Богданов Алексей Валентинович

Заместитель генерального директора Государственного Эрмитажа

кандидат технических наук

доцент кафедры Пожарная безопасность зданий и автоматизированных систем пожаротушения

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Университет ГПС МЧС России

Эвакуация посетителей из зданий с массовым пребывание людей. Теория и практика

Нормативные документы

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. СП 1.13130.2020 Свод правил Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
3. «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности», утв. приказом МЧС России от 30.06.2009 N 382.

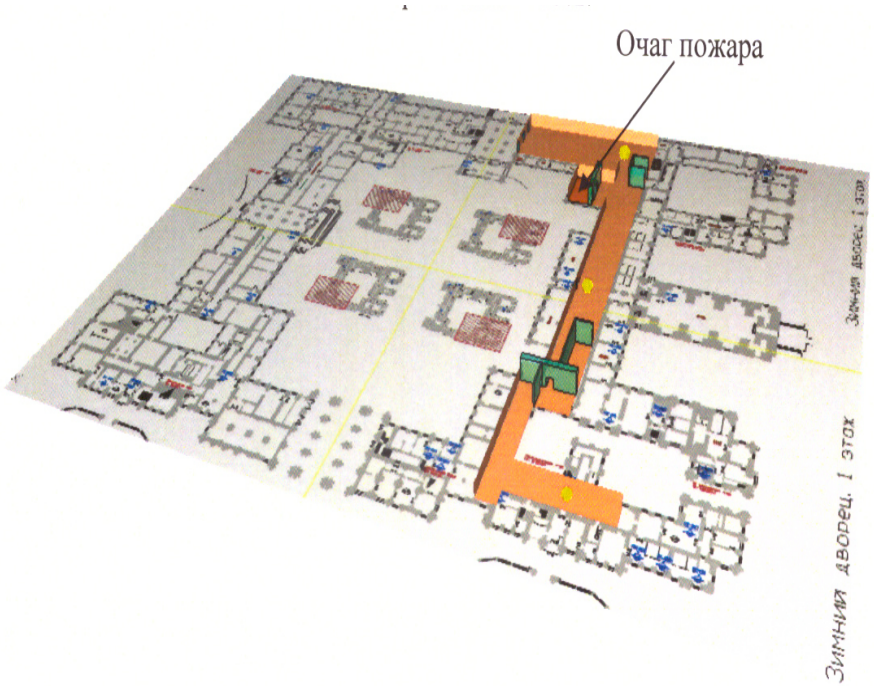
Характеристика здания Зимнего дворца

- Года постройки здания после пожара: 1839
- Степень огнестойкости: II
- Класс конструктивной пожарной опасности: С0
- Класс функциональной пожарной опасности: Ф2.2. Имеются помещения Ф3.1; Ф5.1; Ф5.2; Ф4.3
- Пожарный отсек: один, площадью 22192 м^2
- Этажность: 3 - 5 этажей
- Лестничные марши: каменные плиты по металлическим косоурам
- Количество входов (выходов):
  - ➢ Основных для посетителей – 3
  - ➢ Эвакуационных выходов из здания - 8
  - ➢ Входы в подвал – 12

- Противопожарная защита здания включает в себя:
  - ➢ Систему пожарной сигнализации
  - ➢ Систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре IV типа
  - ➢ Систему внутреннего противопожарного водопровода
  - ➢ Систему наружного противопожарного водопровода
  - ➢ Первичные средства пожаротушения
- Пути эвакуации оборудованы системой видеонаблюдения
- Численность: одновременно может находится до 2500 человек (согласно проведенному расчету индивидуального пожарного риска)

Аварийная ситуация №1

Пожар на 1-м этаже в помещении кафе (на 50 мест).



Результаты расчета времени предельно допустимых значений ОФП (по параметру «задымление»)

Эвакуационные выходы	Время достижения предельно допустимых значений ОФП ($t_{кр.}$), с					
	Температура	Задымление	Конц. O_2	Конц. CO_2	Конц. CO	Конц. HCL
Выход из Кафешенской лестницы	490	260	380	Более 600	570	260
Выход из Иорданской лестницы и Главный вход	Более 600	390	Более 600	Более 600	Более 600	405
Выход во двор из галереи Растрелли	475	335	425	Более 600	Более 600	335
Выход из Комендантской лестницы и выход на Дворцовую площадь	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600

Результат расчета времени эвакуации людей и необходимого времени эвакуации с учетом времени до начала эвакуации

Выход (чел)	Время эвакуации, $t_р$, мин	Время до начало эвакуации $t_{нэ}$, мин	$t_{эв}=t_р+t_{нэ}$ мин	$t_{бл}/t_{бл}$ 0.8 мин	Выполнение условий: $t_{бл}$ $t_{бл}$ 0,8
Эвакуация людей с 1-го этажа					
Главный вход (200 чел)	1,29	1,0	2,29	6,5/5,2	Выполняется
Выход во двор (1-й этаж-150 чел. +3-й этаж 40 чел)	2,90	1,0	3,90	5,6/4,5	Выполняется
Выход на Дворцовую площадь (200 чел)	1,50	1,0	2,50	10,0/8,0	Выполняется
Эвакуация людей со 2-го и 3го этажей					
Главный вход по Иорданской лестнице (200 чел)	3,85	1,0	4,85	6,5/5,2	Выполняется
Комендантский подъезд по Комендантской лестнице (200 чел)	2,74	1,0	3,74	10,0/8,0	Выполняется
Кафешенская лестница (40 чел)	1,23	1,0	2,23	4,3/3,5	Выполняется

