после начала пожара

См. слайды 11-14 в файле 10.004



Через 6 минут после начала пожара

См. слайды 11-14 в файле 10.004



Через 7 минут после начала пожара

Смоделировано: 11/04/2011 12:00:41

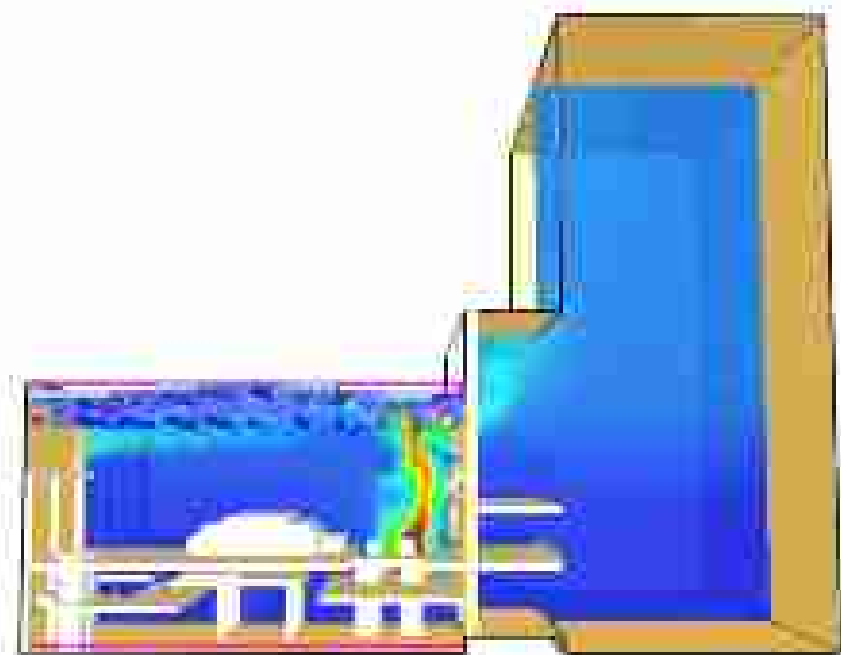


Рисунок 183
11/04/2011

Через 8 минут после начала пожара

Смоделировано: 11/04/2011 12:00:41

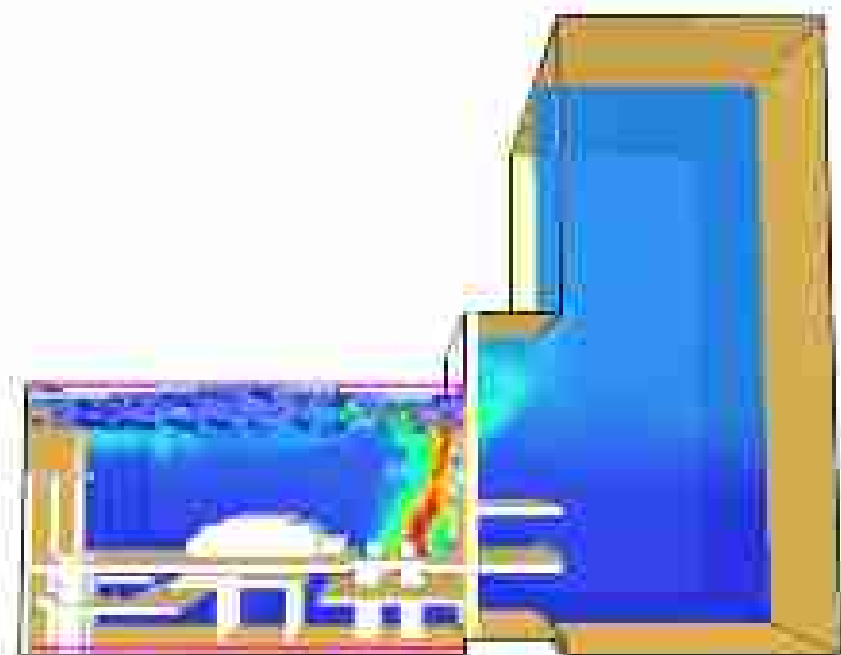


Рисунок 184
11/04/2011

Через 9 минут после начала пожара

Смещение воздуха (м/с) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100

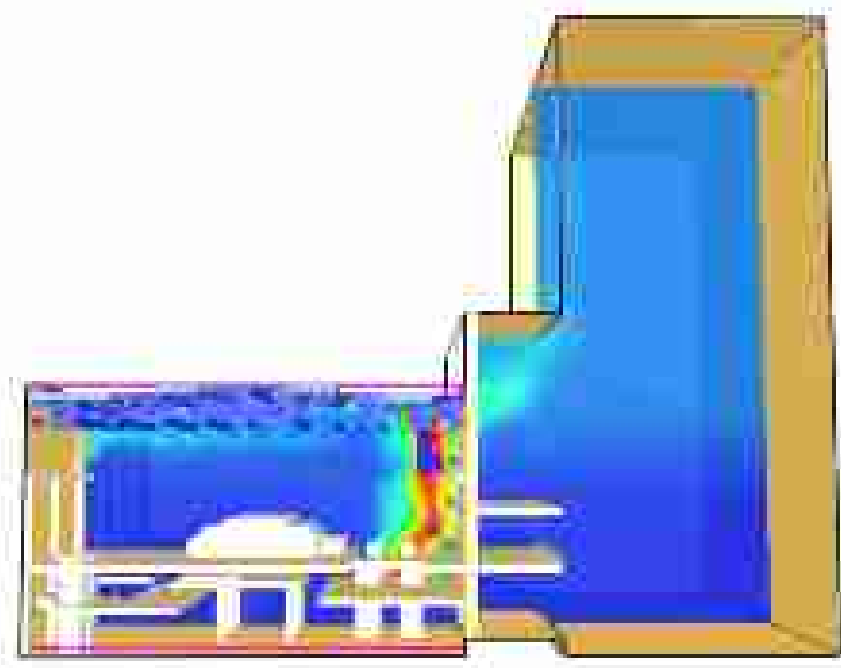


Рисунок 103
14.03.2017

Через 10 минут после начала пожара

Смещение воздуха (м/с) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100

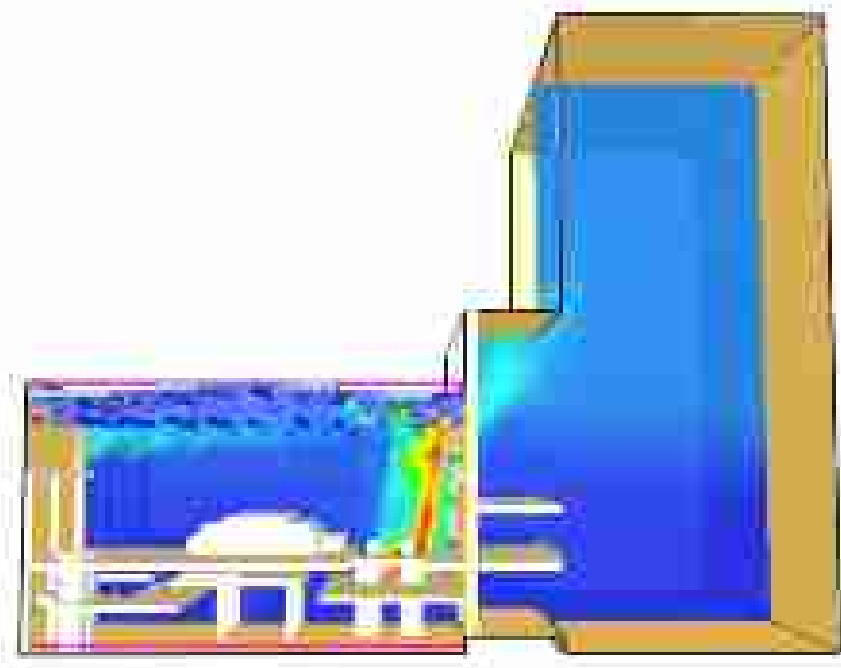


Рисунок 104
14.03.2017

Через 11 минут после начала пожара

Симуляция 01.11.2014 10:00:04

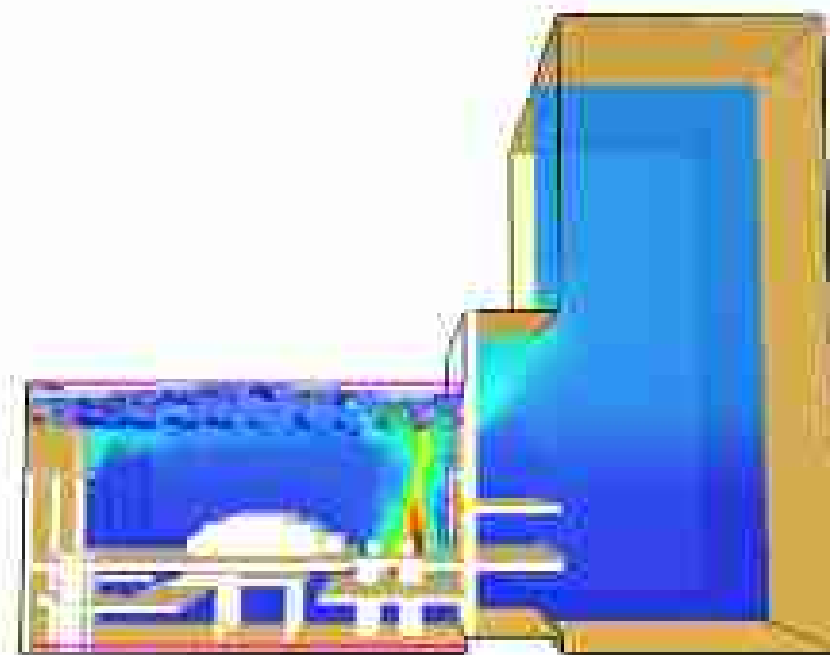


Рис. 223
100% 0:00

Через 12 минут после начала пожара

Симуляция 01.11.2014 10:00:14

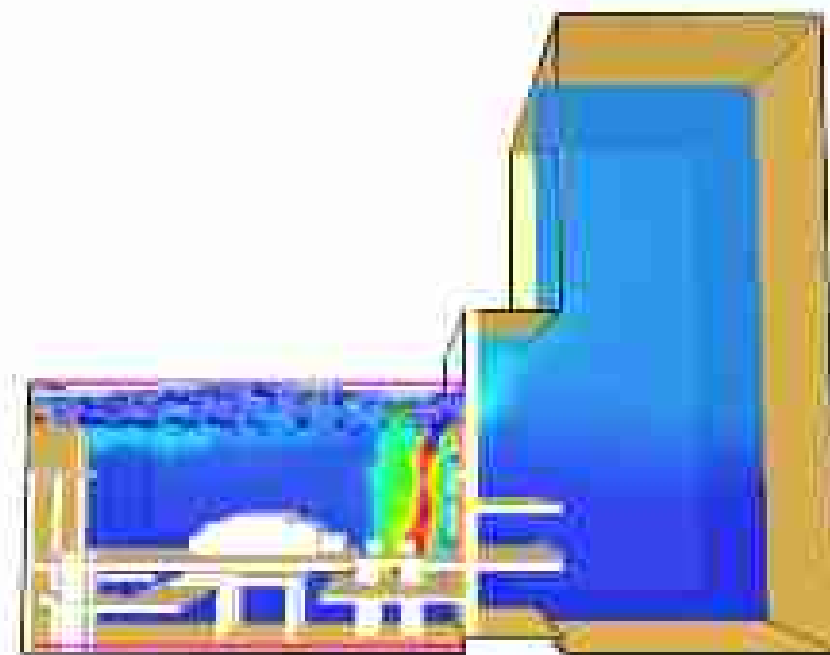
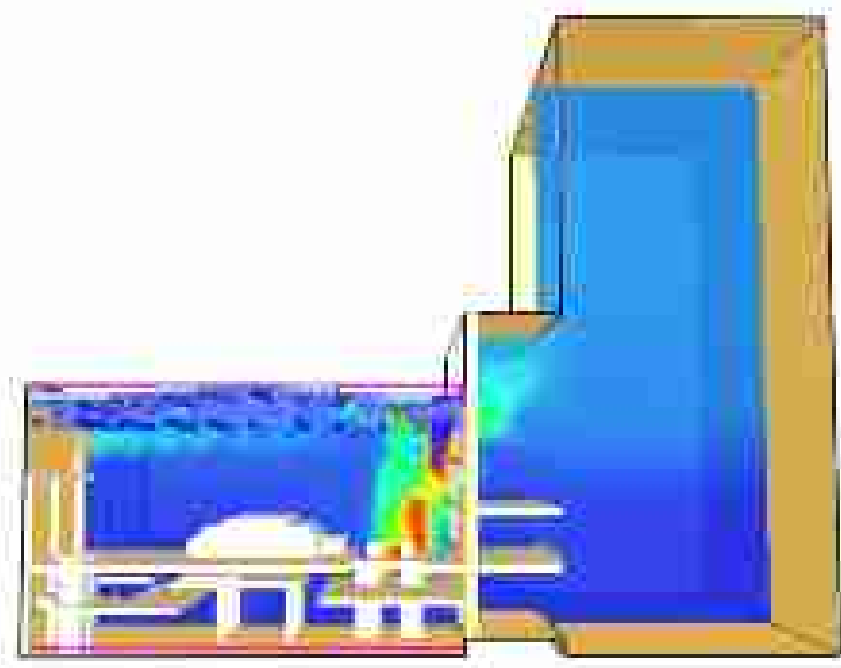