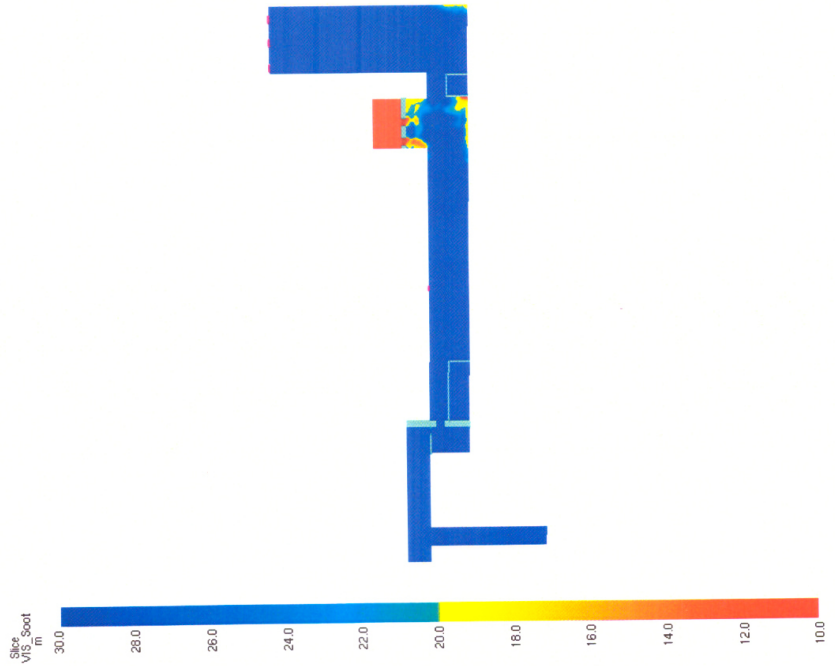
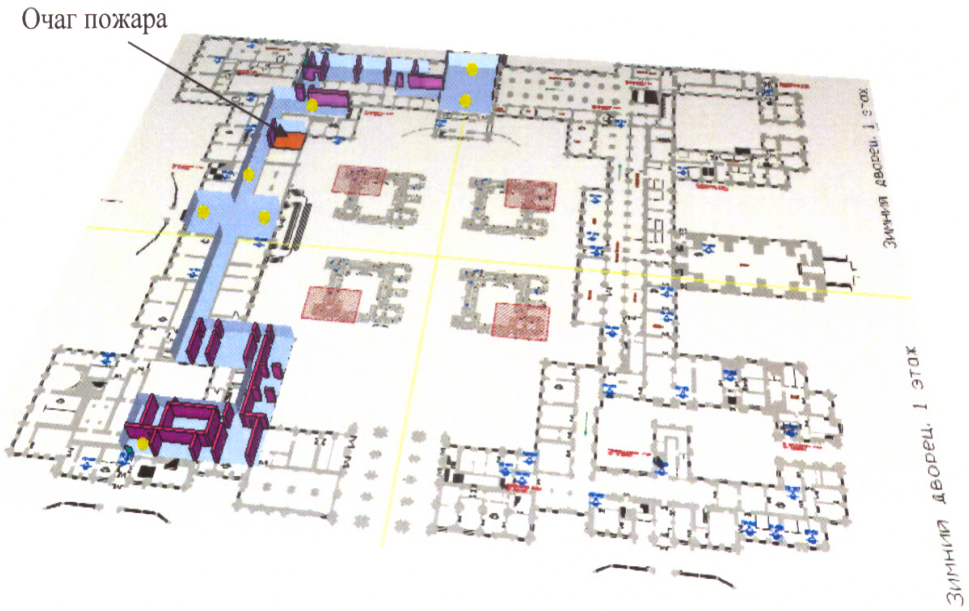


Рис. 4.3.2 – Распределение поля видимости в горизонтальном сечении 1-ого этажа здания Зимнего дворца на высоте 1,7 м от уровня пола через 260 с от момента возникновения пожара для аварийной ситуации №1

Аварийная ситуация №2

Пожар на 1-м этаже в библиотеке отдела Востока



Результаты расчета времени предельно допустимых значений ОФП
(по параметру «задымление»)

Эвакуационные выходы	Время достижения предельно допустимых значений ОФП ($t_{кр.}$), с					
	Темпера-тура	Задым-ление	Конц. O_2	Конц. CO_2	Конц. CO	Конц. HCL
Главный вход	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600
Выход из Церковной лестницы	Более 600	280	455	Более 600	455	395
Выход из Салтыковской лестницы	Более 600	370	600	Более 600	550	375
Выход с Салтыковского подъезда на Дворцовый проезд и во двор	Более 600	380	575	Более 600	530	380
Выход из Октябрьской лестницы и выход на Дворцовую площадь	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600	Более 600

Результат расчета времени эвакуации людей и необходимого времени эвакуации с учетом времени до начала эвакуации

Выход (чел)	Время эвакуации, $t_р$, мин	Время до начало эвакуации $t_{нэ}$, мин	$t_{эв}=t_р+t_{нэ}$ мин	$t_{бл}/t_{бл}$ 0.8 мин	Выполнение условий: $t_{бл}$ $t_{бл}$ 0,8
Эвакуация людей с 1-го этажа					
Главный вход (200 чел)	1,89	1,0	2,89	10,0/8,0	Выполняется
Выход во двор (150 чел.)	1,41	1,0	2,41	6,3/5,1	Выполняется
Выход на Дворцовую площадь (200 чел)	1,53	1,0	2,53	10,0/8,0	Выполняется
Эвакуация людей со 2-го и 3го этажей					
Выход из Церковной лестнице (250 чел)	3,81	1,0	4,81	10,0/8,0	Выполняется
Главный вход (250 чел)	3,81	1,0	4,81	10,0/8,0	Выполняется
Выход во двор по Салтыковской лестнице (250 чел)	3,27	1,0	4,27	6,2/4,9	Выполняется
Выход на Дворцовую площадь по Октябрьской лестнице (200 чел)	4,46	1,0	5,46	10,0/8,0	Выполняется

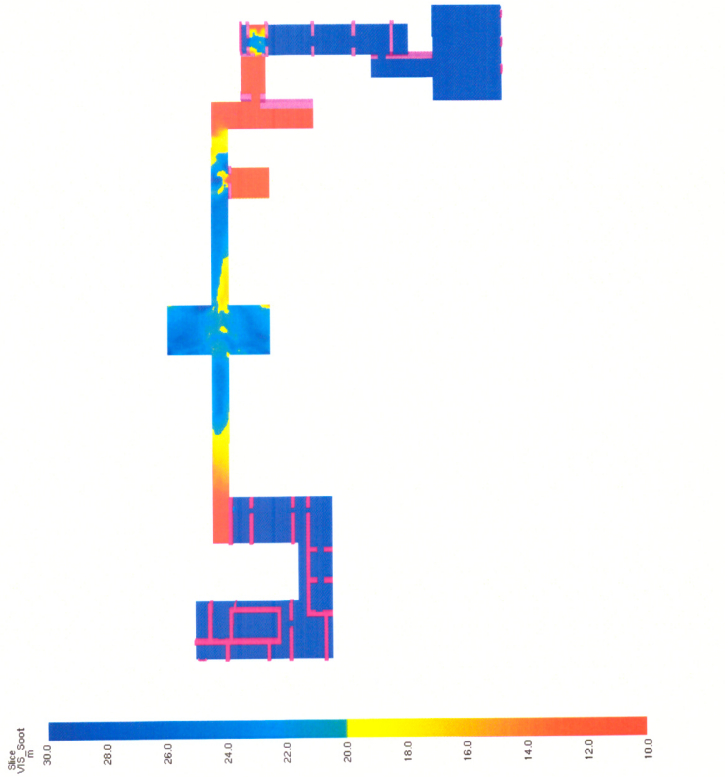


Рис. 4.3.4 – Распределение поля видимости в горизонтальном сечении 1-ого этажа здания Зимнего дворца на высоте 1,7 м от уровня пола через 370 с от момента возникновения пожара для аварийной ситуации №2

Тренировка по эвакуации

05 апреля 2018 года впервые проведена учебная эвакуация персонала и посетителей из здания.

К моменту срабатывания системы оповещения в Зимнем дворце в музее находилось 1 800 посетителей.

Одна из поставленных целей – проверить реальное время эвакуации.