Рис. 224
100% 0:00

Через 13 минут после начала пожара

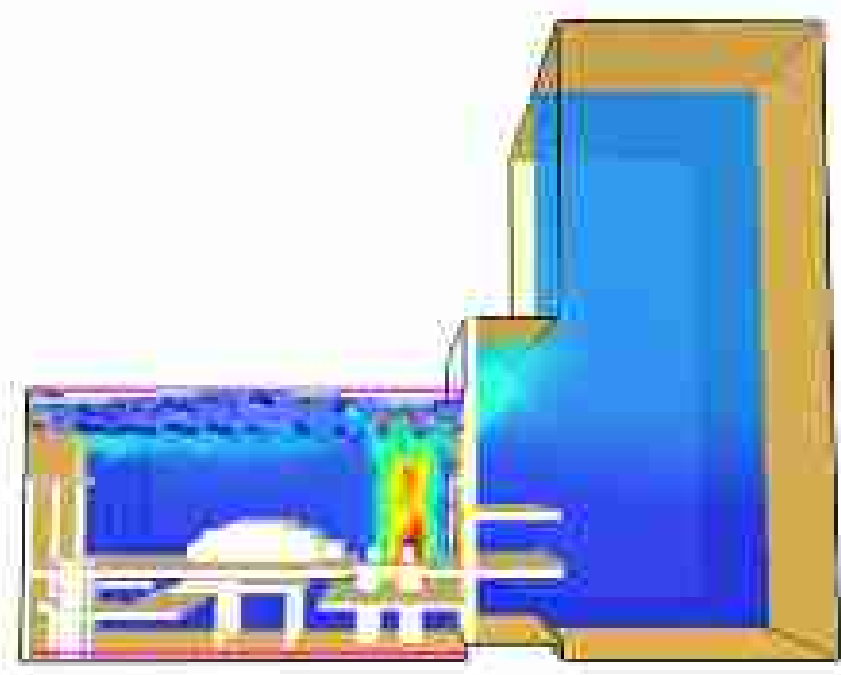
Симуляция: 13:11 - Jan 18 2014



Frame 221
Time: 13:11

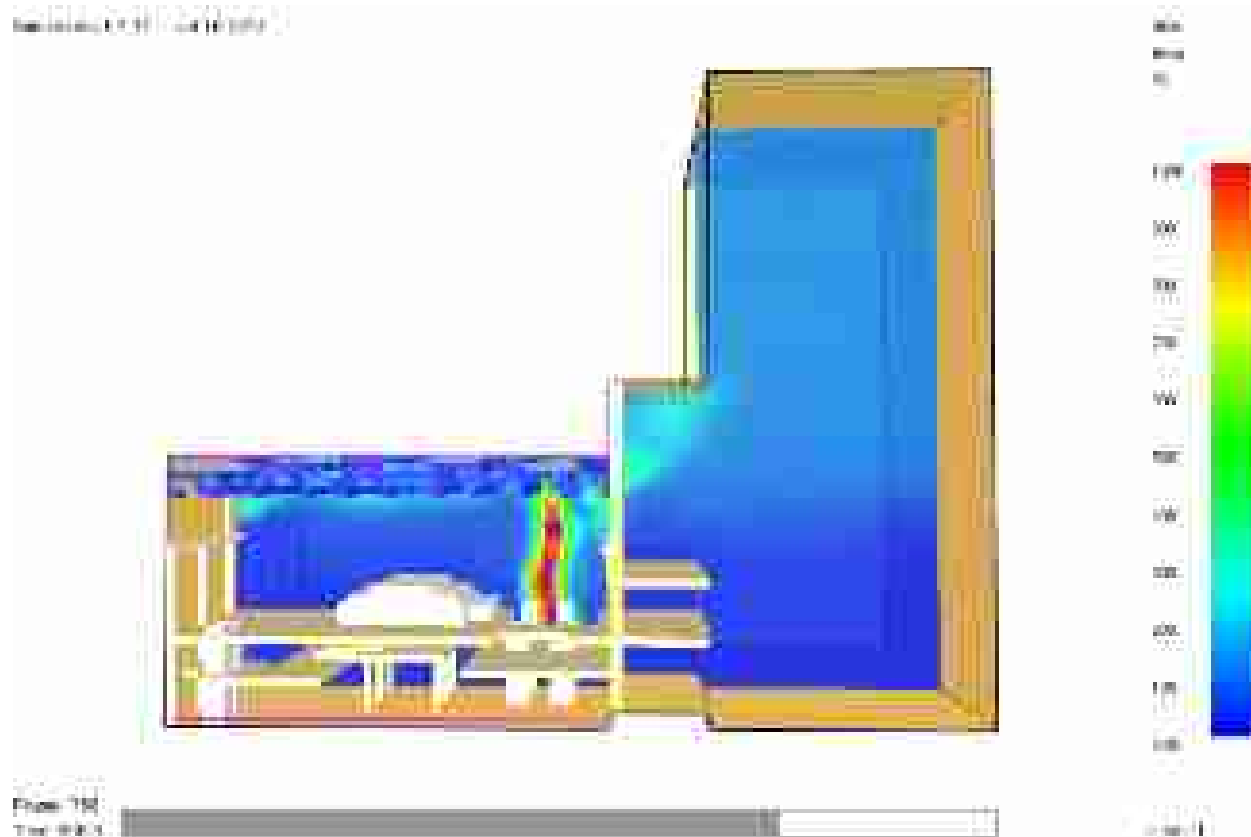
Через 14 минут после начала пожара

Симуляция: 14:11 - Jan 18 2014

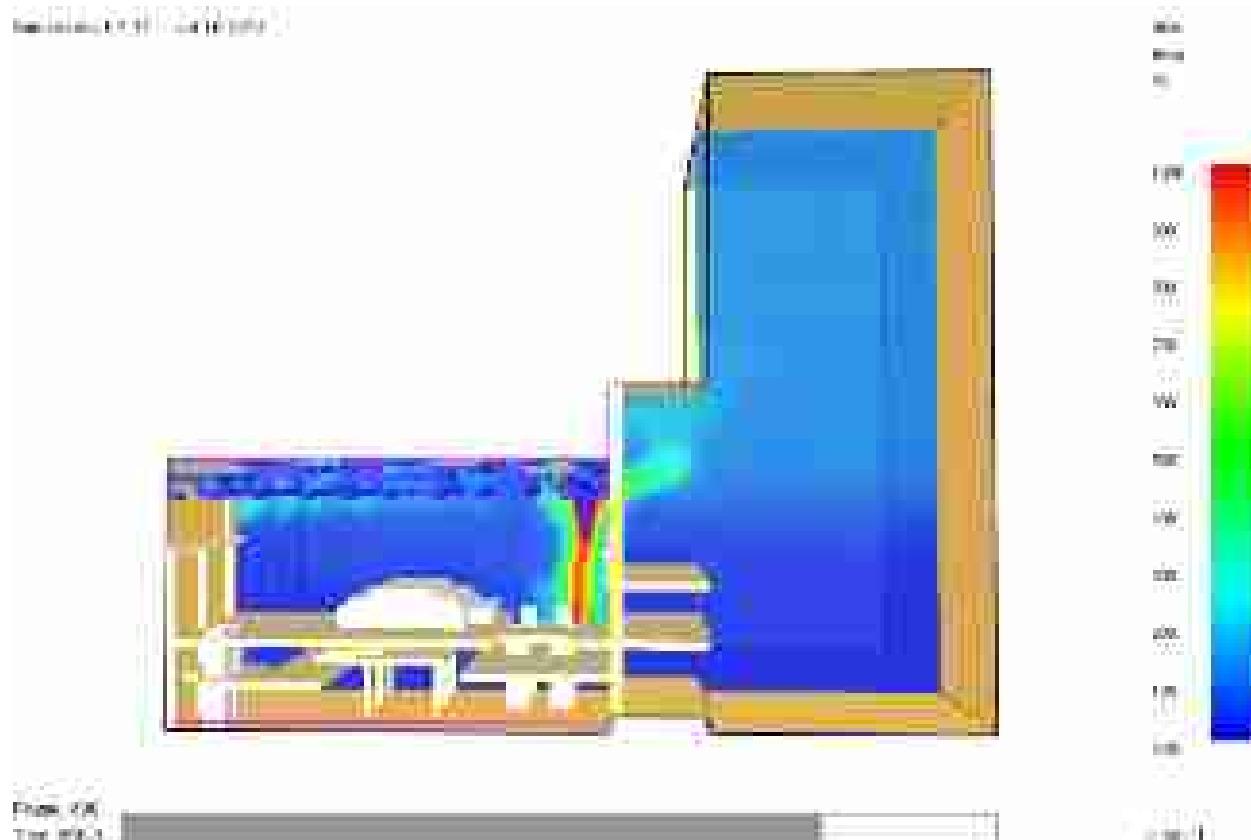


Frame 222
Time: 14:11

Через 15 минут после начала пожара



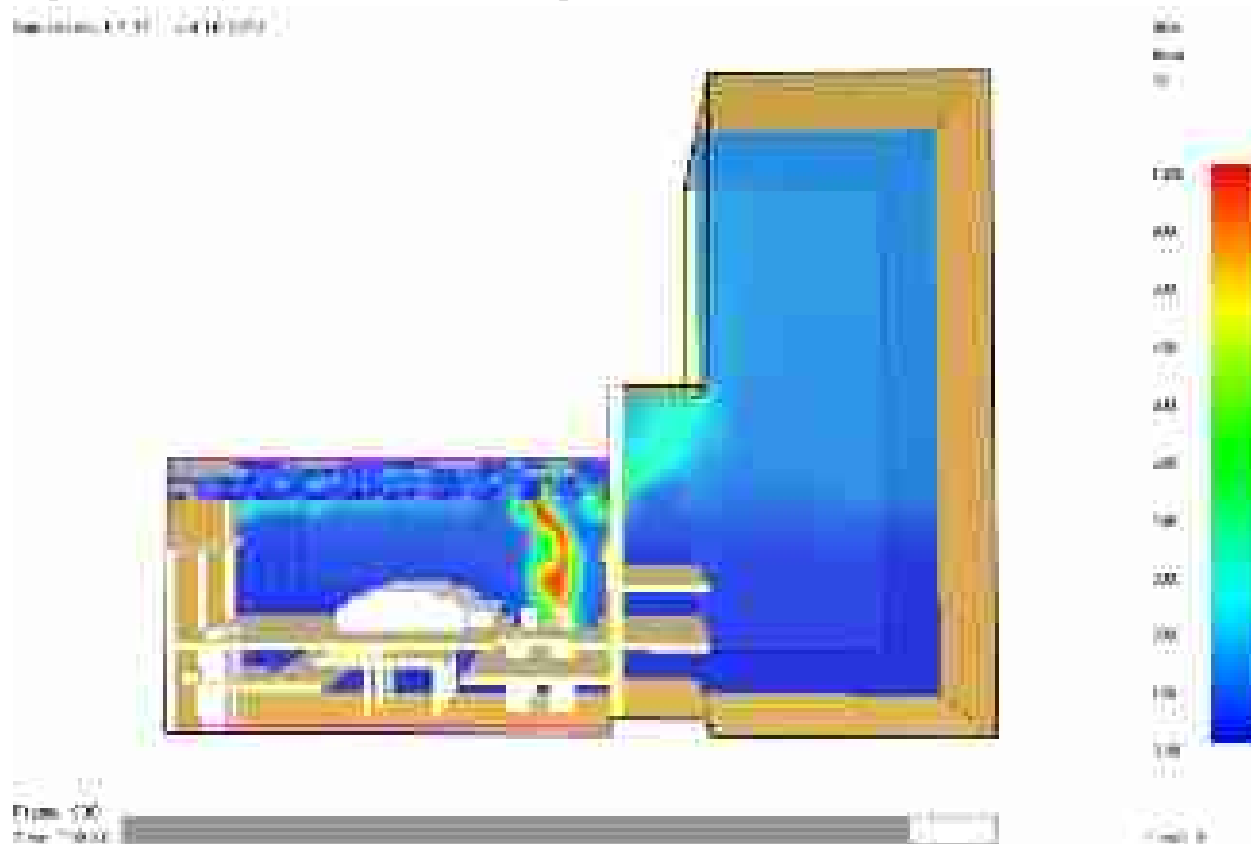
Через 16 минут после начала пожара



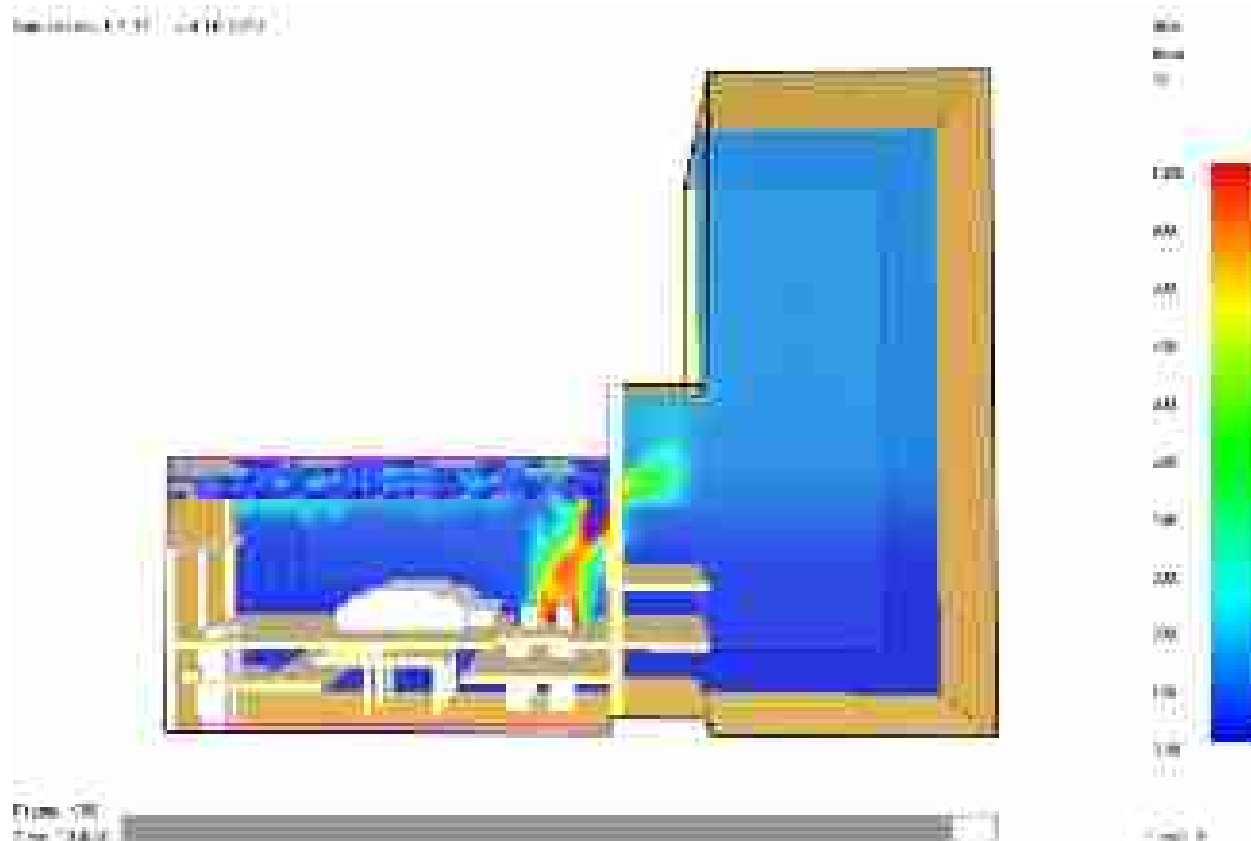
Через 17 минут после начала пожара



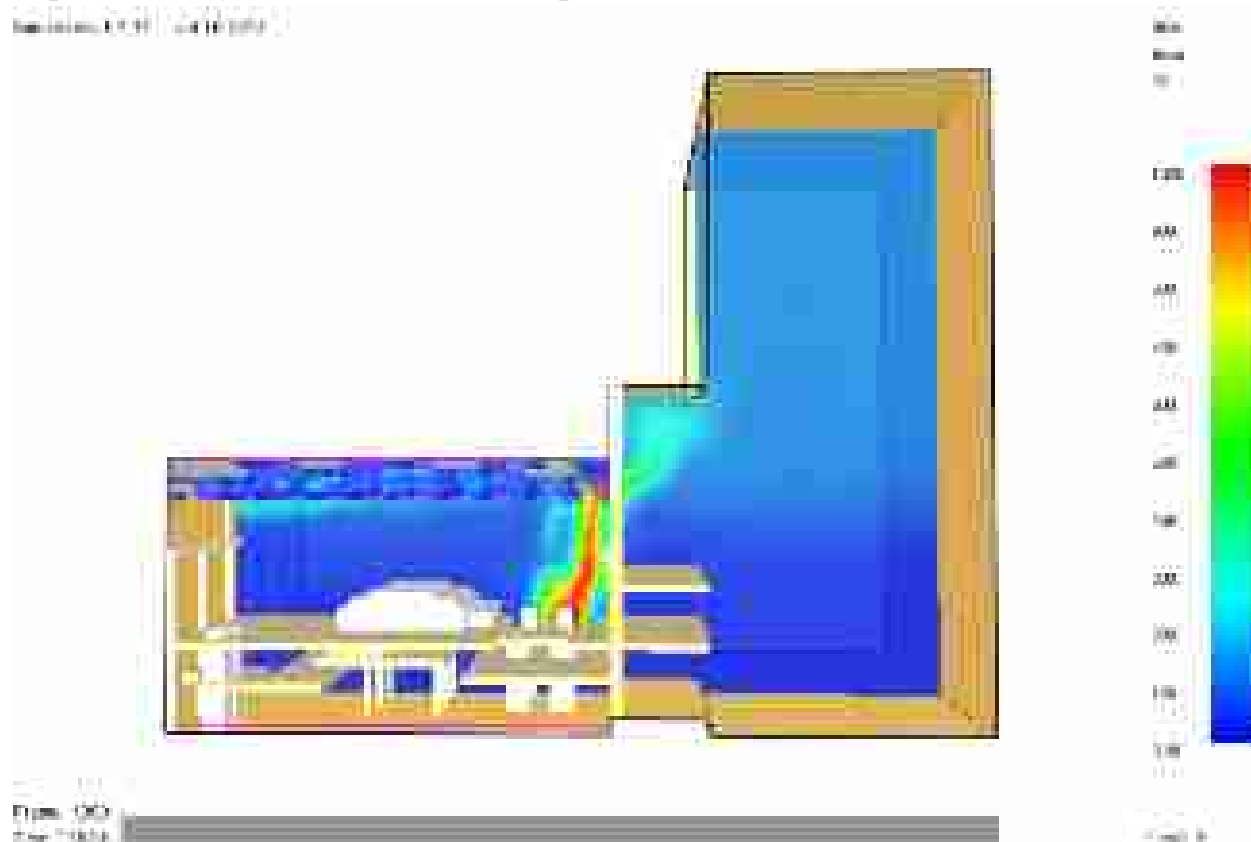
Через 18 минут после начала пожара



Через 19 минут после начала пожара



Через 20 минут после начала пожара



Скорость тепловыделения
Через 1 минуту после начала пожара

00:00:00 00:00:00 00:00:00



Через 2 минуты после начала пожара

00:00:00 00:00:00 00:00:00



Через 3 минуты после начала пожара

Модель расчета в программе FDS (3D-вид)