Отрабатывались вопросы:

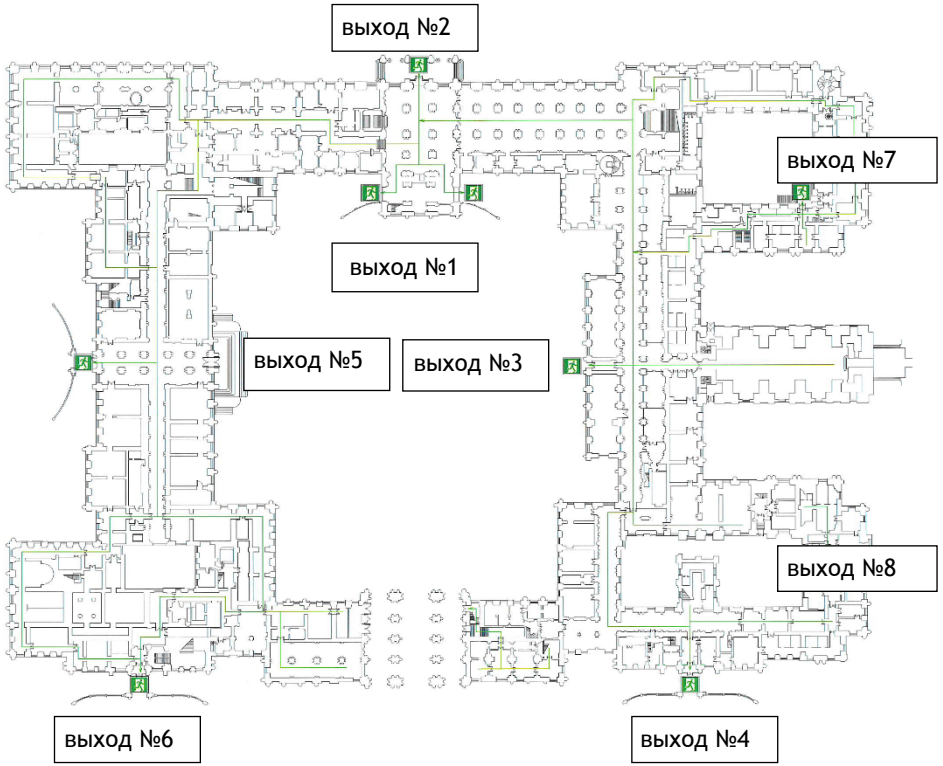
- ✓ Взаимодействие дежурных служб и сотрудников музея с сотрудниками МЧС и Росгвардии.
- ✓ Организация спасения и эвакуации людей.
- ✓ Обеспечение сохранности материальных и культурных ценностей.
- ✓ Состояние систем противопожарной защиты.
- ✓ Укомплектованность первичными средствами пожаротушения и средствами оказания первой медицинской помощи.

Тренировка по эвакуации

Полученные практические результаты

Результат замеров времени эвакуации у эвакуационных выходов по последнему посетителю

Эвакуационный выход	Время эвакуации, мин	Количество эвакуированных людей
1	6.00	**580**
2	4.01	**325**
3	6.10	**124**
4	6.37	**223**
5	3.03	**40**
6	2.30	**118**
Итого:		**1410**



Остальные посетители (390 человек) до срабатывания системы оповещения перешли в другие здания музея.

В связи с внесением изменений в разработанные ранее СТУ в 2019 году проведен новый расчёт пожарного риска.

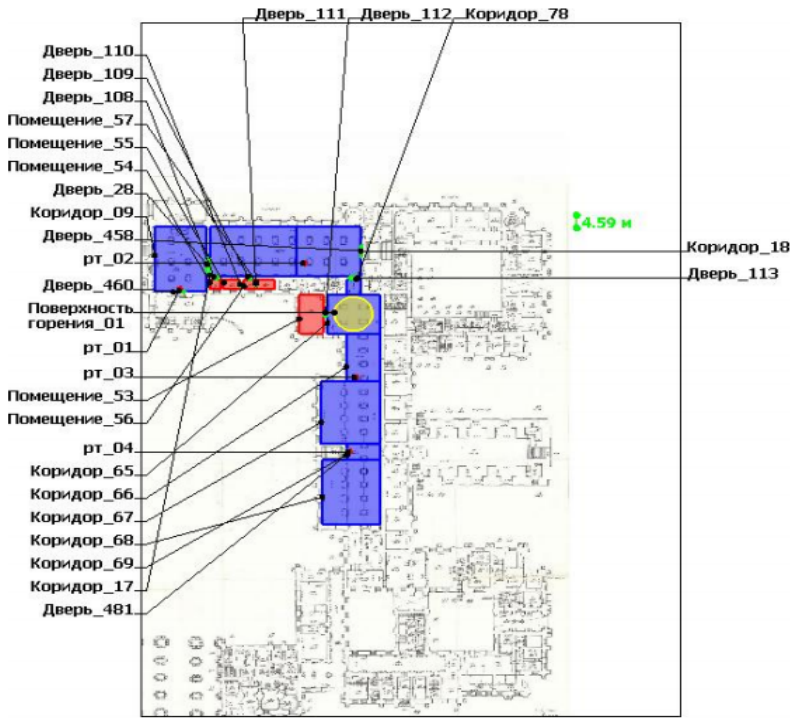
В качестве основных факторов, осложняющих обстановку при пожаре, были приняты следующие факторы:

- максимальная протяженность эвакуационного пути;
- максимальное количество людей в помещении;
- блокирование очагом пожара одного из выходов здания

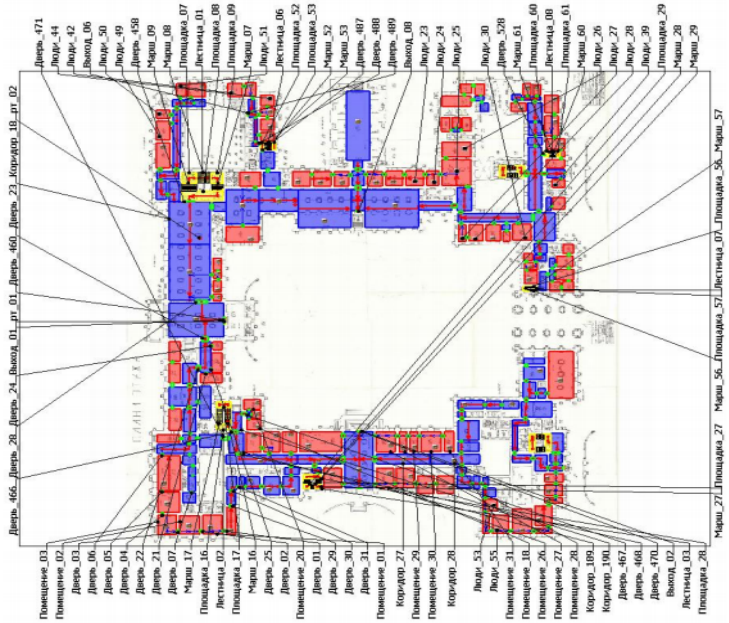
Сценарий 1. Пожар произошел на 1-м этаже, в помещении № 65 (выставочный зал музея галерея Растрелли). В ходе развития пожара происходит выход продуктов горения в соседние помещения, блокирование выходов с этажа.