Через 4 минуты после начала пожара

Модель расчета в программе FDS (3D-вид)



Через 5 минут после начала пожара

Время: 00:05:00



Через 6 минут после начала пожара

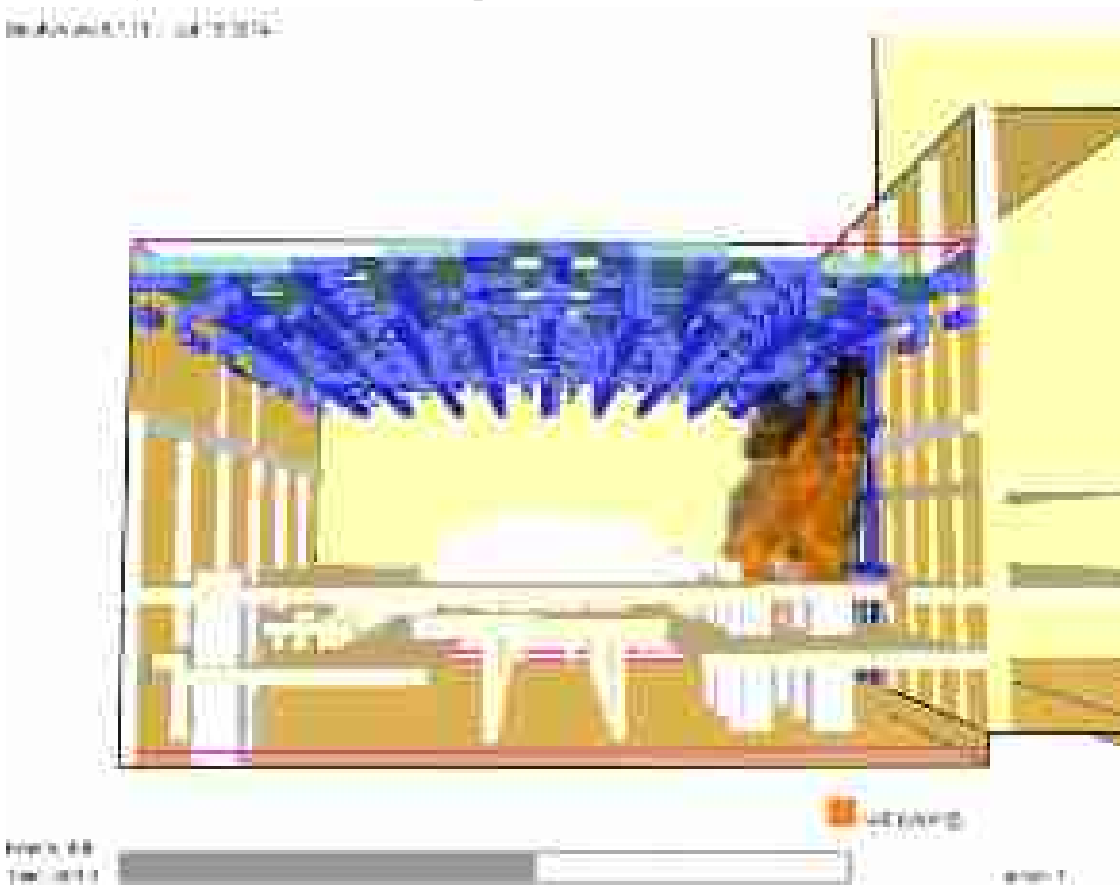
Время: 00:06:00



Через 7 минут после начала пожара



Через 8 минут после начала пожара



Через 9 минут после начала пожара

Время: 00:00:09



Через 10 минут после начала пожара

Время: 00:00:10



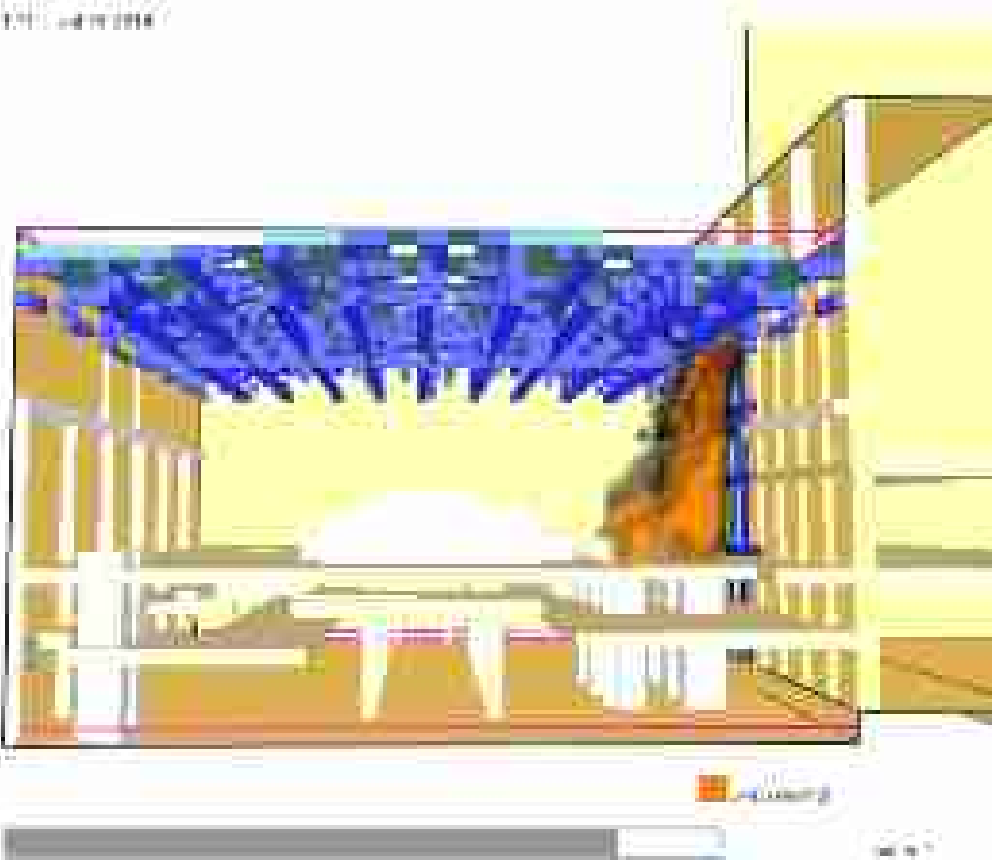
Через 11 минут после начала пожара

Время: 11:01 / 01.09.2016



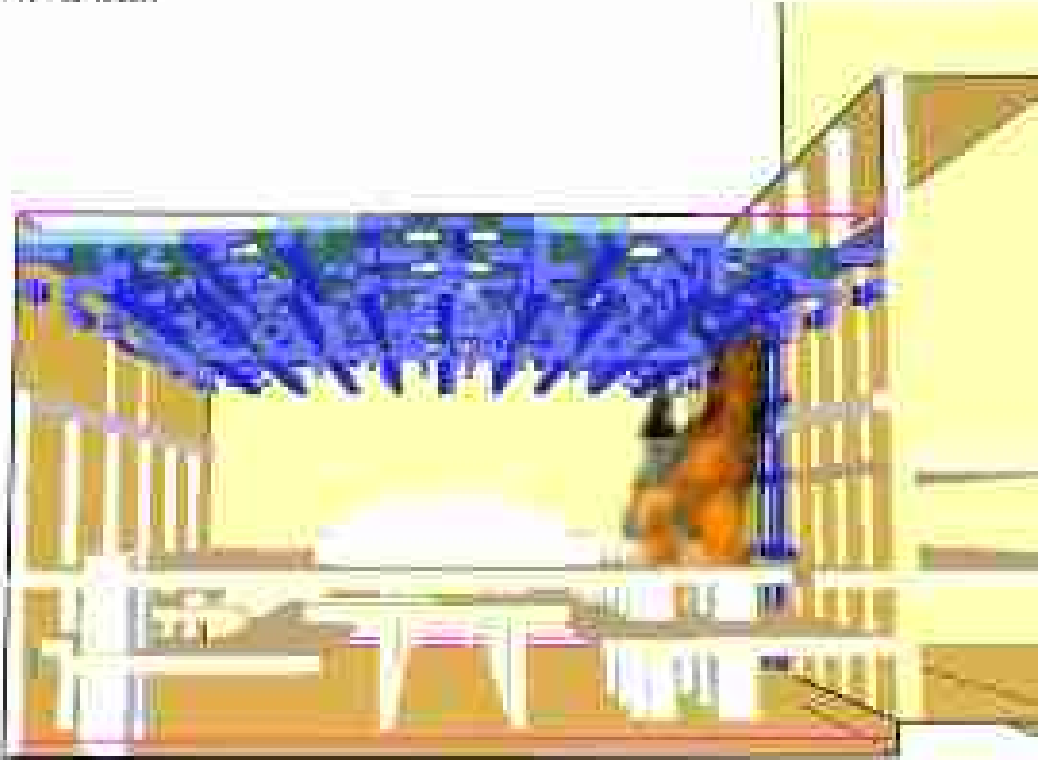
Через 12 минут после начала пожара

Время: 12:01 / 01.09.2016



Через 13 минут после начала пожара

Смещение: 0.17114 м / 10.0214



План: 000
Время: 00:13

Через 14 минут после начала пожара

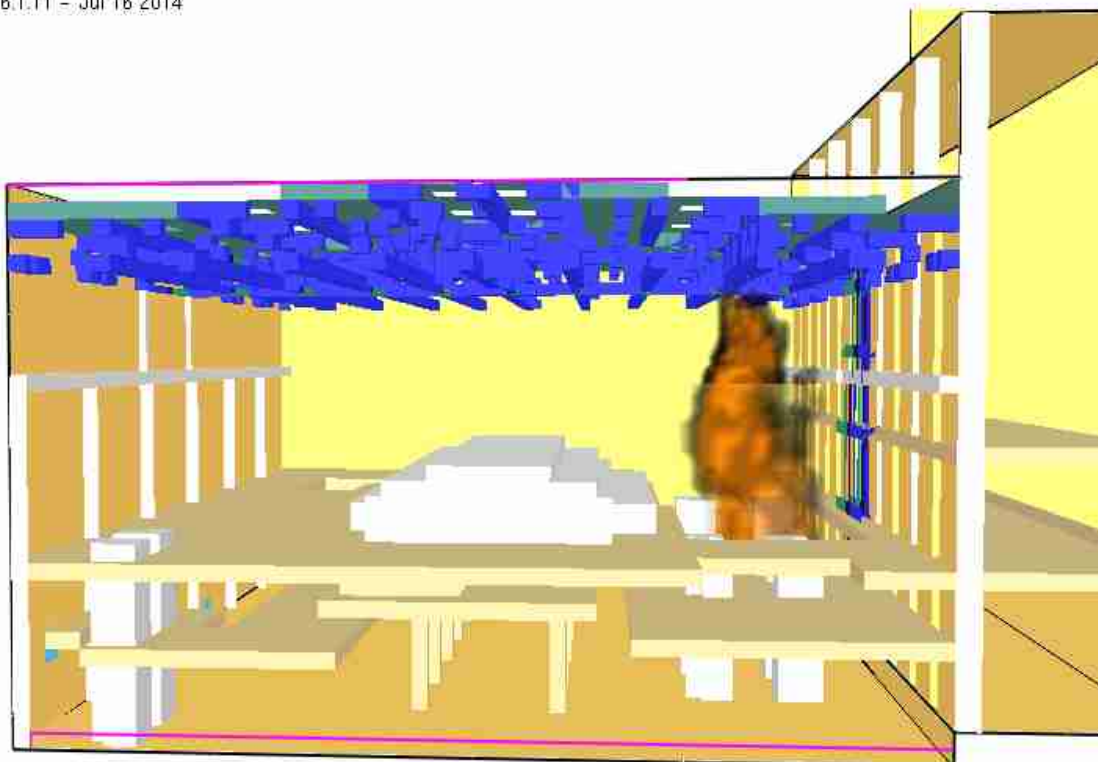
Смещение: 0.17114 м / 10.0214



План: 000
Время: 00:14

Через 15 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Frame: 750
Time: 900.0



mesh: 1

Через 16 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



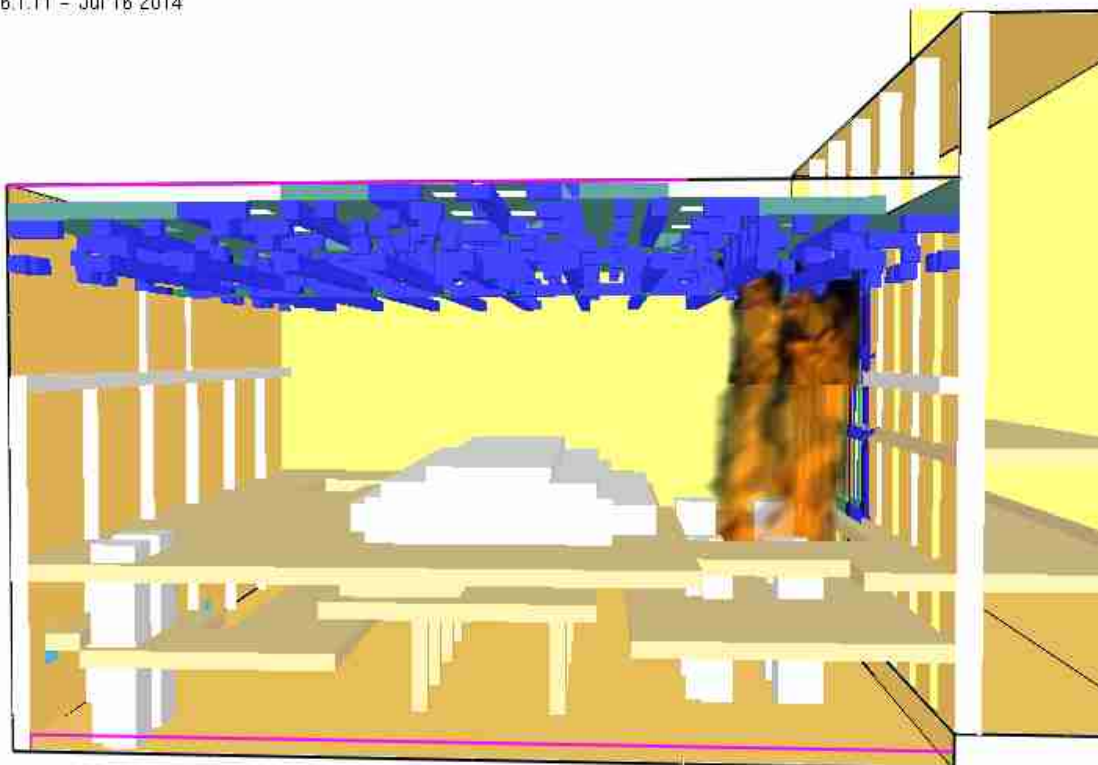
Frame: 800
Time: 960.0



mesh: 1

Через 17 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



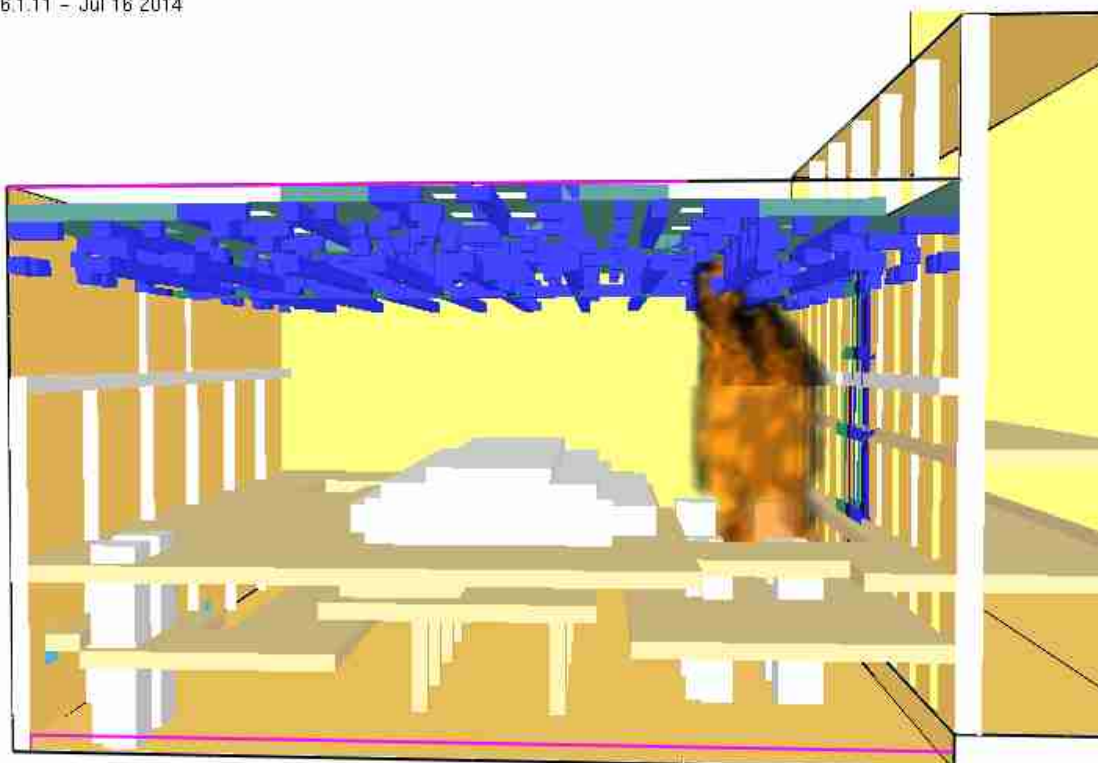
■ >40 (kW/m³)

Frame: 850
Time: 1020.0

mesh: 1

Через 18 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



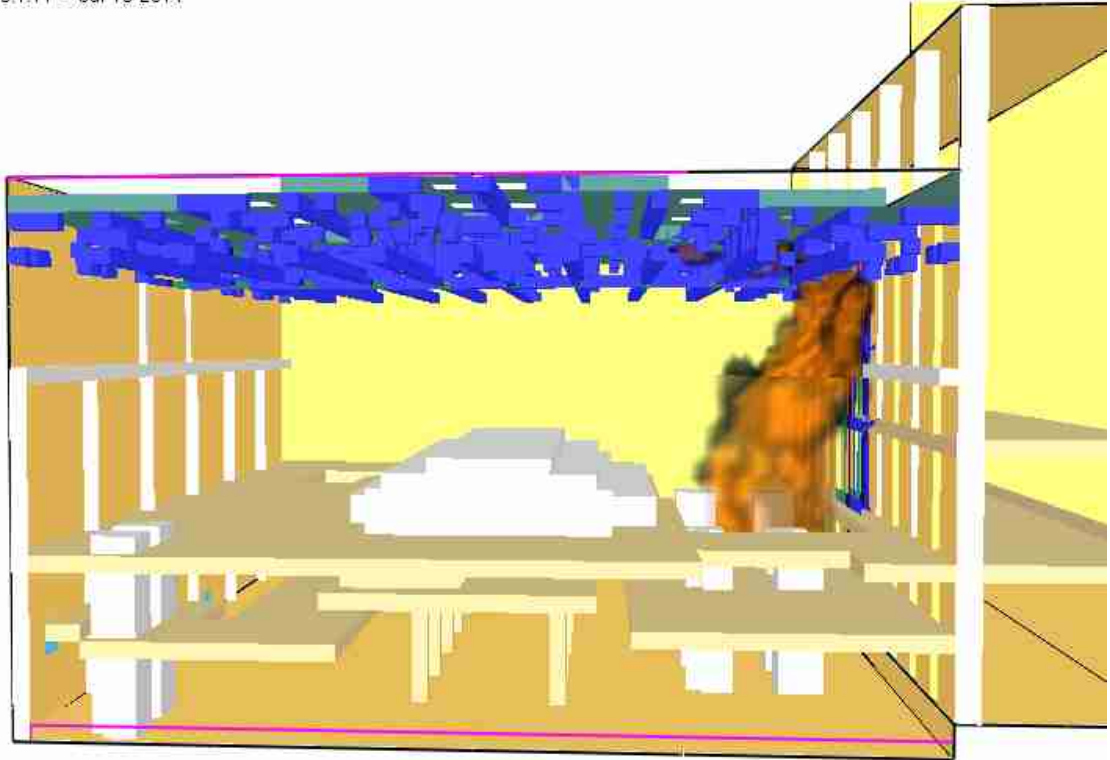
■ >40 (kW/m³)

Frame: 900
Time: 1080.0

mesh: 1

Через 19 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



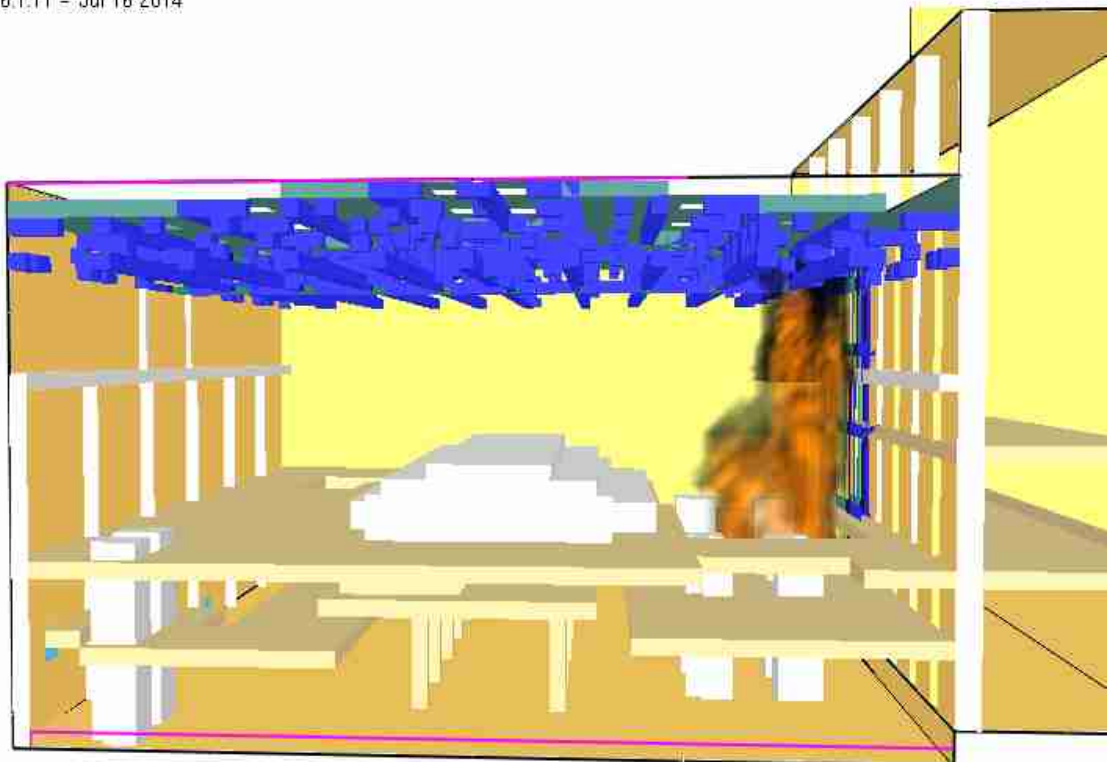
Frame: 950
Time: 1140.0

>40 (kW/m³)

mesh: 1

Через 20 минут после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Frame: 1000
Time: 1200.0

>40 (kW/m³)