Вид модели

Этаж_01



Расчетная схема эвакуации. Этаж_01



Этаж_01.
Количество выходов на этаже: 7
Количество человек на этаже: 1253
Время движения к выходам:
- Выход_01 - 3,59 мин (677 чел.)
- Выход_08 - 2,91 мин (526 чел.)
- Выход_05 - 3,37 мин (182 чел.)
- Выход_06 - 2,10 мин (142 чел.)
- Выход_04 - 2,38 мин (280 чел.)
- Выход_03 - 2,13 мин (350 чел.)
- Выход_02 - 3,02 мин (333 чел.)

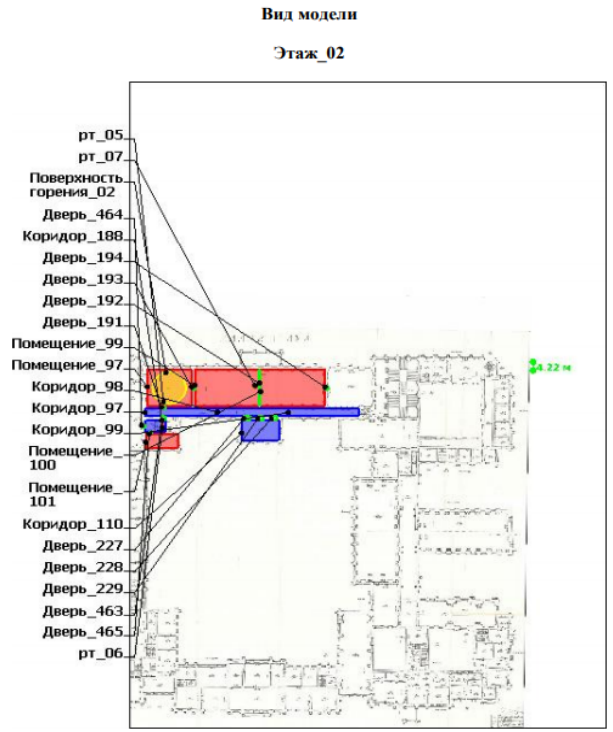
Максимальное время выхода с этажа: 3,59 мин (Выход_01)

Сводная таблица времени эвакуации

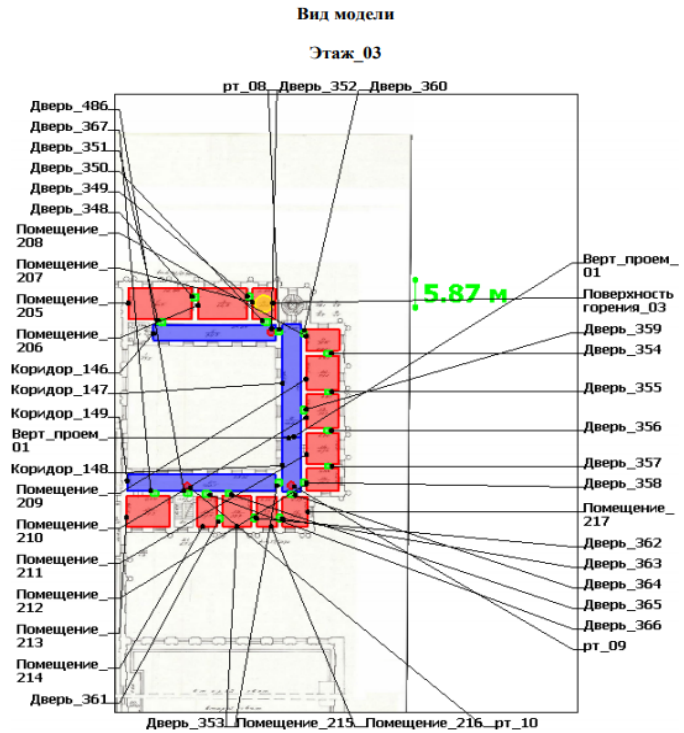
Время движения к выходу

Эвакуация	Выход_01	Выход_02	Выход_03	Выход_04	Выход_05	Выход_06	Выход_07	Выход_08
Сценарий_01	3,59 мин (677 чел.)	3,02 мин (333 чел.)	2,13 мин (350 чел.)	2,38 мин (280 чел.)	3,37 мин (182 чел.)	2,10 мин (142 чел.)	0,67 мин (10 чел.)	2,91 мин (526 чел.)

Сценарий 2. Пожар произошел на 2-м этаже, в помещении № 97 (выставочный зал музея №190). В ходе развития пожара происходит выход продуктов горения в соседние помещения, блокирование выходов с этажа.



Сценарий 3. Пожар произошел на 3-м этаже, в помещении № 207 (административное помещение). В ходе развития пожара происходит выход продуктов горения в соседние помещения, блокирование выходов с этажа.



Результаты расчета времени эвакуации людей и необходимого времени эвакуации с учетом времени до начала эвакуации

Авар. сит.	Время эвакуации, $\tau_р$, мин	Время до начало эвакуации, $\tau_{нэ}$, мин	$\tau_{эв} = \tau_р + \tau_{нэ}$, мин	$\tau_{бл}$ /$\tau_{бл}$ · 0.8, мин	Выполнение условия: $\tau_{эв} \leq \tau_{бл}$
№1 (расч. точка 1 - выход 1)	3,58	1,00	4,58	10,0/8,0	Выполняется
№1 (расч. точка 2 - выход 1)	2,97	1,00	3,97	8,02/6,41	Выполняется
№1 (расч. точка 3 - выход 8)	0,61	1,00	1,61	5,58/4,47	Выполняется
№1 (расч. точка 4 - выход 18)	2,91	1,00	3,91	7,9/6,32	Выполняется
№2 (расч. точка 5 - выход 2)	0,27	1,00	1,27	6,12/4,89	Выполняется
№2 (расч. точка 6 - выход 2)	1,16	1,00	2,16	7,93/6,35	Выполняется
№2 (расч. точка 7 - выход 1)	0,42	1,00	1,42	10,0/8,0	Выполняется
№3 (расч. точка 8 - выход 6)	0,52	1,00	1,52	4,95/3,96	Выполняется
№3 (расч. точка 9 - выход 6)	1,04	1,00	2,04	9,42/7,53	Выполняется
№3 (расч. точка 10 - выход 6)	1,29	1,00	2,29	10,0/8,0	Выполняется

Рэ=(349-0)/349·0,999=0,999

Эвакуация в случае тревоги из музея

Цель:

1) Обеспечение безопасной эвакуации
(в случае пожара люди эвакуируются раньше, чем ОФП достигают критических значений – ст.53 123-ФЗ, и не происходит скоплений с критической плотностью более 6 минут)

2) Обеспечение сохранности музейных экспонатов
(возможность проведения досмотровых процедур после окончания эвакуации – по возможности эвакуация внутрь периметра)

Проблемы (особенности):

1) Разнородный контингент
2) Посетители не знакомы с планировкой -> требуется управление -> требуется разработка инструкций для персонала
3) Специфическая планировка здания (коммуникационных путей), при проектировании не предназначенная под музей
4) Не однородное распределение посетителей по зданию
5) Непостоянный контингент посетителей