mesh: 1

Задымление

Через 13 секунд после начала пожара

Смещение: 0.11 - 0.11 10.004



Рис. 11
10.004

Через 29 секунд после начала пожара

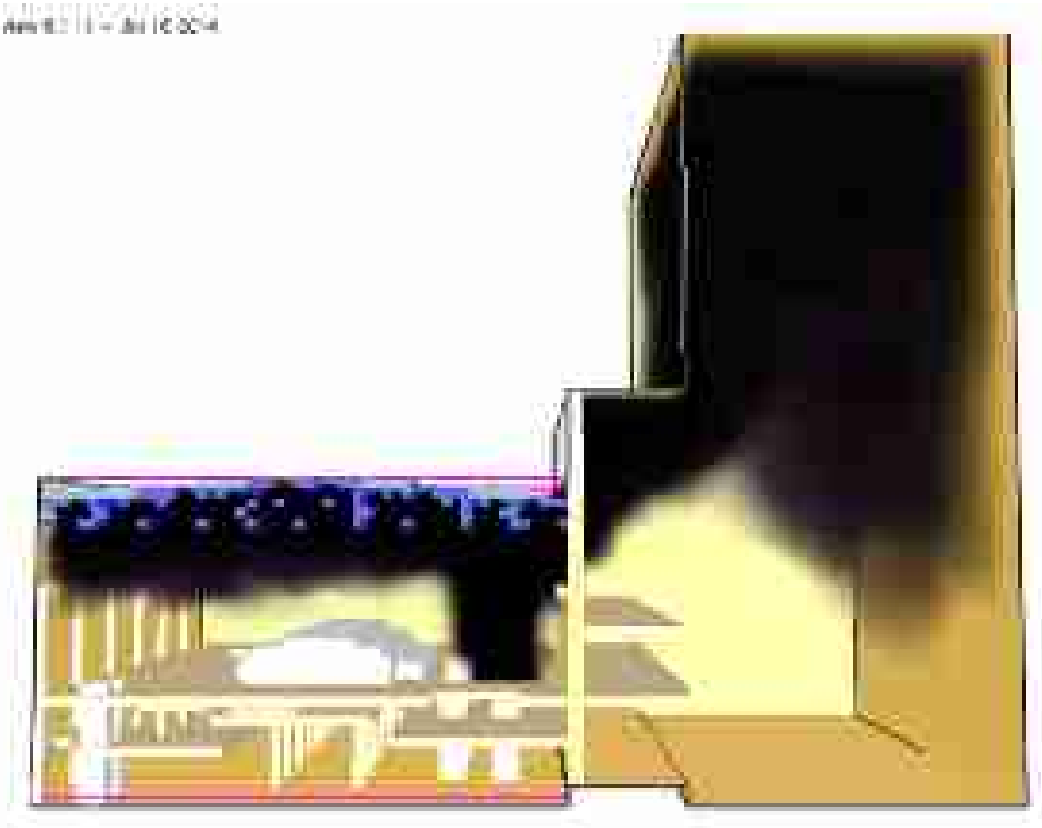
Смещение: 0.11 - 0.11 10.004



Рис. 29
10.004

Через 55 секунд после начала пожара

Смоделировано: 11.04.2014 12:00:44



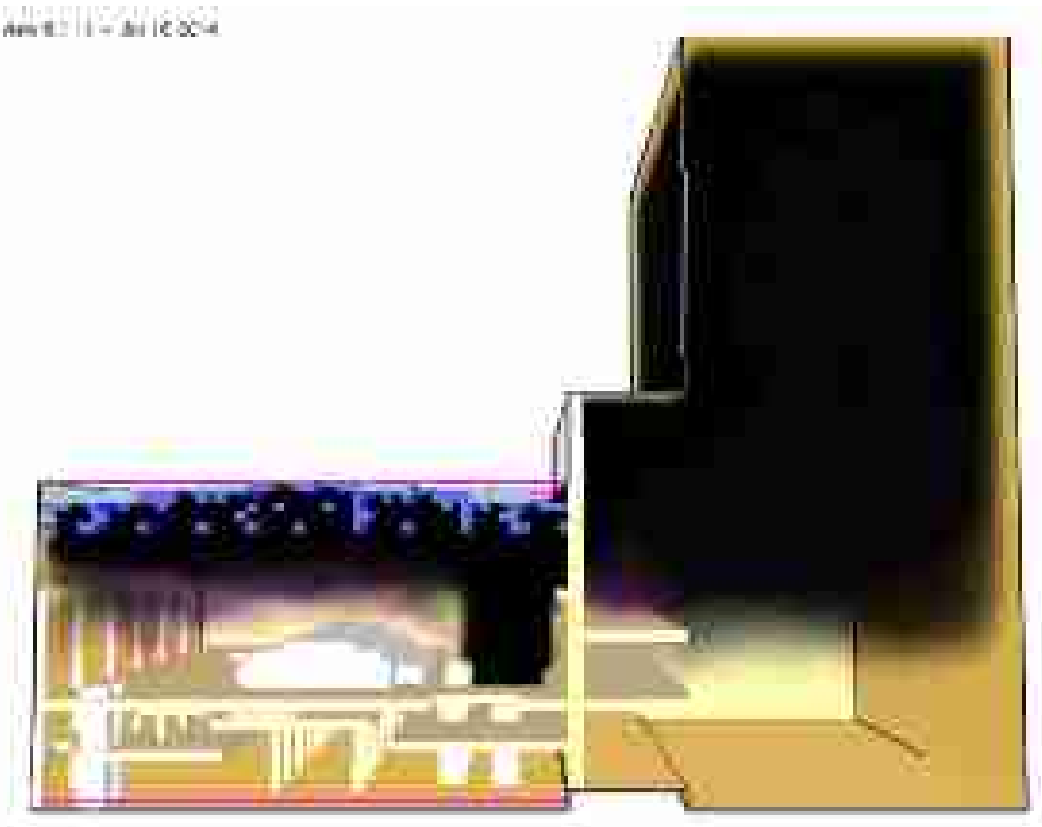
План: 01
1:100



0:00:55

Через 115 секунд после начала пожара

Смоделировано: 11.04.2014 12:00:44



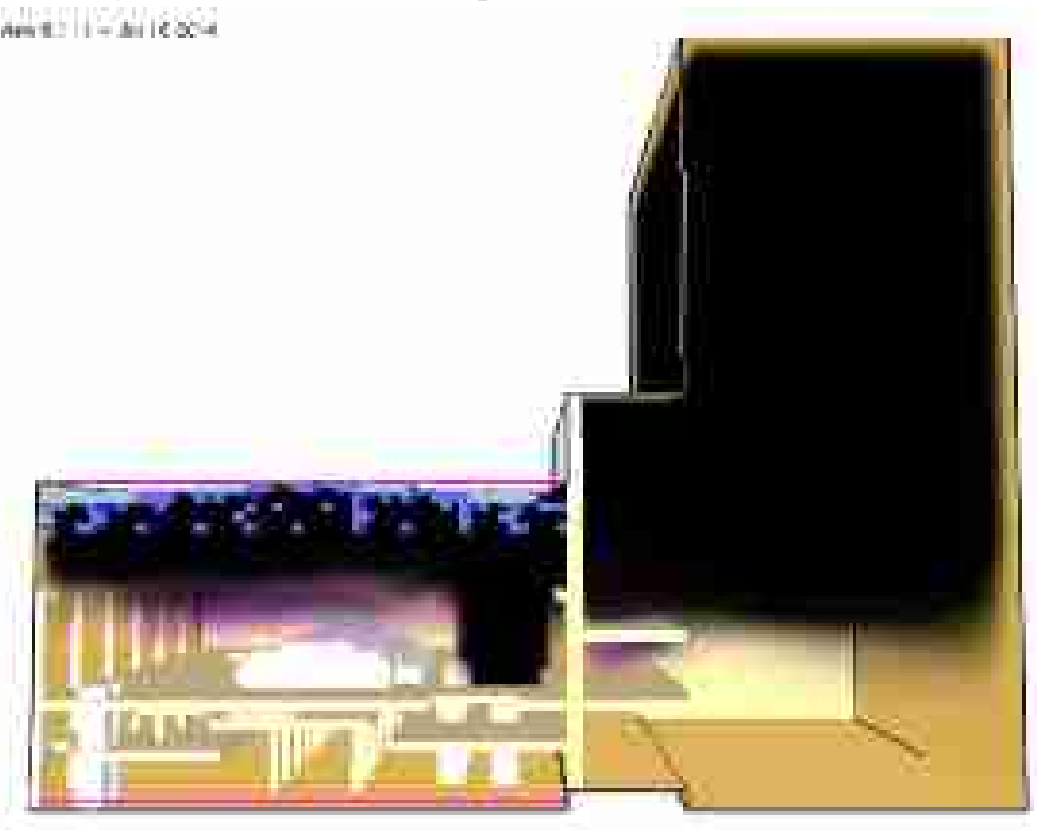
План: 01
1:100



0:01:15

Через 842 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014

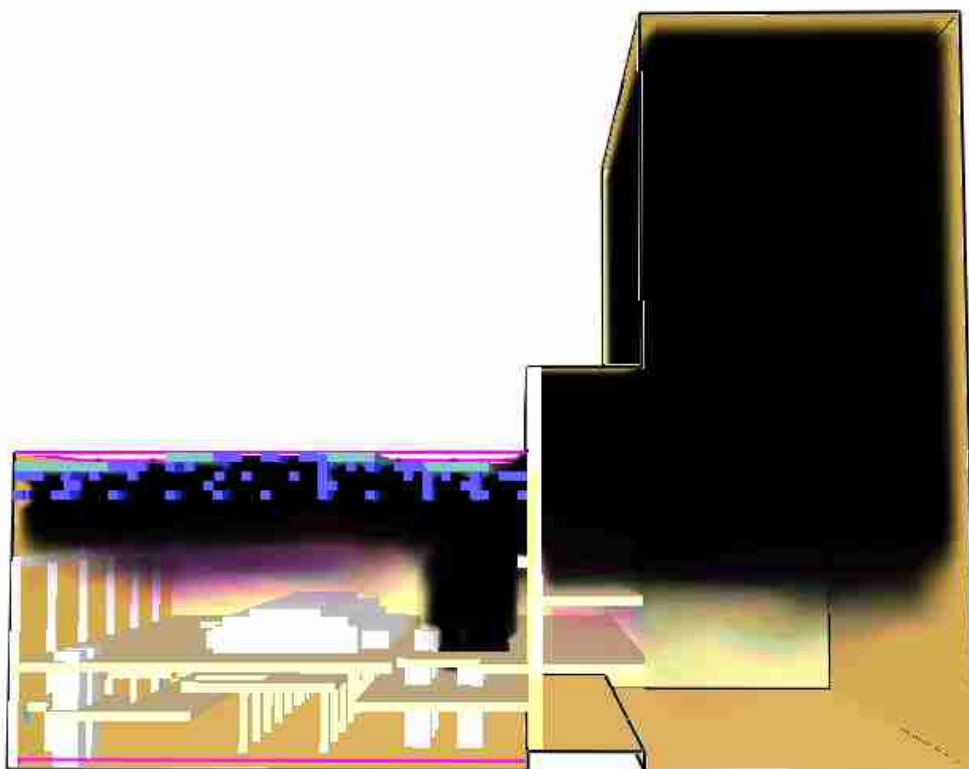


Frame: 100
Time: 842.0

mesh: 1

Через 1200 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014

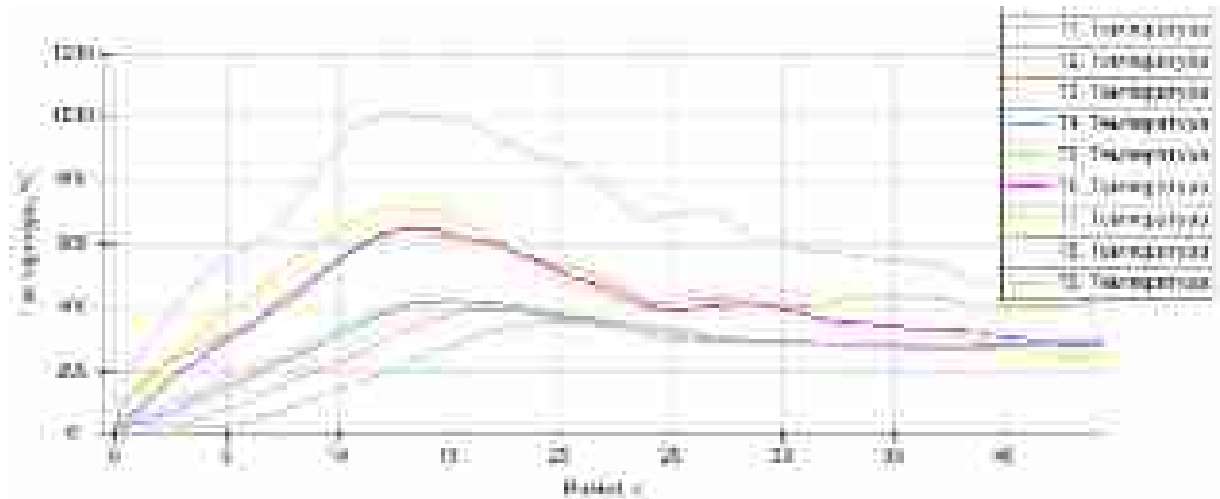


Frame: 1000
Time: 1200.0

mesh: 1

9.4. Сценарий 2в. С устройством системы орошения

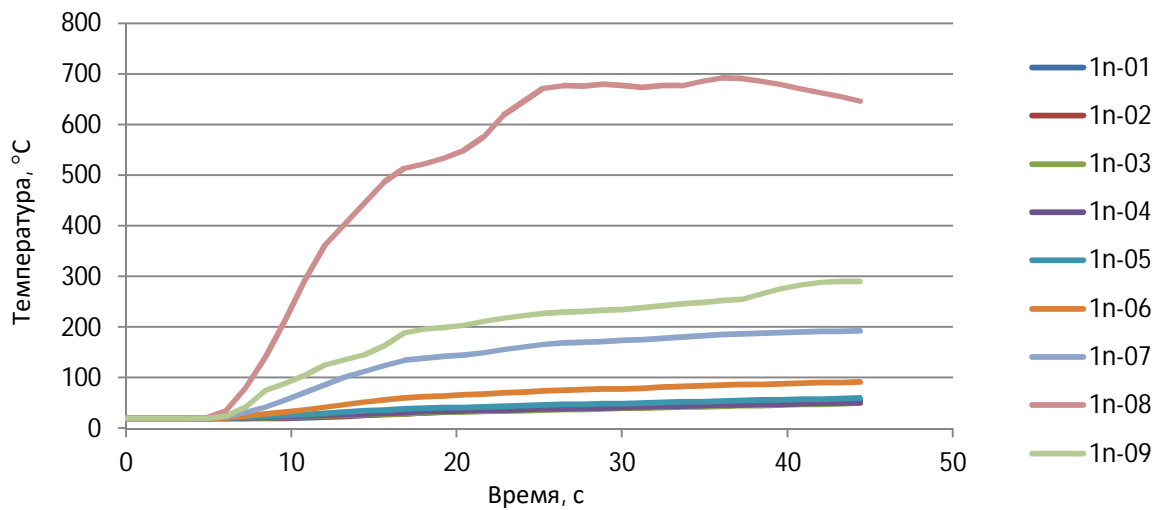
Температура газовой среды



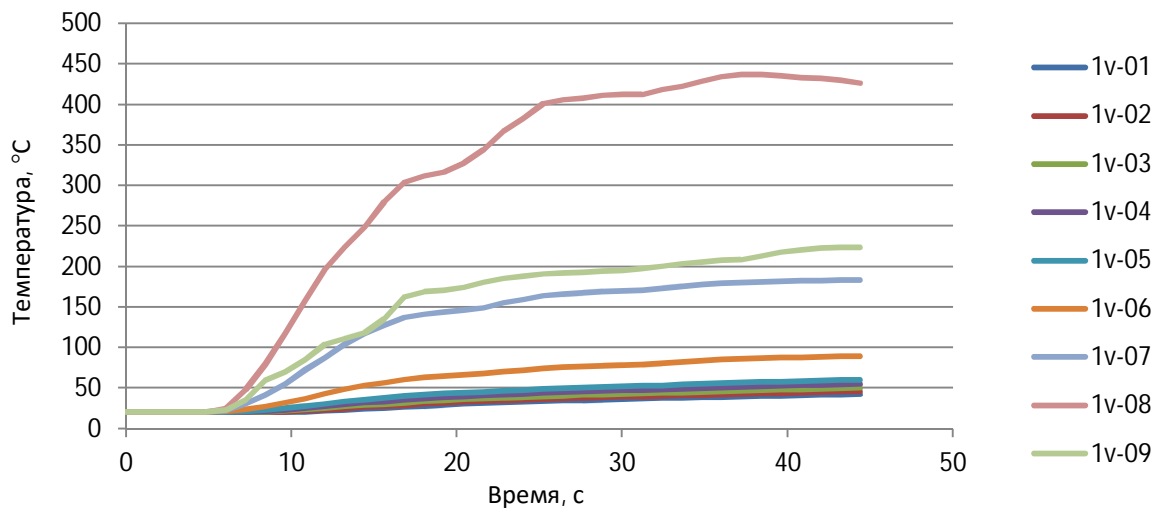
9.4.1. Фермы

Ферма 3 пояс (без защиты)

Нижние элементы

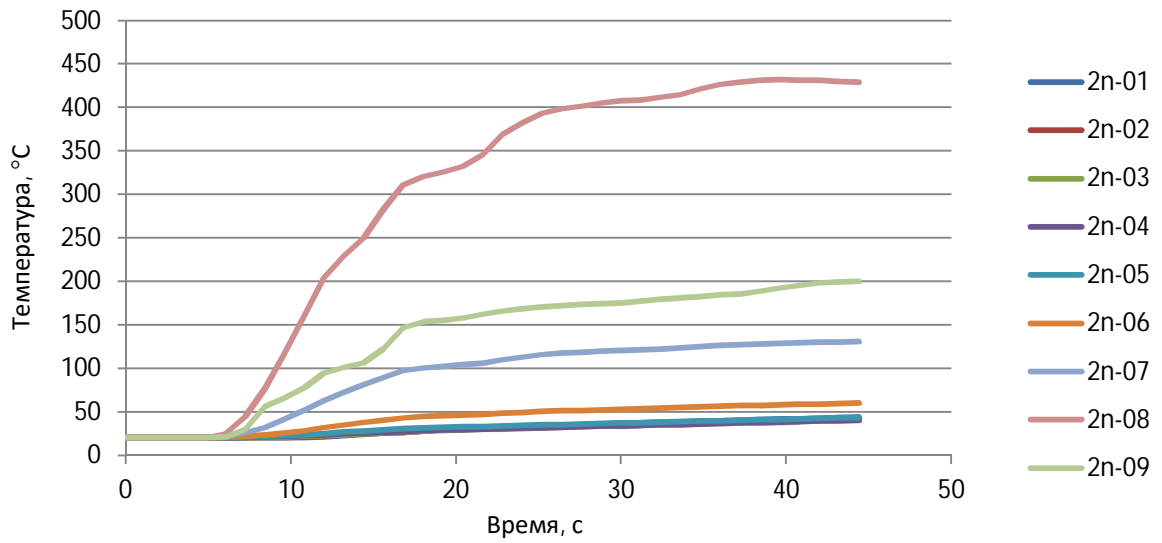


Верхние элементы

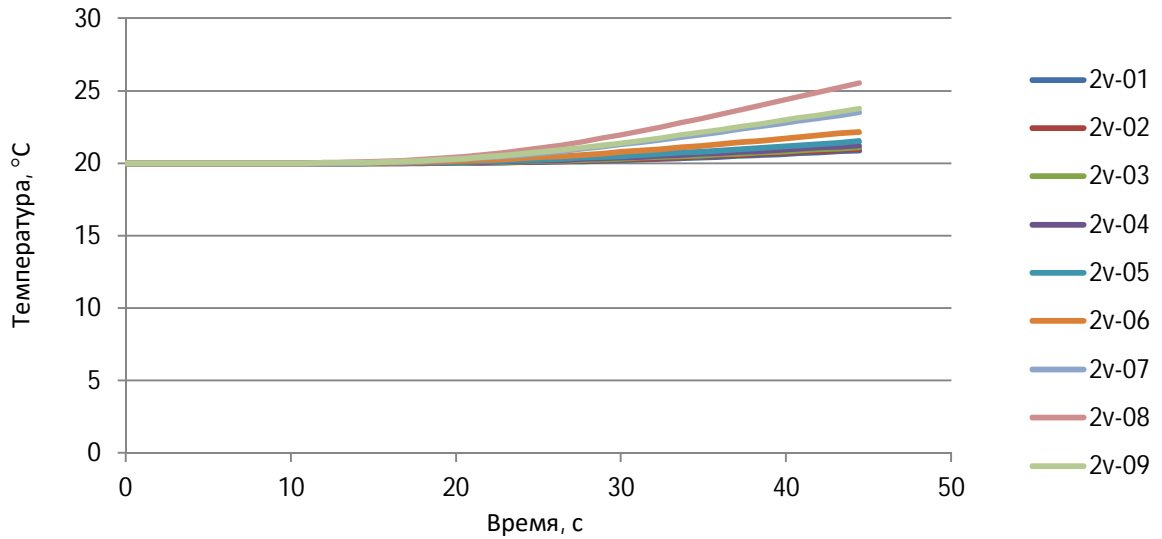


Ферма 3 пояс (конструктивная огнезащита)

Нижние элементы

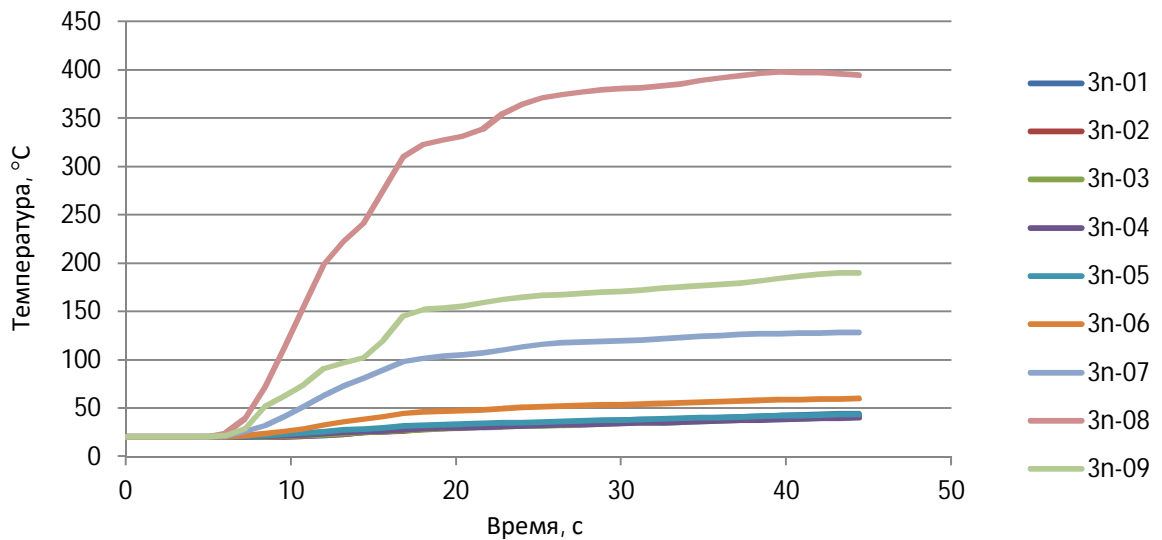


Верхние элементы

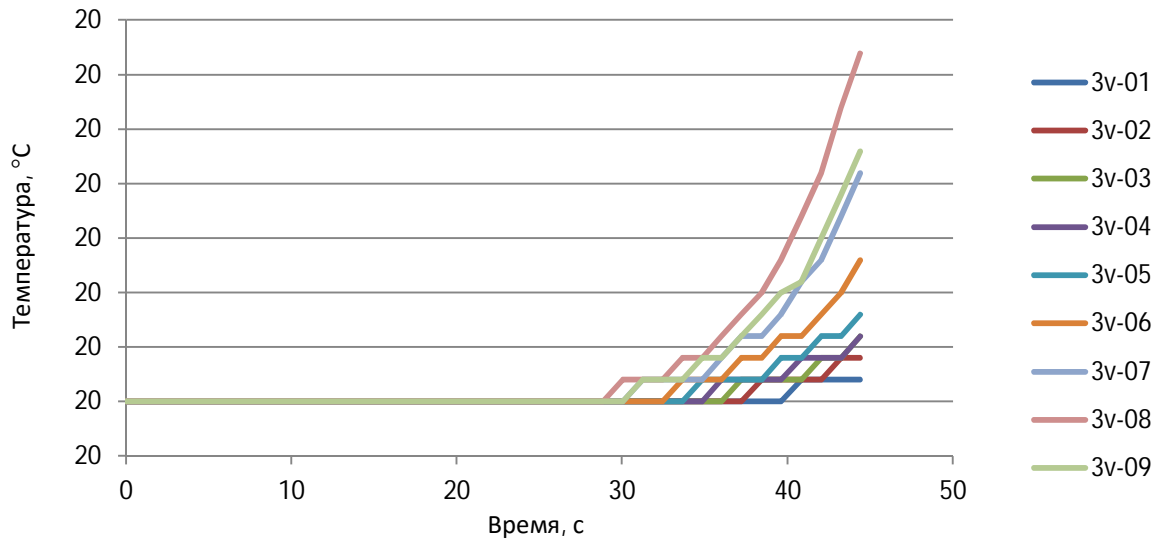


Ферма 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

Нижние элементы

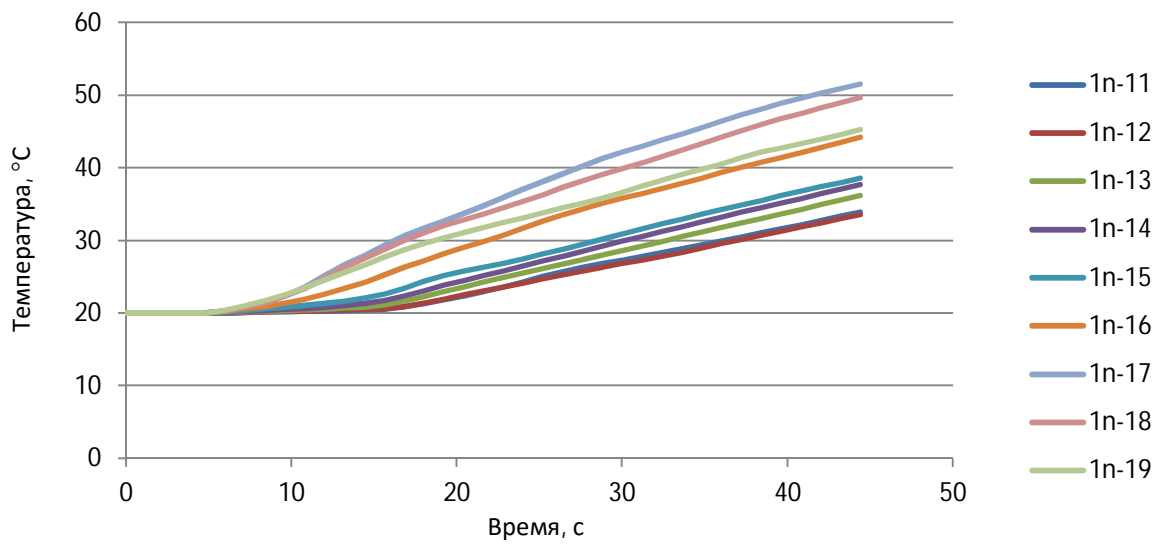


Верхние элементы

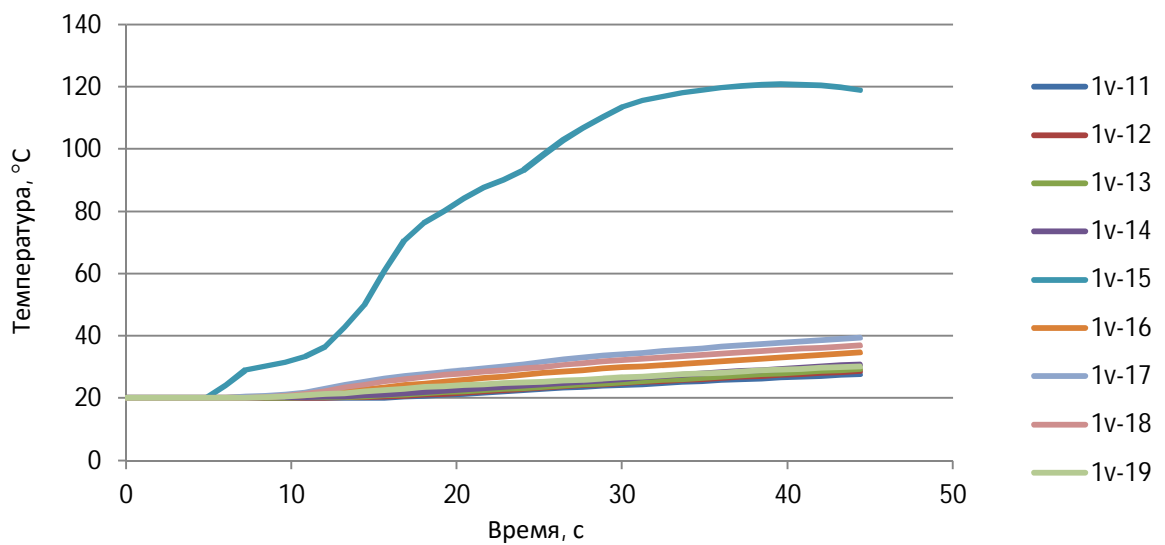


Ферма 1 пояс (без защиты)

Нижние элементы

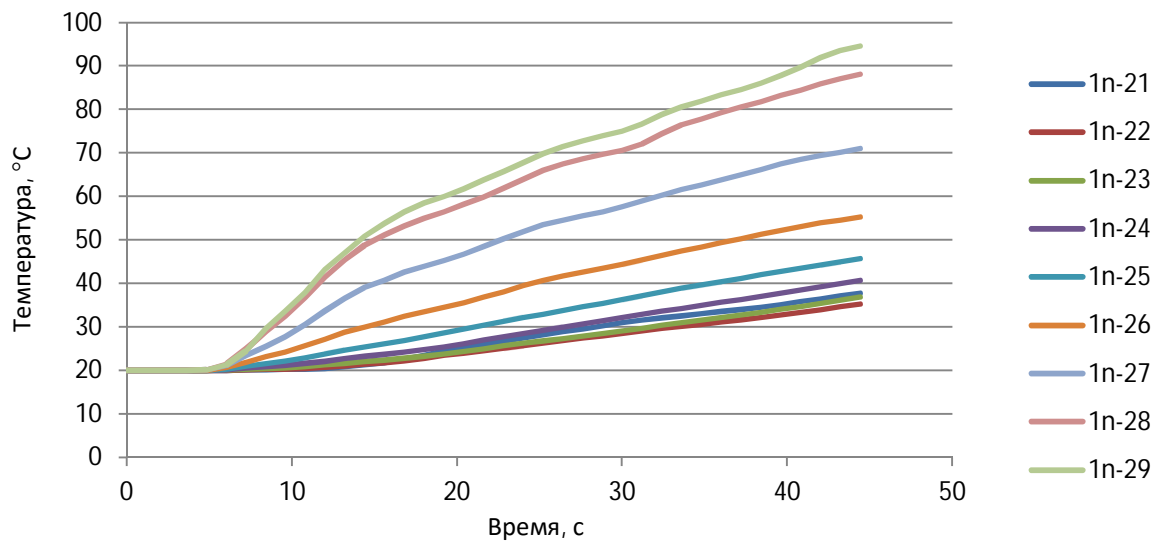


Верхние элементы

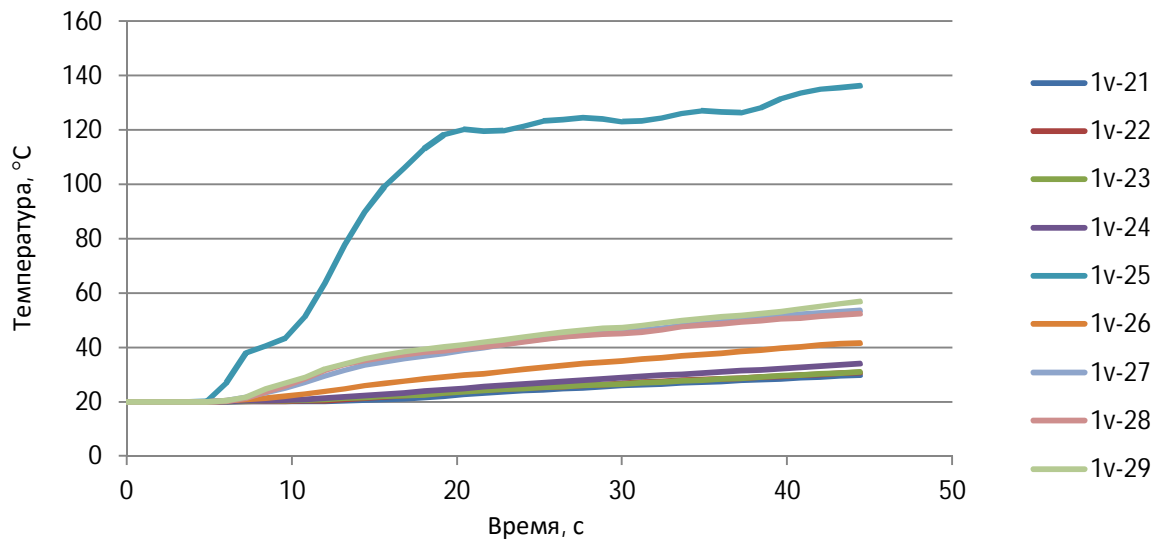


Ферма 2 пояс (без защиты)

Нижние элементы

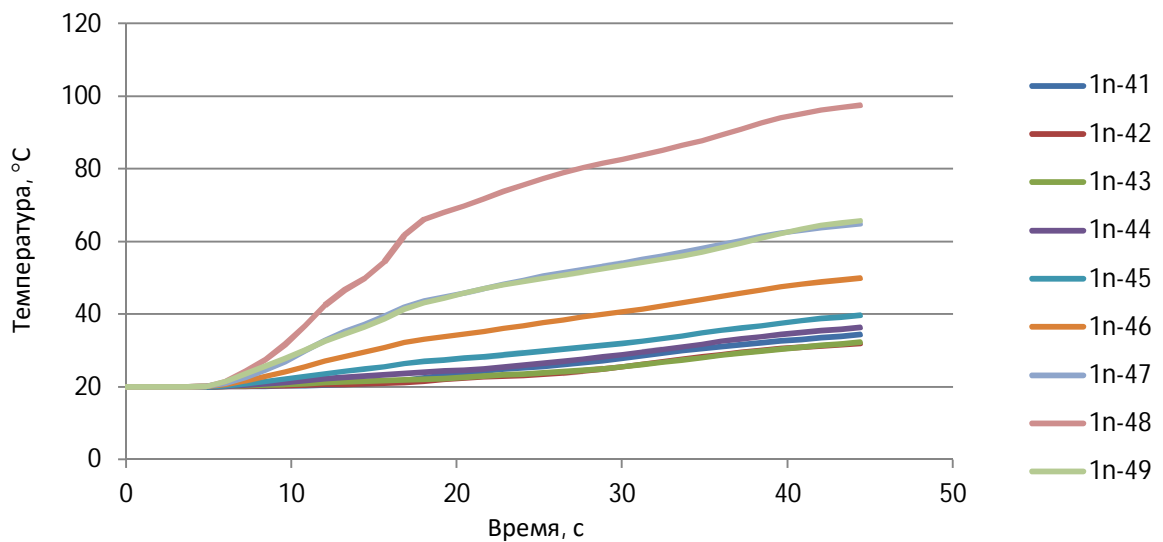


Верхние элементы

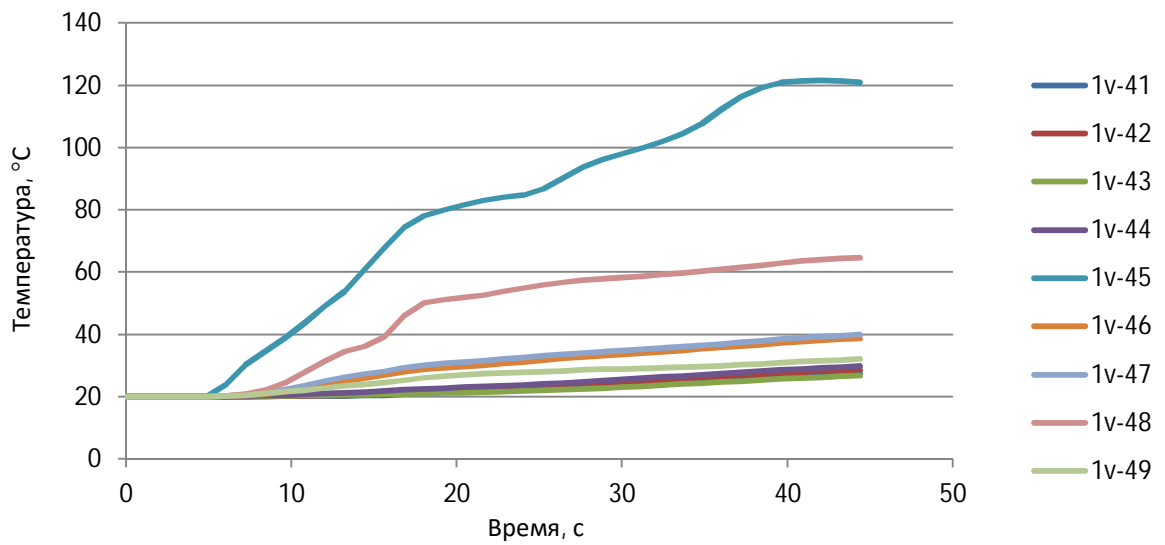


Ферма 4 пояс (без защиты)

Нижние элементы

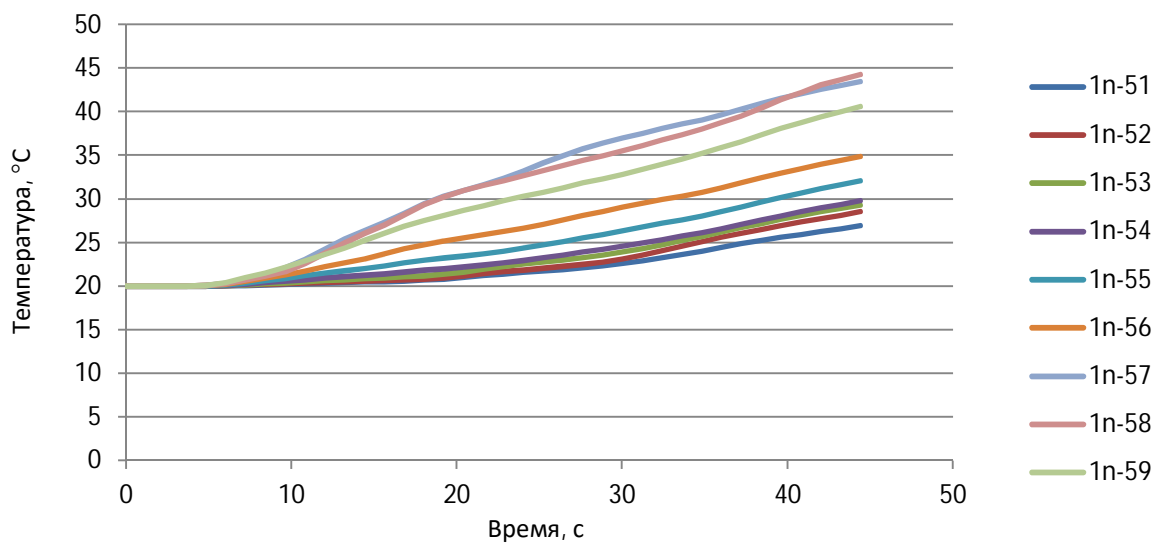


Верхние элементы

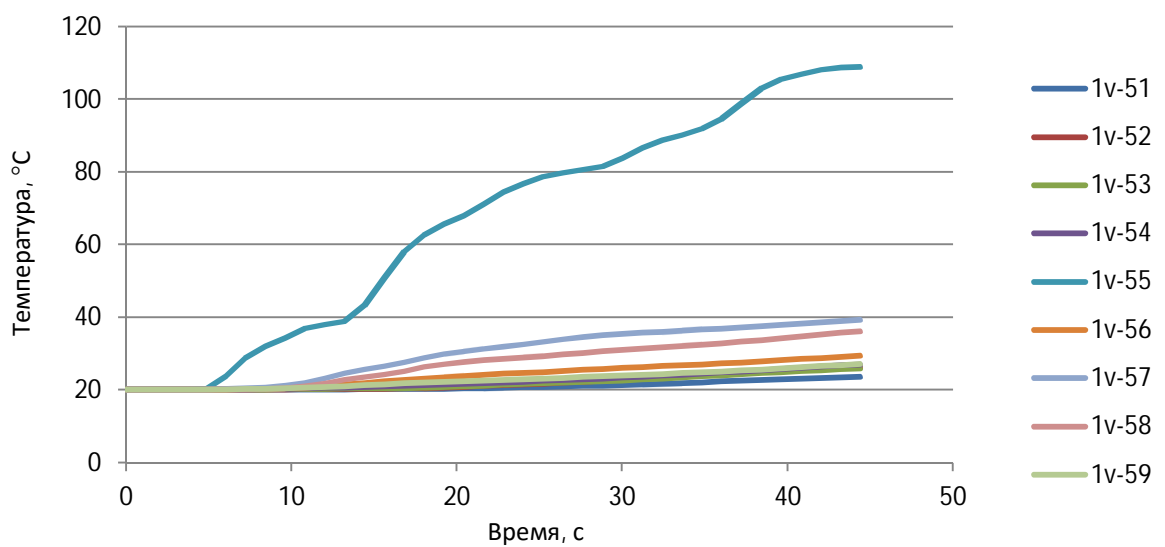


Ферма 5 пояс (без защиты)