Эвакуация в случае тревоги из музея: компьютерное моделирование

Инструмент решения:

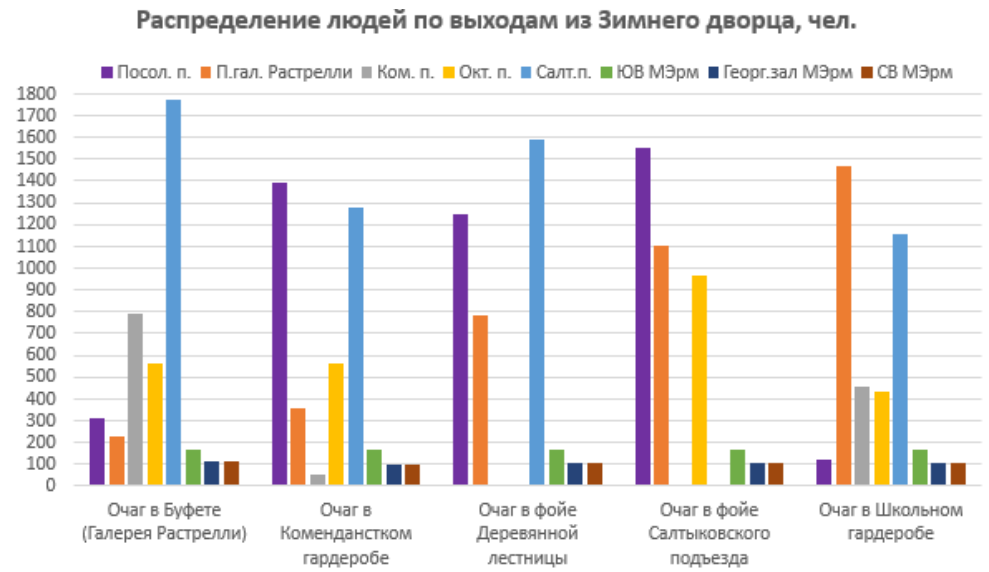
Компьютерное моделирование эвакуации при пожаре

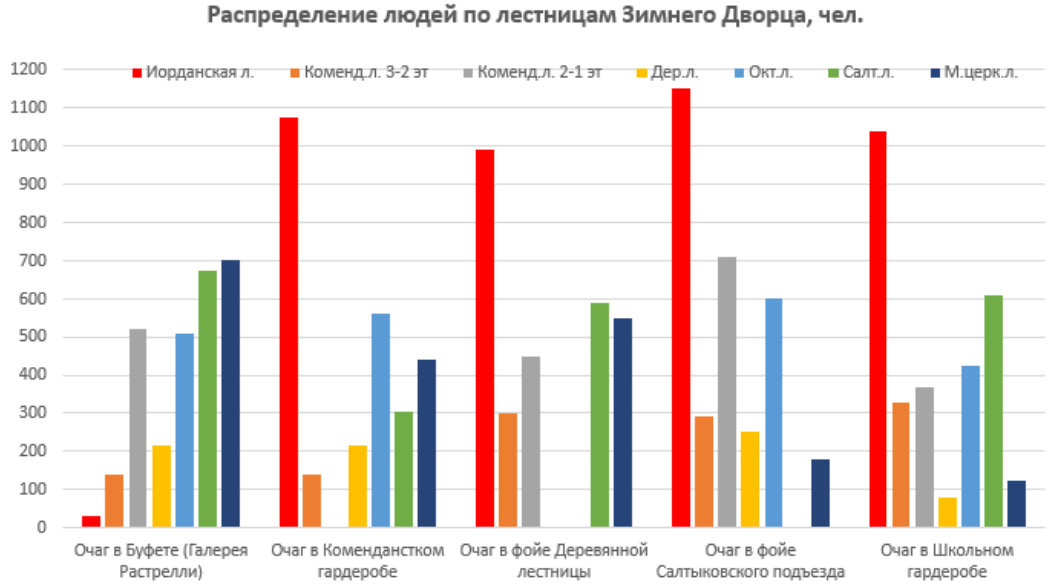
Результаты:

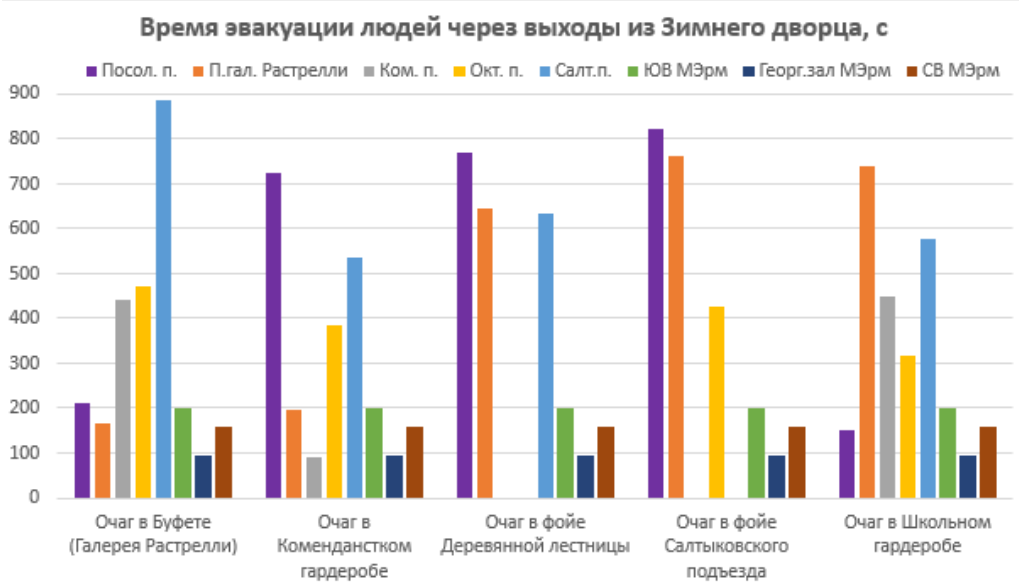
- Установлено максимальное число посетителей (4000), при котором обеспечиваются условия безопасной эвакуации
- Определены временные характеристики процесса эвакуации с учетом МГН
- Определено необходимое время эвакуации
- Установлены маршруты эвакуации, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей и сохранность музейных экспонатов при различных очагах пожара

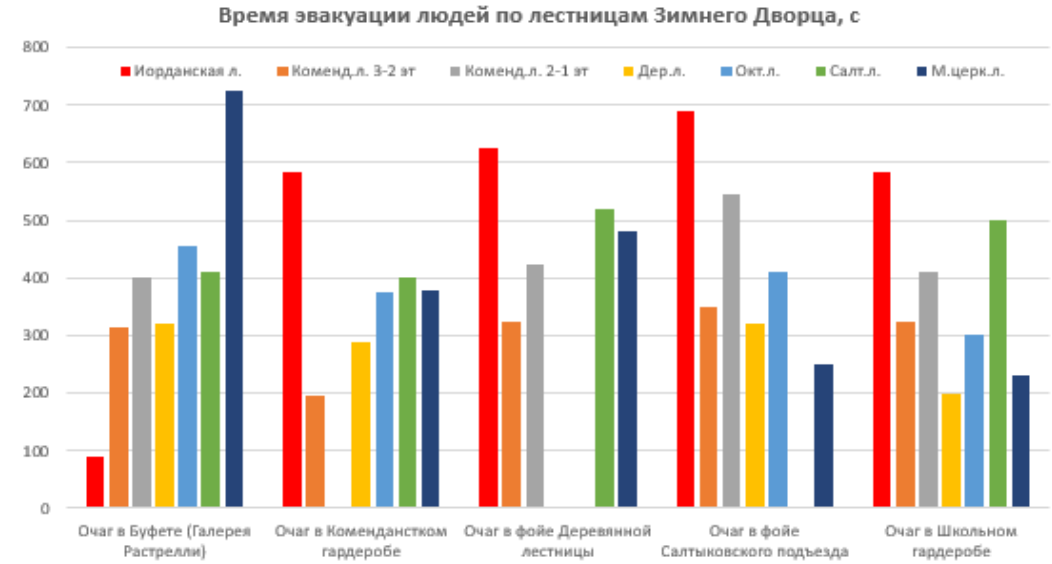
- Рассчитанные сценарии являются основой:
  - инструкций для персонала,
  - проведения тренировочных эвакуаций,
  - решения логистических задач штатного расписания Службы Безопасности музея

Цифровой портрет эвакуации из Зимнего дворца

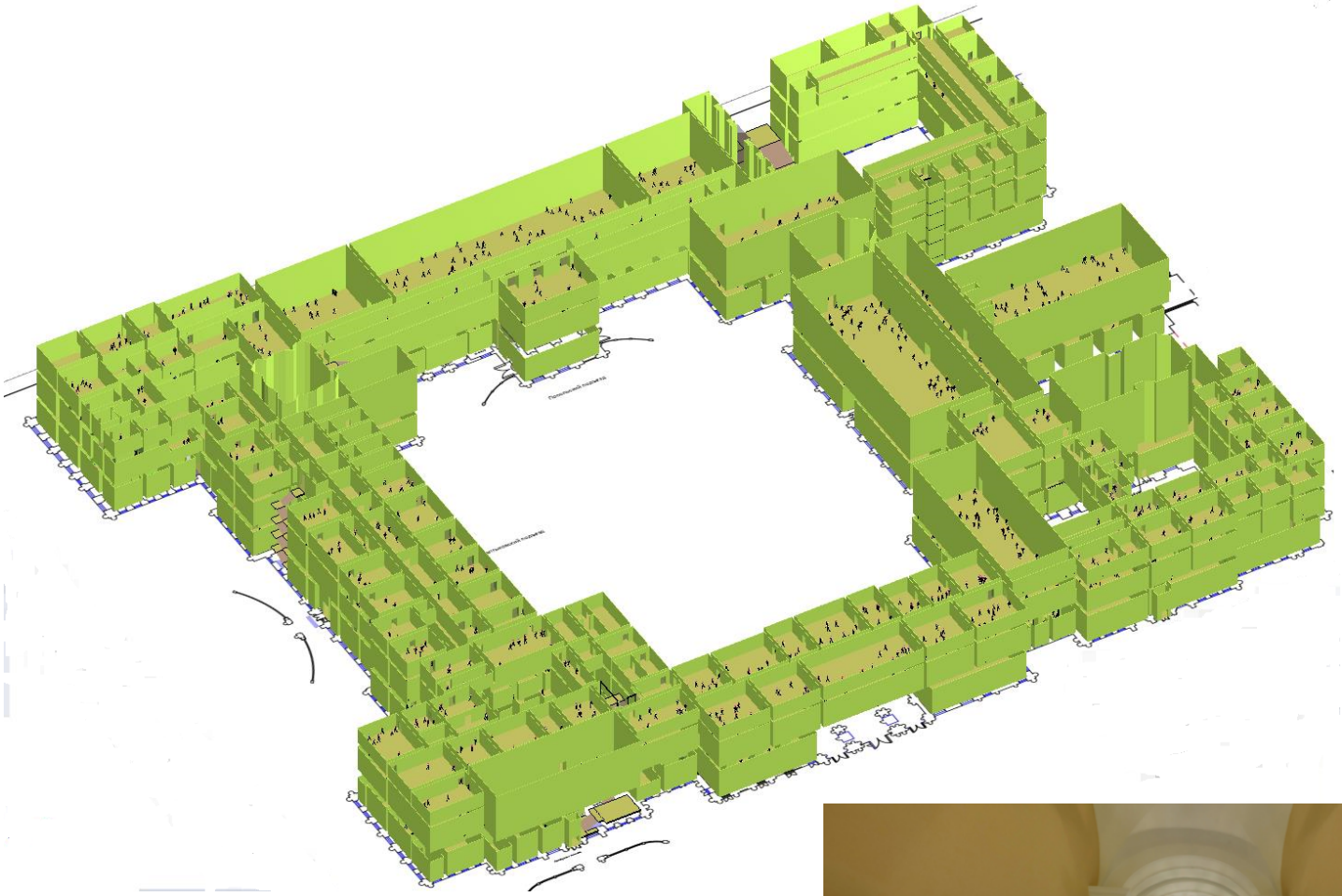


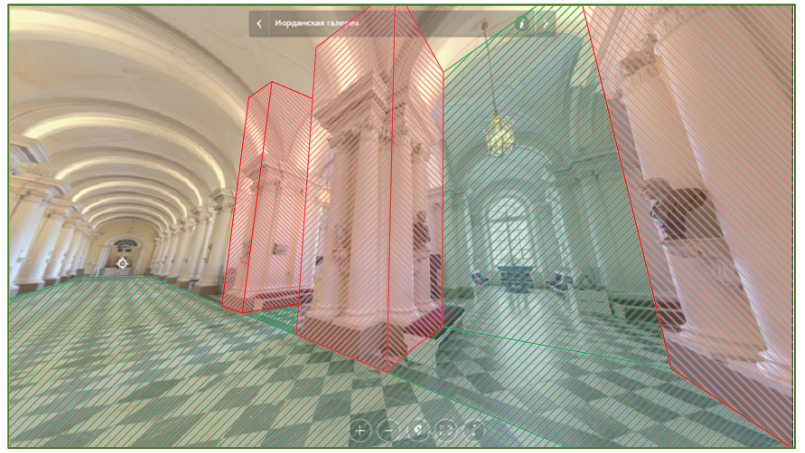




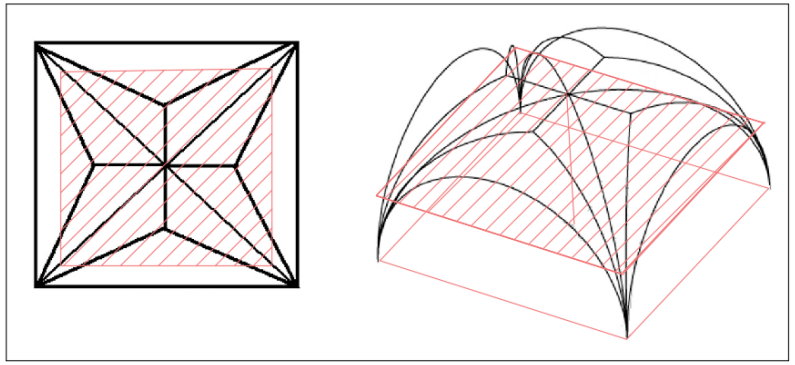


3D-модель здания Зимнего Дворца





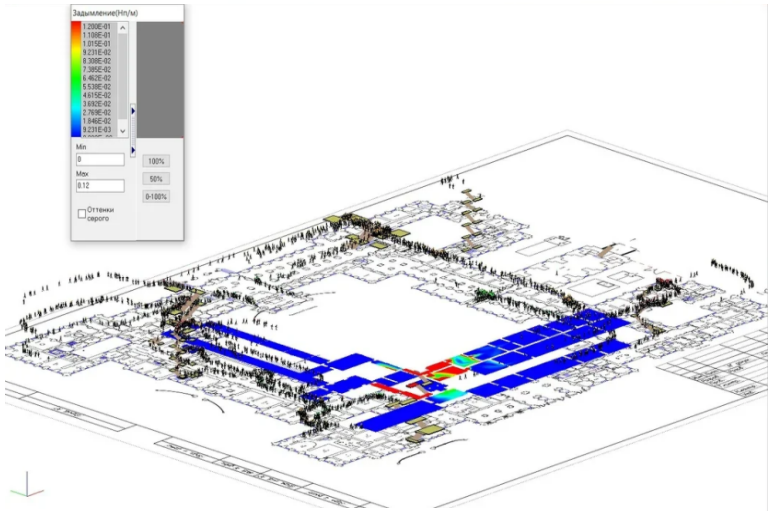
Принятые упрощения геометрических характеристик путей эвакуации, Иорданский зал



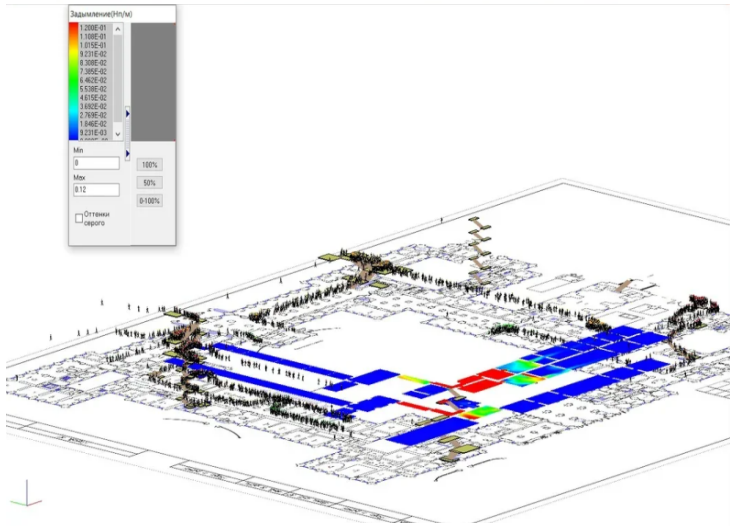
Секущая плоскость нервюры

Вычисление средней высоты помещения, Кутузовский коридор

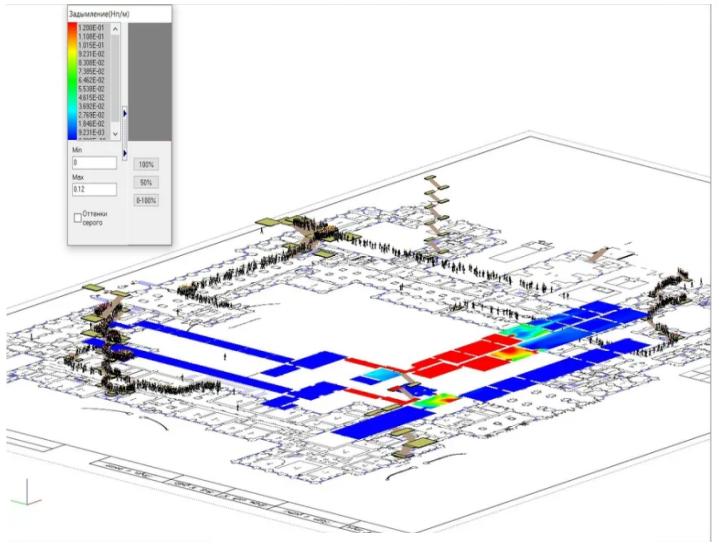
Динамика задымления этажей при пожаре и эвакуации (очаг - Деревянная лестница)



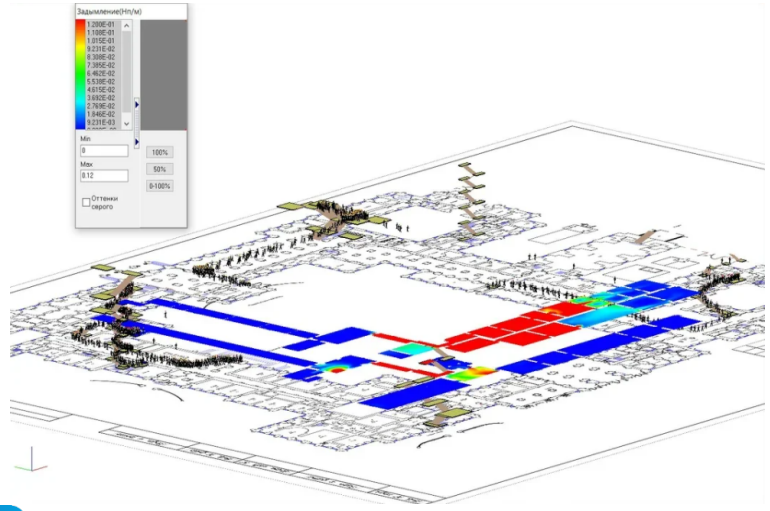
100 секунда (3317 человек)



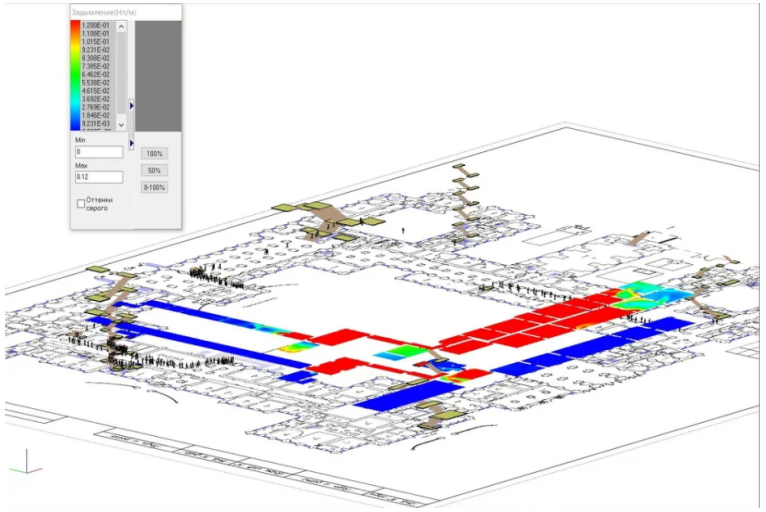
150 секунда (2809 человек)



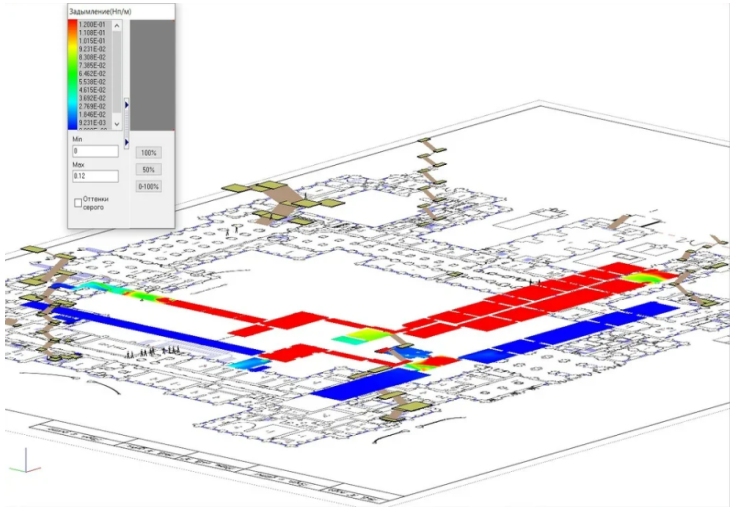
240 секунда (1682 человека)



300 секунда (1203 человека)



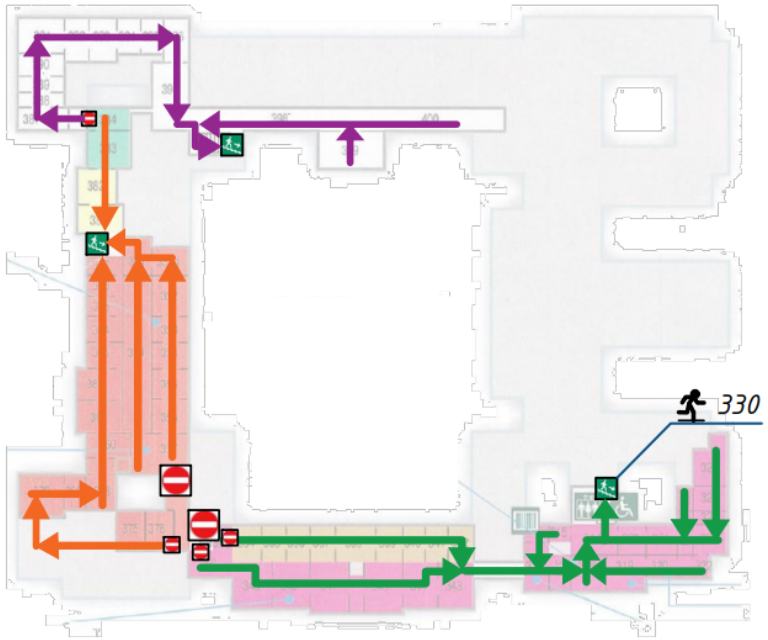
420 секунда (312 человек)



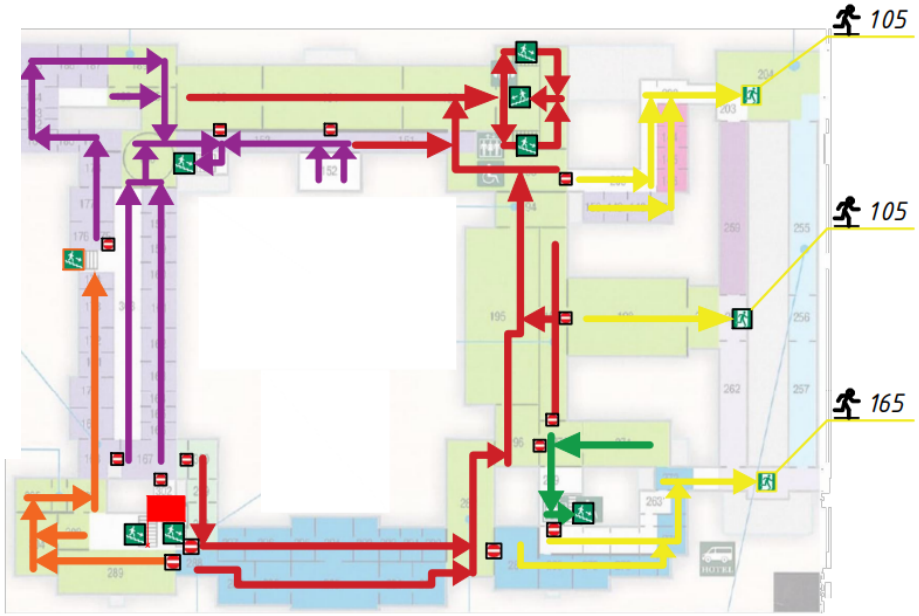
560 секунда (17 человек)

Пример подготовки схемы эвакуации для инструктирования персонала

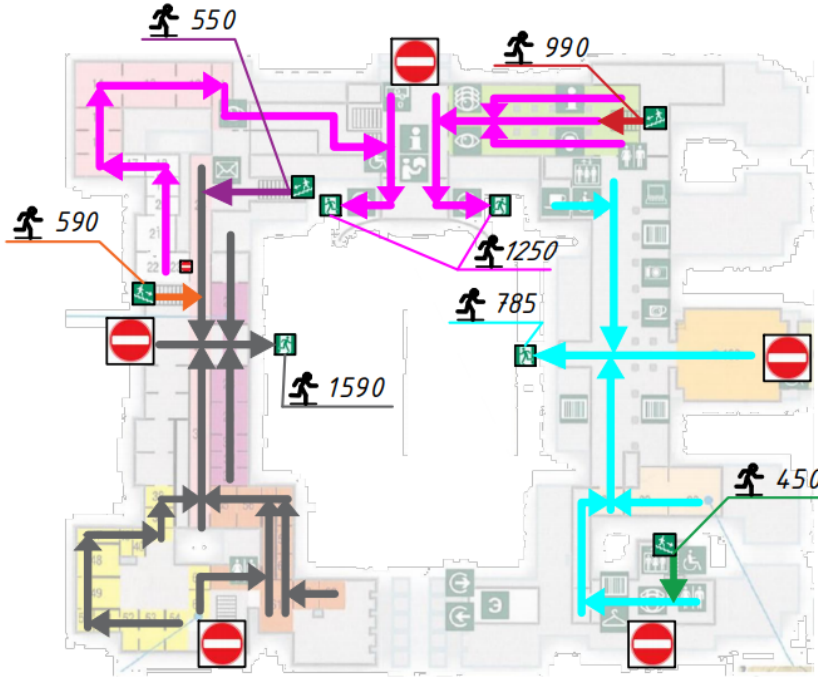
Очаг в фойе Деревянной лестницы на 2-м этаже



3 этаж



2 этаж



1 этаж