Нижние элементы

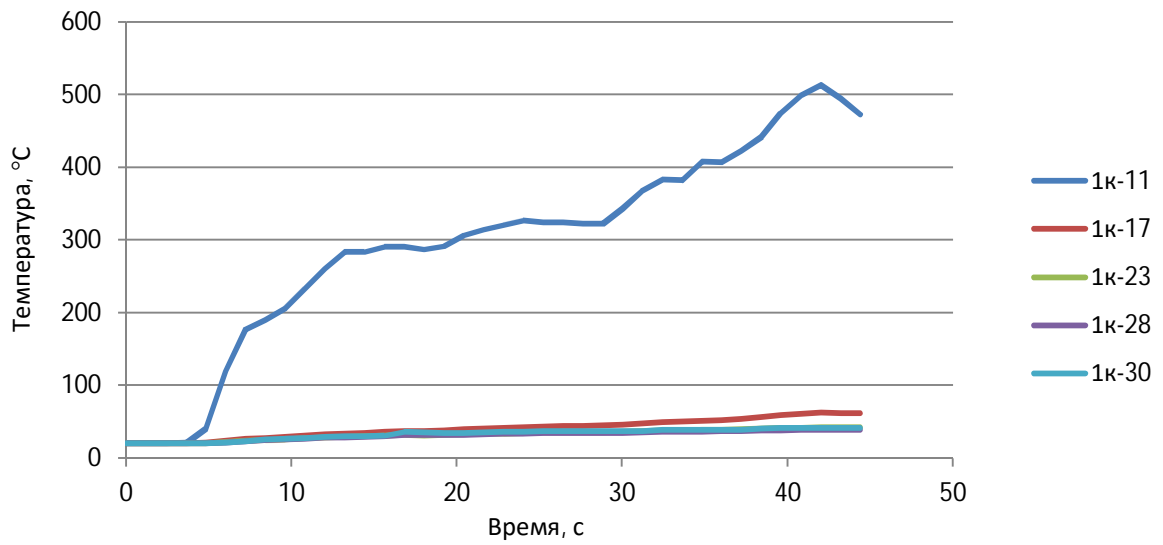


Верхние элементы

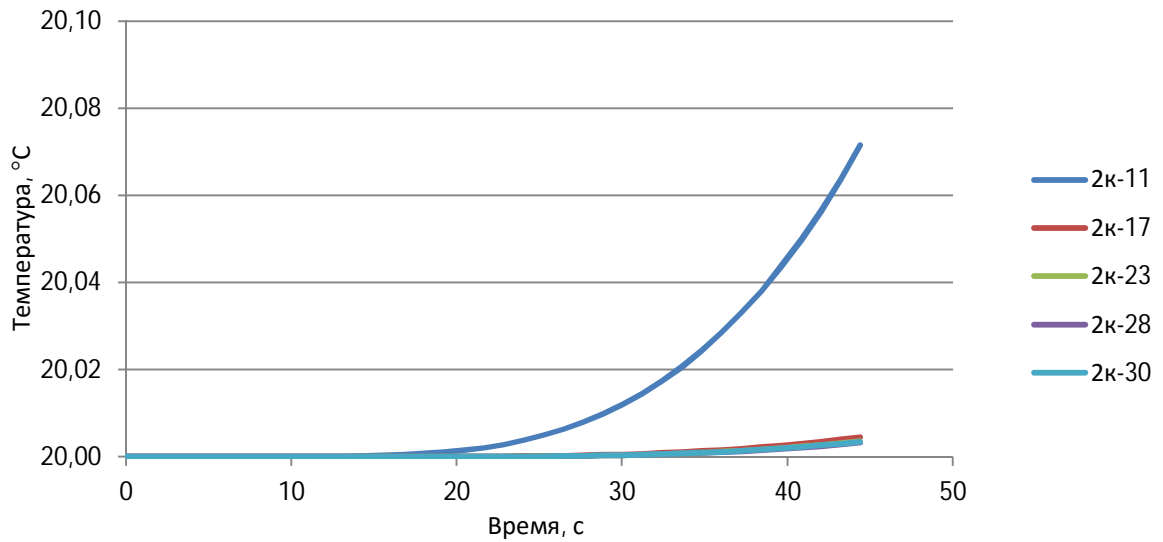


9.4.2. Колонны

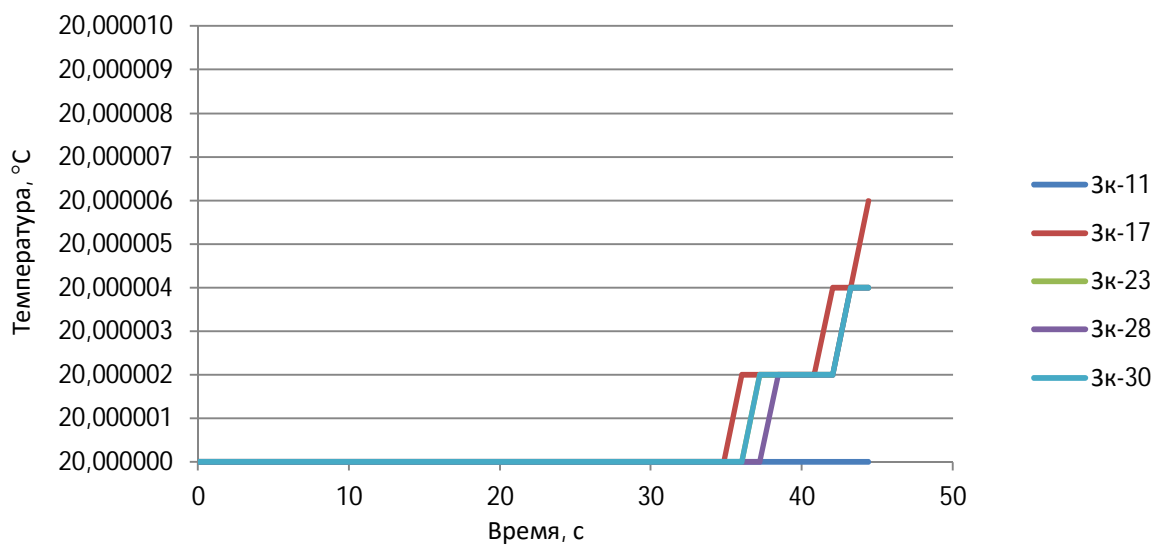
Колонны 3 пояс (без защиты)



Колонны 3 пояс (конструктивная огнезащита)

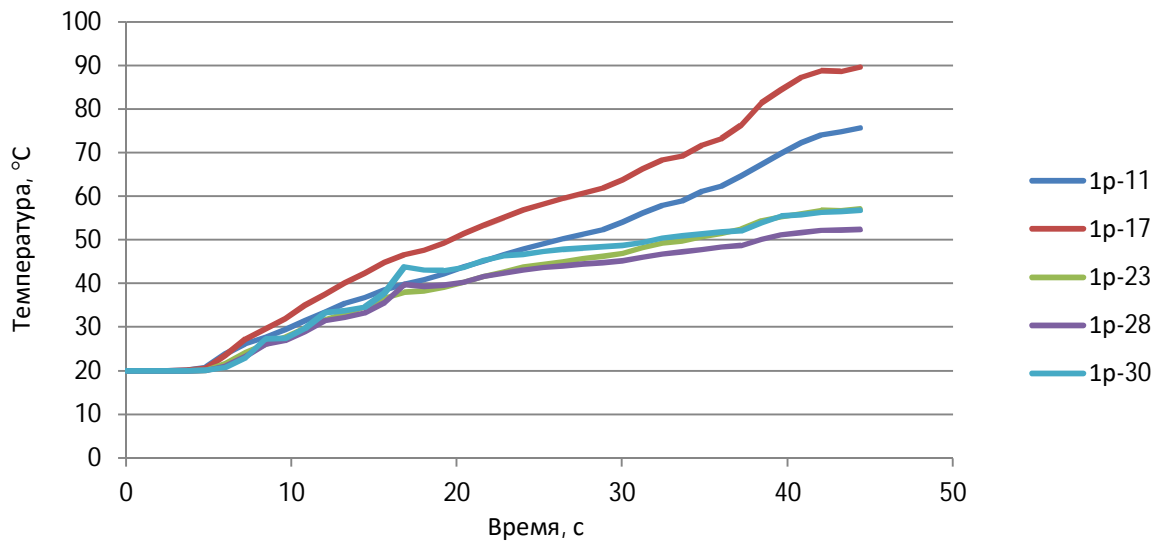


Колонны 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

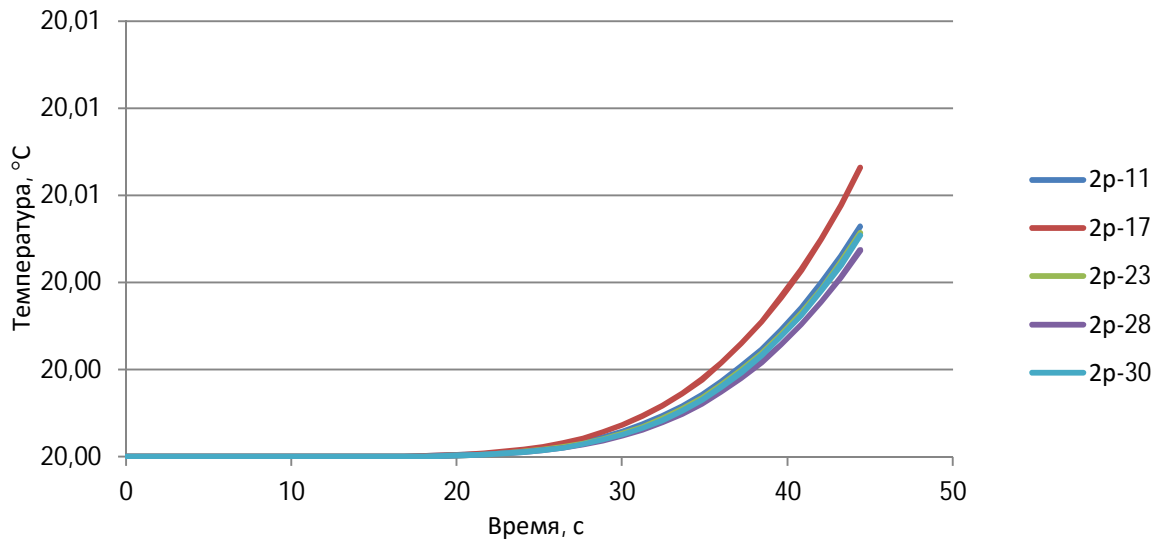


9.4.3. Ригели

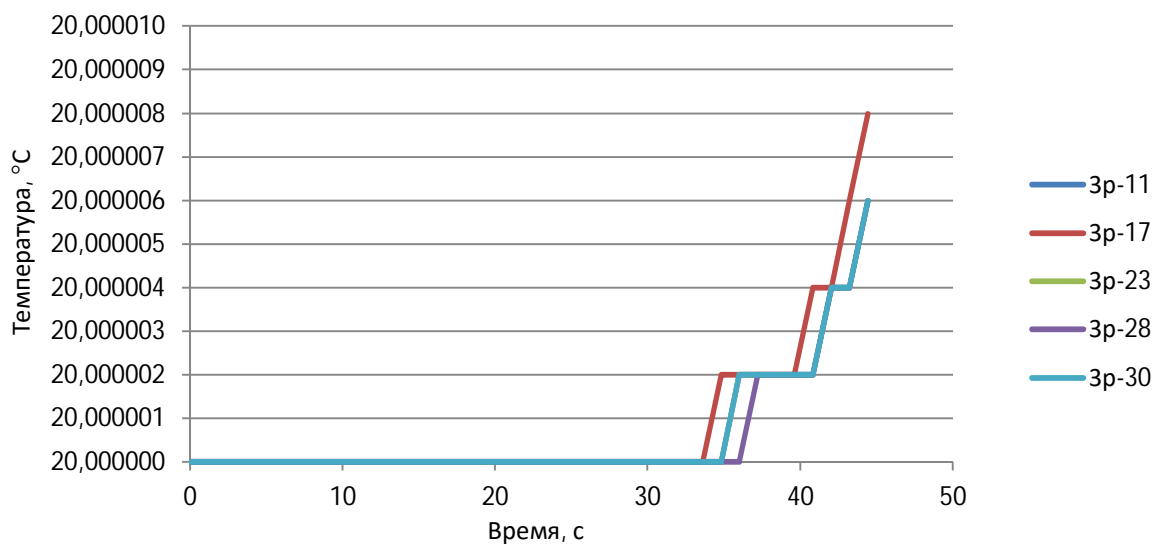
Ригели 3 пояс (без защиты)



Ригели 3 пояс (конструктивная огнезащита)



Ригели 3 пояс (неконструктивная огнезащита)

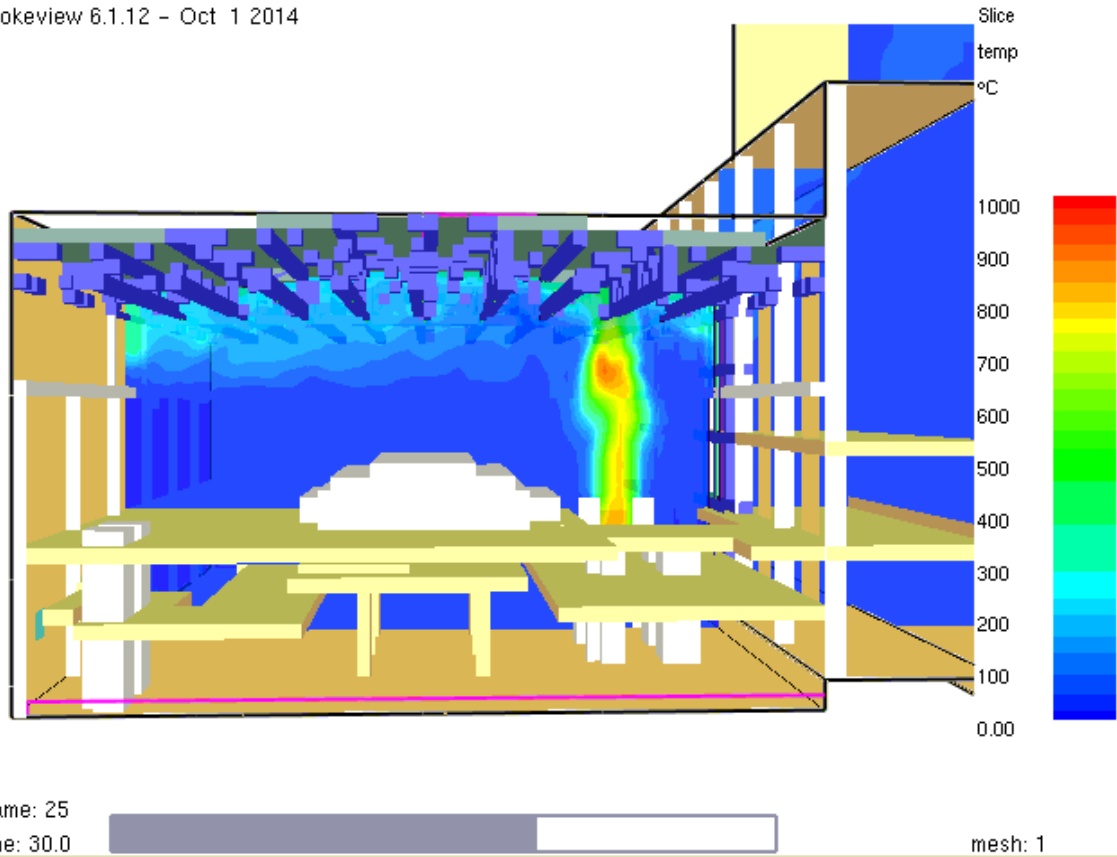


9.4.4. Визуализация данных

Температура

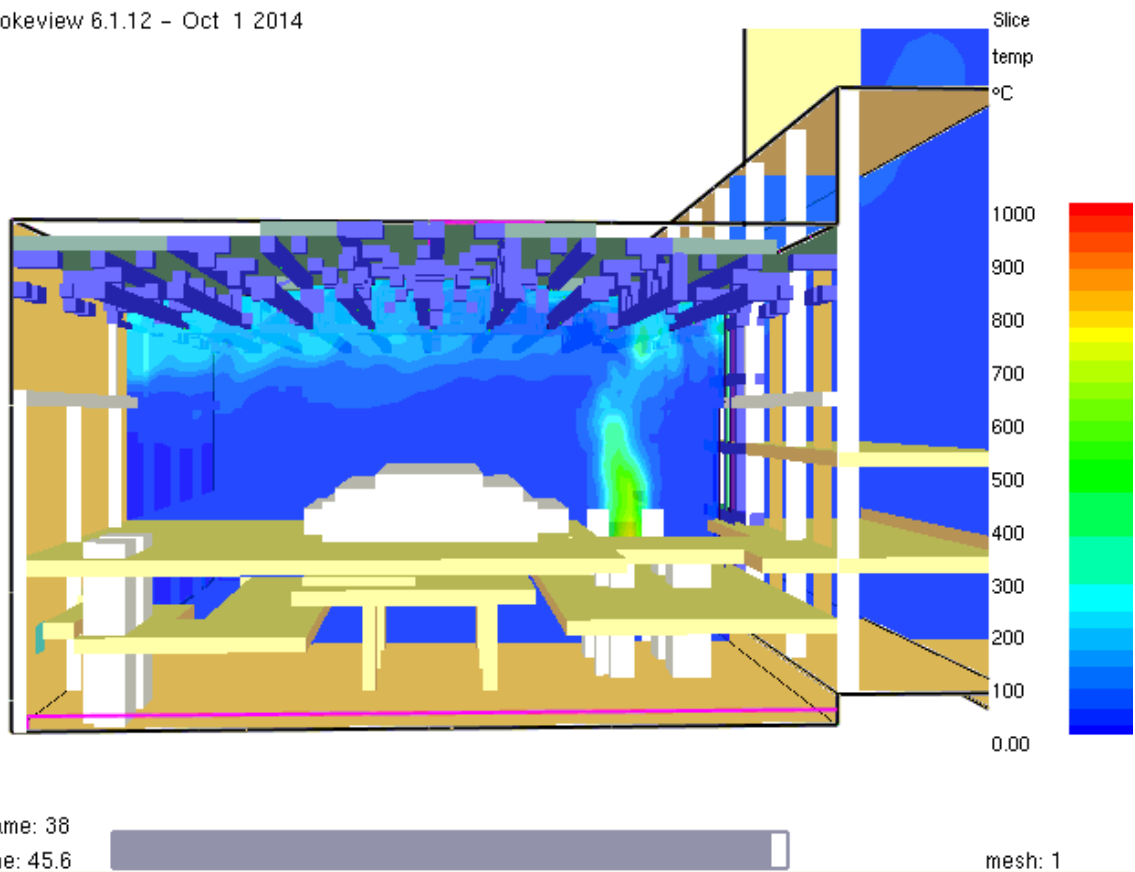
Через 30 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



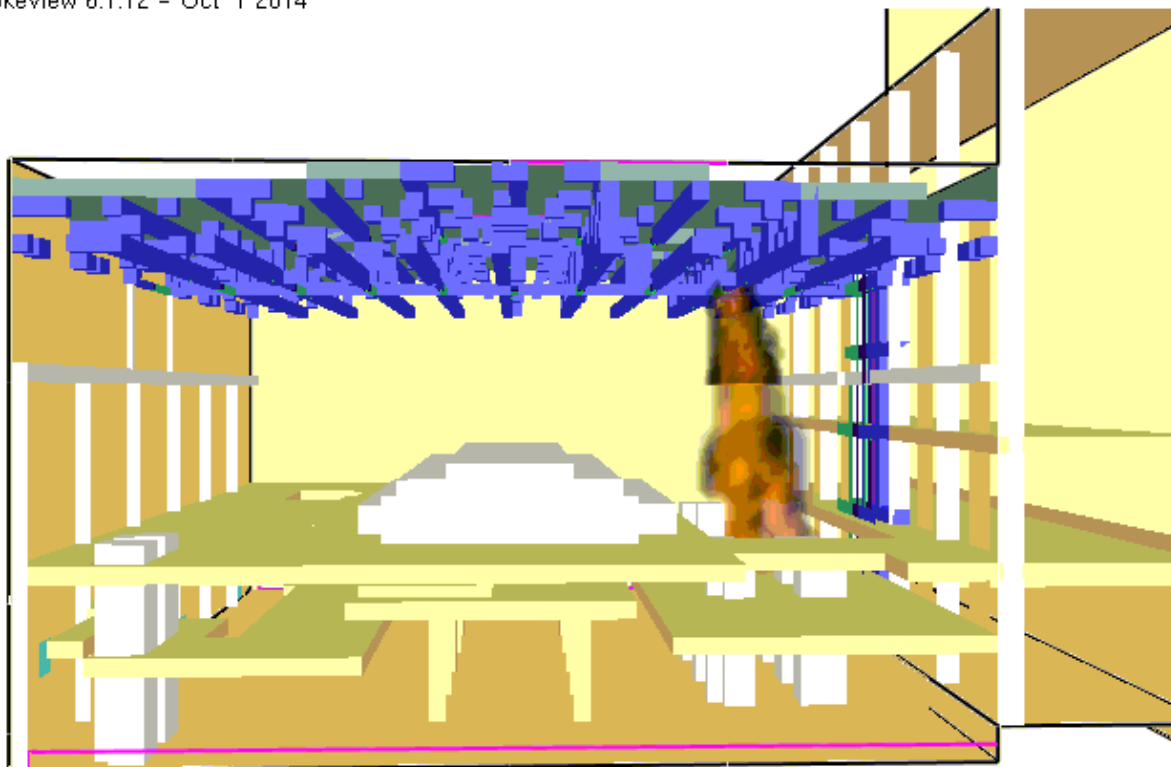
Через 45 секунд после начала пожара

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Скорость тепловыделения Через 30 секунд после начала пожара

Smokeyview 6.1.12 - Oct 1 2014



>40 (kW/m3)

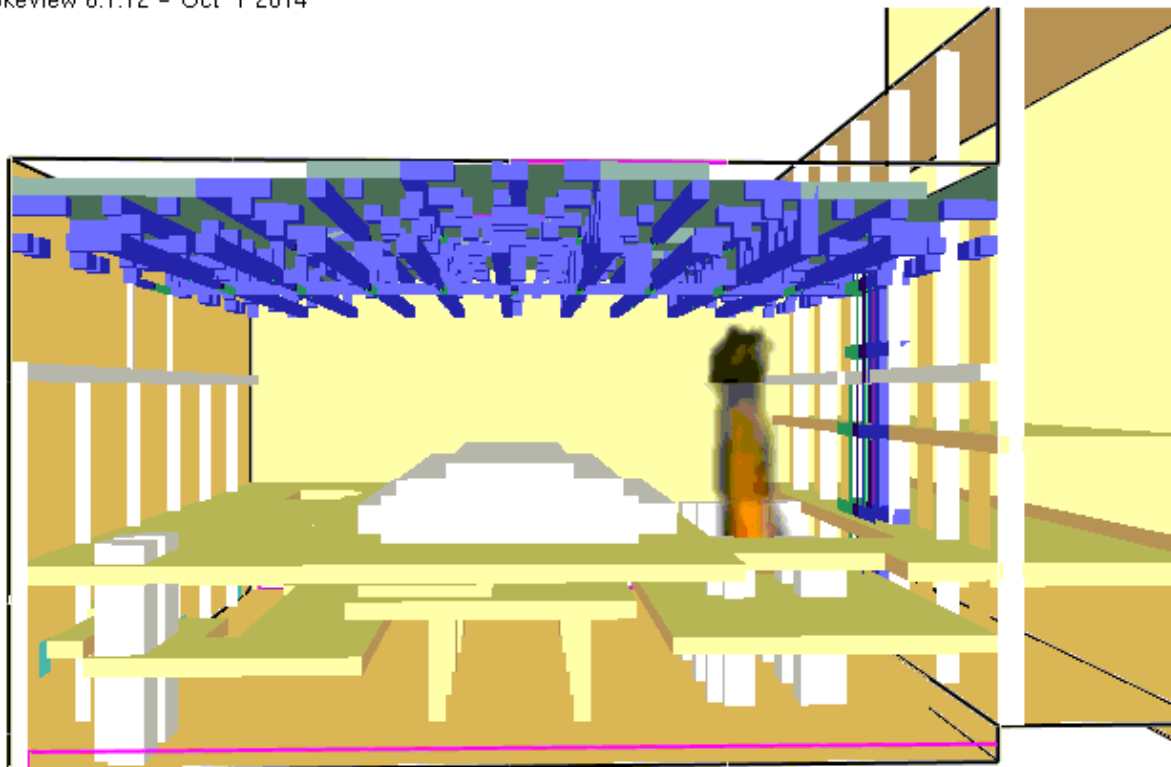
Frame: 30

Time: 36.0

mesh: 1

Через 45 секунд после начала пожара

Smokeyview 6.1.12 - Oct 1 2014



>40 (kW/m3)

Frame: 38

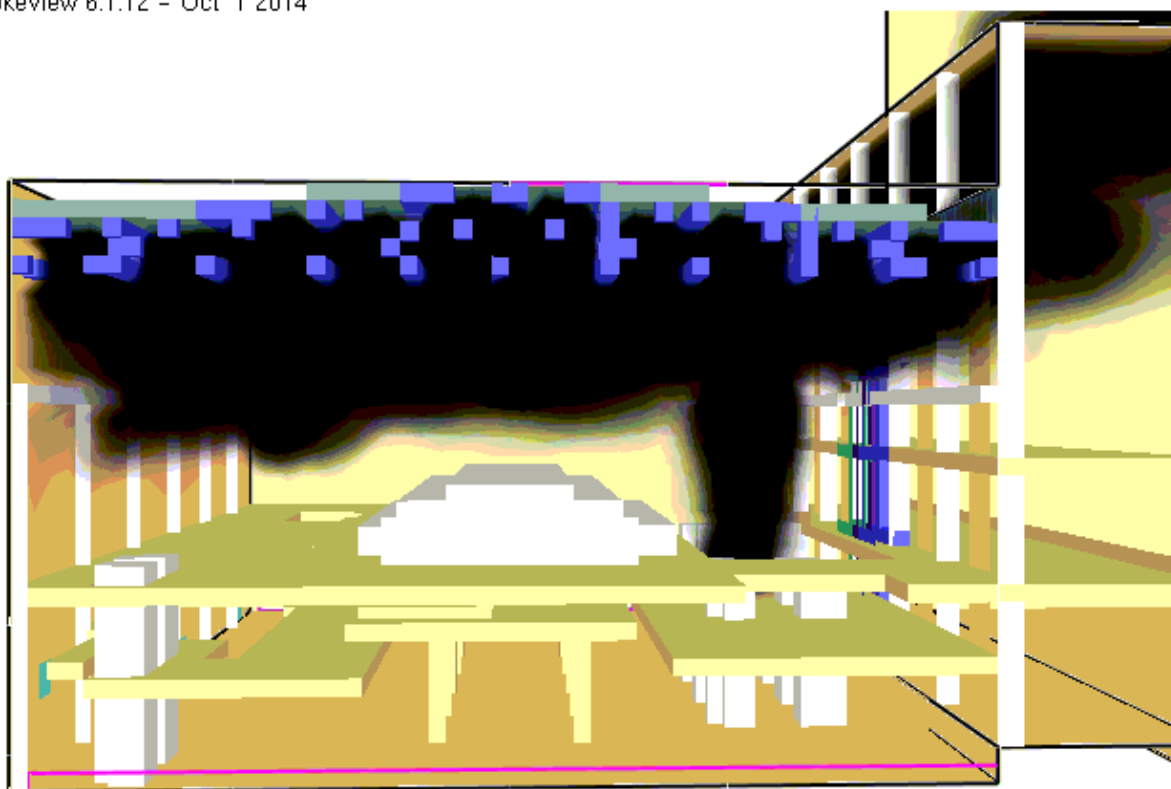
Time: 45.6

mesh: 1

Задымление

Через 30 секунд после начала пожара

Smokeyview 6.1.12 - Oct 1 2014



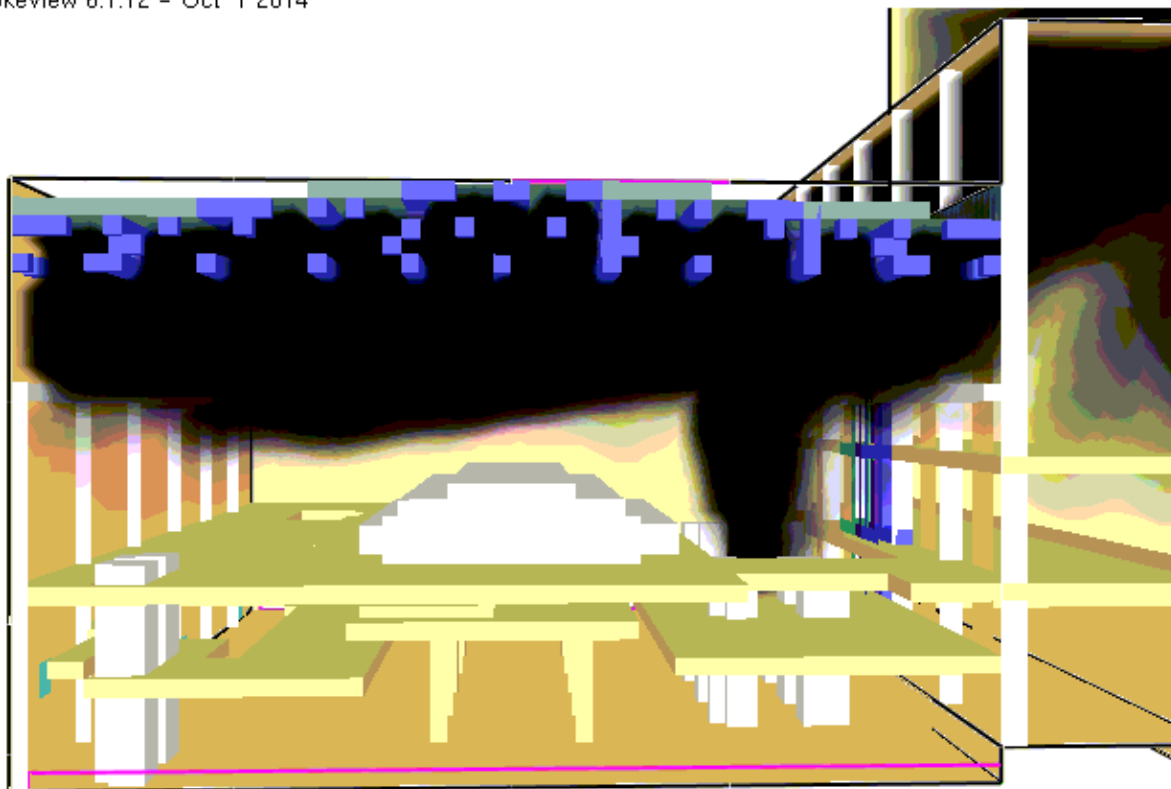
Frame: 25

Time: 30.0

mesh: 1

Через 45 секунд после начала пожара

Smokeyview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 38

Time: 45.6

mesh: 1

10. Список литературы

1. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model / NIST Special Publication 1018-1. Sixth Edition.– 2015.
2. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Volume 3: Validation / NIST Special Publication 1018-3. Sixth Edition.– 2015.
3. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000.– 118 с.
4. Шаталин С.С. Особенности термоллиза поливинилового спирта в огнезащитных композициях / Дисс. ... канд. техн. наук 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов. – С-Пб, 2015.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. №404 с изм. приказ МЧС России от 14.12.2010 г. №649.
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной безопасности, утв. приказом МЧС России от 30.06.2009 №382.
7. А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с.
8. А.Я. Корольченко, Д.Я. Корольченко. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
9. Кректулева Р.А., Черепанов О.И., Черепанов Р.О. Численное моделирование термомеханических процессов в зоне сварного шва плакированных сталей на стадии остывания / Физическая мезомеханика.– №3(15).– 2012.– С.71-78.
10. Ю.Н. Шебеко, И.М. Смолин, И.С. Молчадский, Н.Л. Полетаев, С.В. Зотов, В.А. Колосов, В.Л. Малкин, Е.В. Смирнов, Д.М. Гордиенко. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации.