



Применение компьютерных симуляторов для обеспечения безопасности людей при ЧС на спортивных объектах массового пребывания.

Опыт решения задач безопасности объектов Универсиады 2019



Кирик Екатерина Сергеевна

кандидат физико-математических наук,

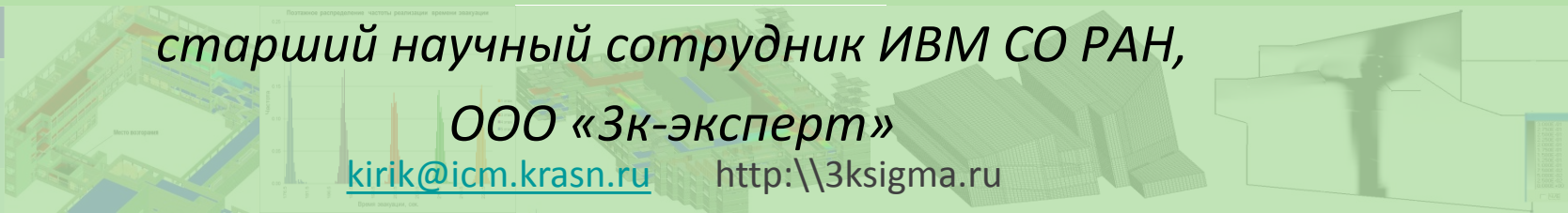
старший научный сотрудник ИВМ СО РАН,

ООО «3к-эксперт»

kirik@icm.krasn.ru

<http://3ksigma.ru>

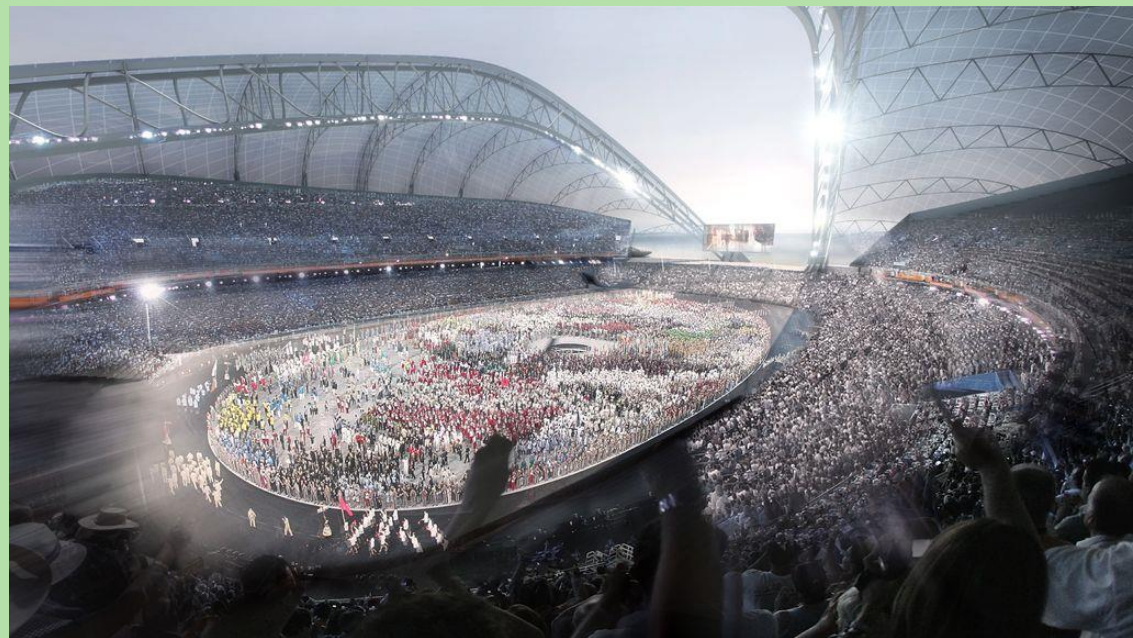
ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С ЖИЗНЬЮ		
ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НЧЛ	1,75-9	12



ОСОБЕННОСТИ

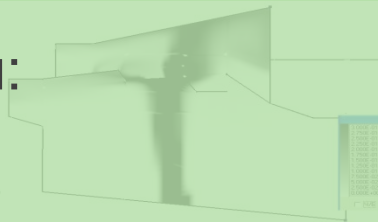
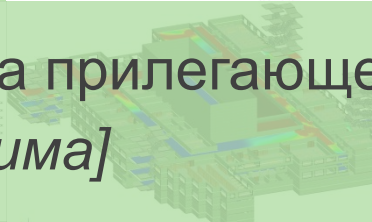
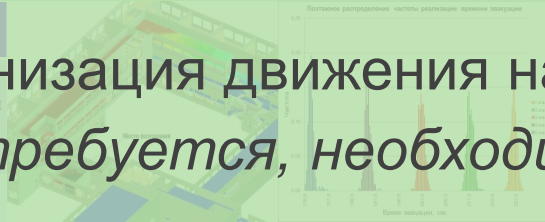
спортивных объектов массового пребывания с точки зрения обеспечения безопасности

- Численность:
[сотни, десятки тысяч]
людей в ограниченном пространстве;
- Информированность о планировке объекта:
[известен один выход, знакомый объект];
- Эмоциональный фон: *[нормальный, повышенный];*
- Контингент посетителей: *[впервые, постоянный];*
- Линейные размеры: *[десятки, сотни] метров;*
- Организация движения на прилегающей территории:
[не требуется, необходима]



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С

УЛИЦА
ВРЕМЯ
нахождения в
зоне, м
ОФП
HCL
1,75-9
12





Футбольный стадион

рассаживания по местам

Время нахождения в зоне, чел

Количество людей, попавших в зону, чел

Зона

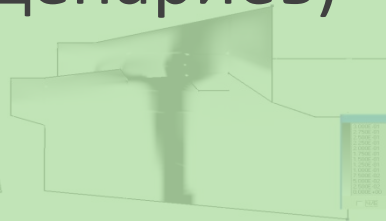
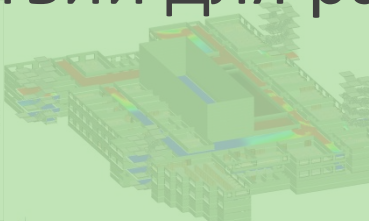
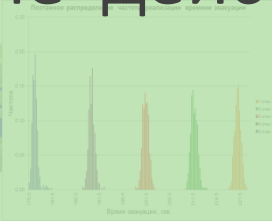
1.75-9 12

СУБЪЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ по обеспечению безопасности

- объемно-планировочные решения;
- техническое оснащение объектов;
- персонал объектов (обучение, подготовка);
- посетители объектов (информирование);
- службы, обеспечивающие безопасность (МЧС, ФСБ, МВД:
разработка мер по обеспечению безопасности,
планирование действий для различных сценариев)

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

ОФП	Время	Количество
	нахождения в зоне, сек	людей, попавших в зону, чел
НЧЛ	1,75-9	12



ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

как инструмент решения задач (пожарной) безопасности на объектах с массовым пребыванием

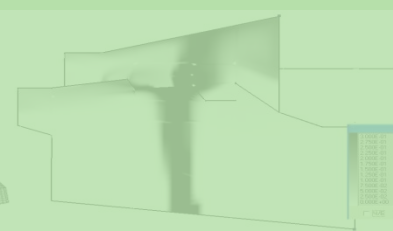
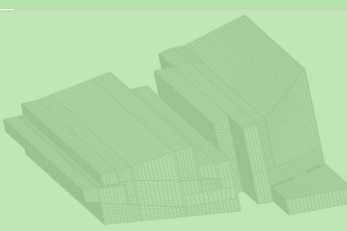
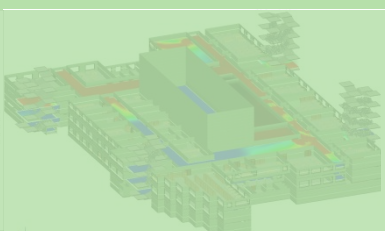
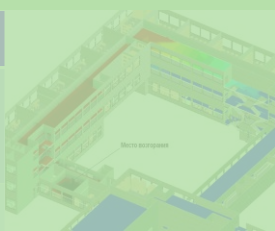
Способ оценивания возможных сценариев развития событий

- быстрый,
- дешевый,
- безопасный,
- единственный

Только с помощью вычислительного эксперимента можно проиграть опасные ситуации и найти примерные ответы на вопрос «А что, если...?» без риска нанести ущерб жизни и здоровью людей во время такой тренировки.

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

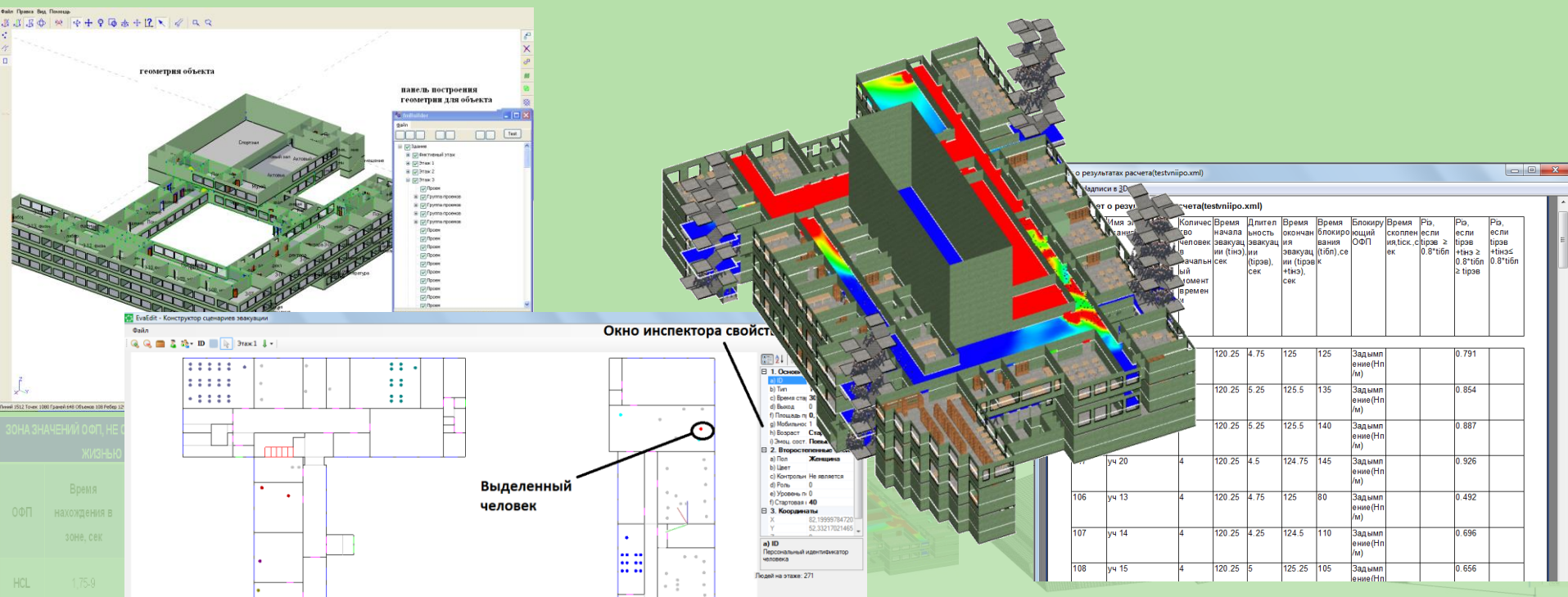
ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НЧЛ	1,75-9	12



Результаты применения компьютерного моделирования

1. **Анализ** проекта (существующего здания) на предмет **пожарной безопасности** (пути эвакуации, системы дымозащиты (вентиляции, дымоудаления, подпора воздуха) системы оповещения и управления эвакуацией), объемно-планировочное решение), подтверждение соответствия требованиям ПБ (через расчет пожарного риска).

Оптимизация стоимости проектного решения.



Результаты применения компьютерного моделирования

2. Виртуальный тренажер для подготовки персонала (на базе выполненных расчетов различных сценариев развития ЧС и эвакуации) организация эффективной подготовки персонала и волонтеров по управлению эвакуацией в условиях ЧС из здания (сооружения).

FENDER SCIENCE Sigma - [Выбор сценария]

Файл Сценарии Помощь

программе [X] Выбор сценария

бегежитие
 -- Размещение ОП
 -- Сценарии пожара
 -- Сценарии эвакуации
 -- Сценарии эвакуации при пожаре
 общеобразовательное учреждение
 -- Размещение ОП
 -- Сценарии пожара
 -- Сценарии эвакуации
 Сценарии эвакуации при пожаре

Геометрия ОЗ	Полная		Коридорная													
Размещение ОП	№1		№1						№2		№3					
Тип ПН	№2		№2						№4		№1		№3			
Площадь ПН	№1		№1						№2		№1		№1			
Состояние дверей	ДО		ДО		ППД+ДО		ЛДО		ДЗ		ДО		ДО		ДО	
Сигнализация	-		№1		№2		-		-		-		-		-	
Тушение	нет	нет	кв.	не кв.	кв.	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Номер сценария пожара	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Выходы из здания	В	В	В	В	В	В	В	-	В	В	В	Ц	В			
Время начала эвакуации	№2	№2	№3	№2	№2	№3	№3	№2	№3	-	№2	№2	№2	№2	№2	№2
Загроможденность путей эвакуации	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	-	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Размещение людей по зданию	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1
Номер сценария эвакуации	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7.1	7.2	-	9	10	11.1	11.2	12.1	12.2

Сценарии ЭВАКУАЦИИ при ПОЖАРЕ в общеобразовательном учреждении

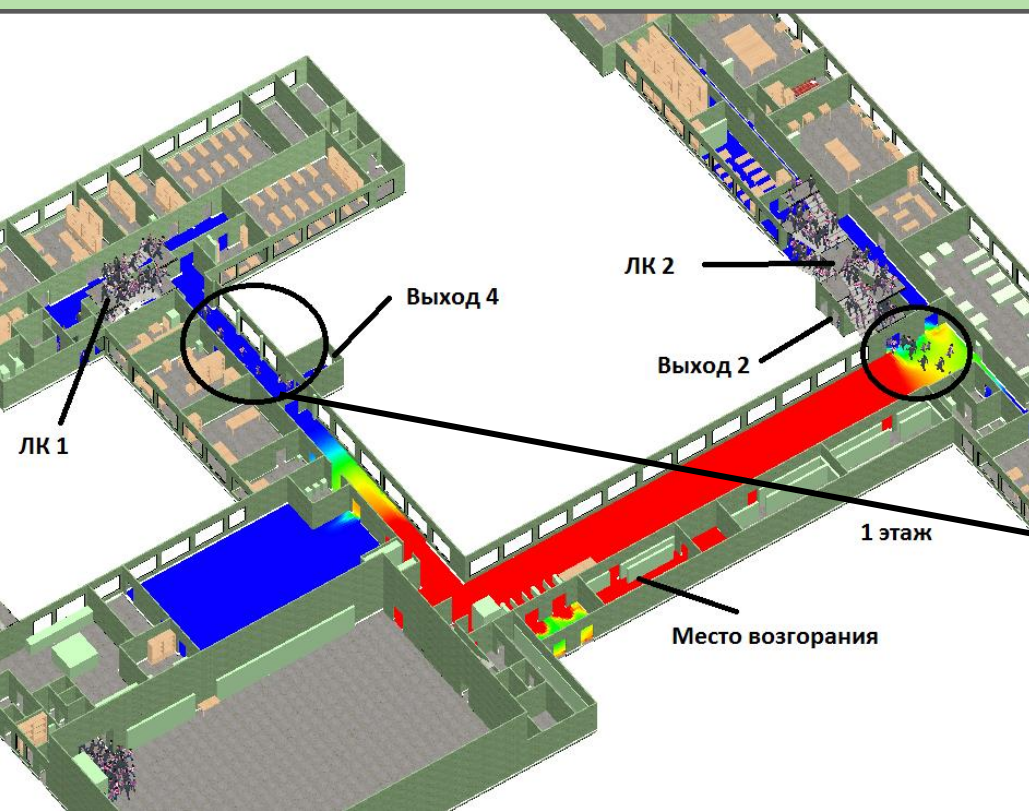
Позволяют оценить влияние рискообразующих факторов на распространение опасных факторов пожара (ОФП) и исход эвакуации.

Рискообразующие факторы: размещение ОП, тип ПН, площадь ПН, состояние внутренних дверей, тушение на начальной стадии, сработка сигнализации, использование выходов из здания, время начала эвакуации, загроможденность путей эвакуации.

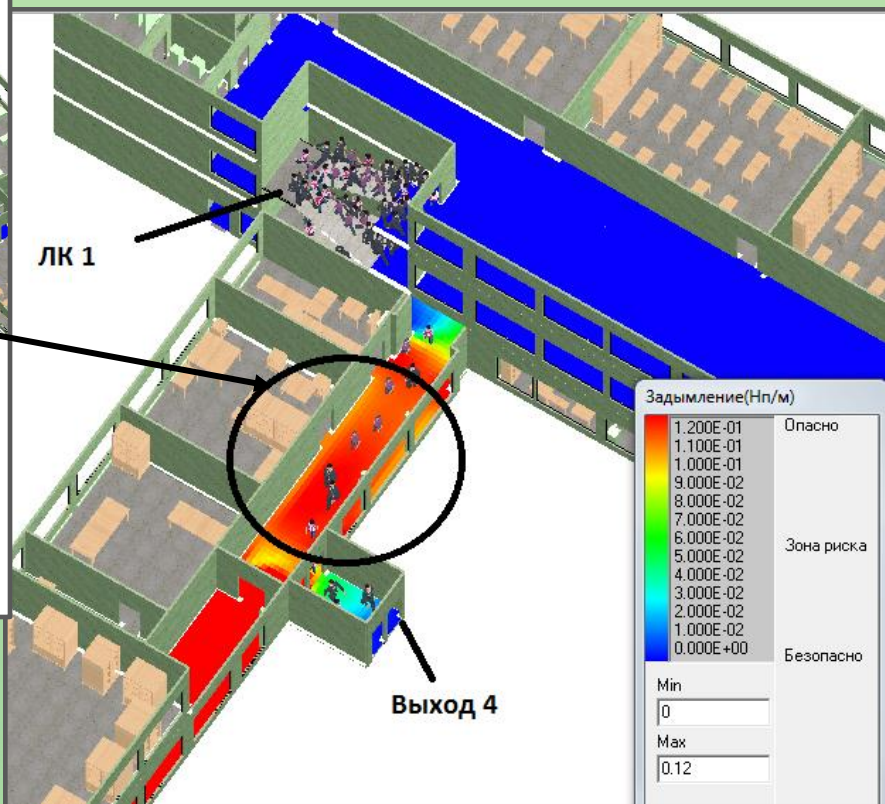
Сокращения: ОЗ – объект защиты; «полная» геометрия – в расчете предполагается, что ОФП распространяются во все помещения здания; «коридорная» геометрия принимается, что ОФП распространяется по путям эвакуации и помещениям, где располагается очаг пожара; ОП – очаг пожара; ПН – пожарная нагрузка; ДО – двери

Пример: влияние задержки начала эвакуации

$T_{нэ}=120$ секунд



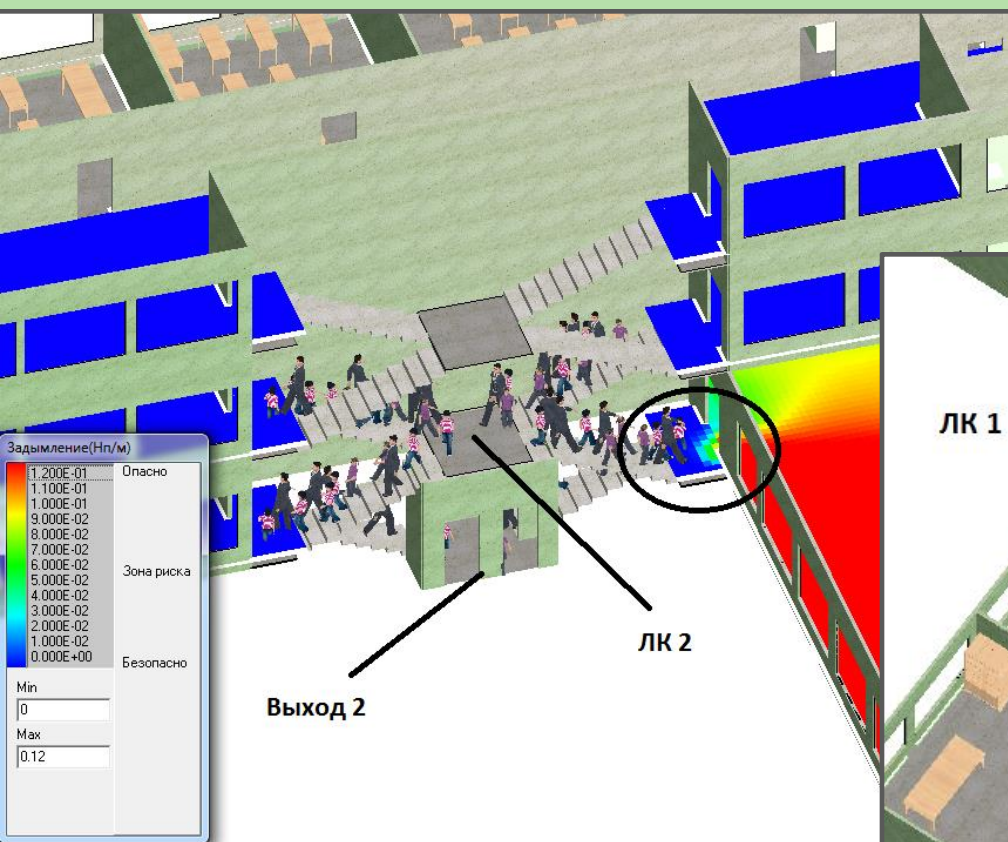
142 секунда



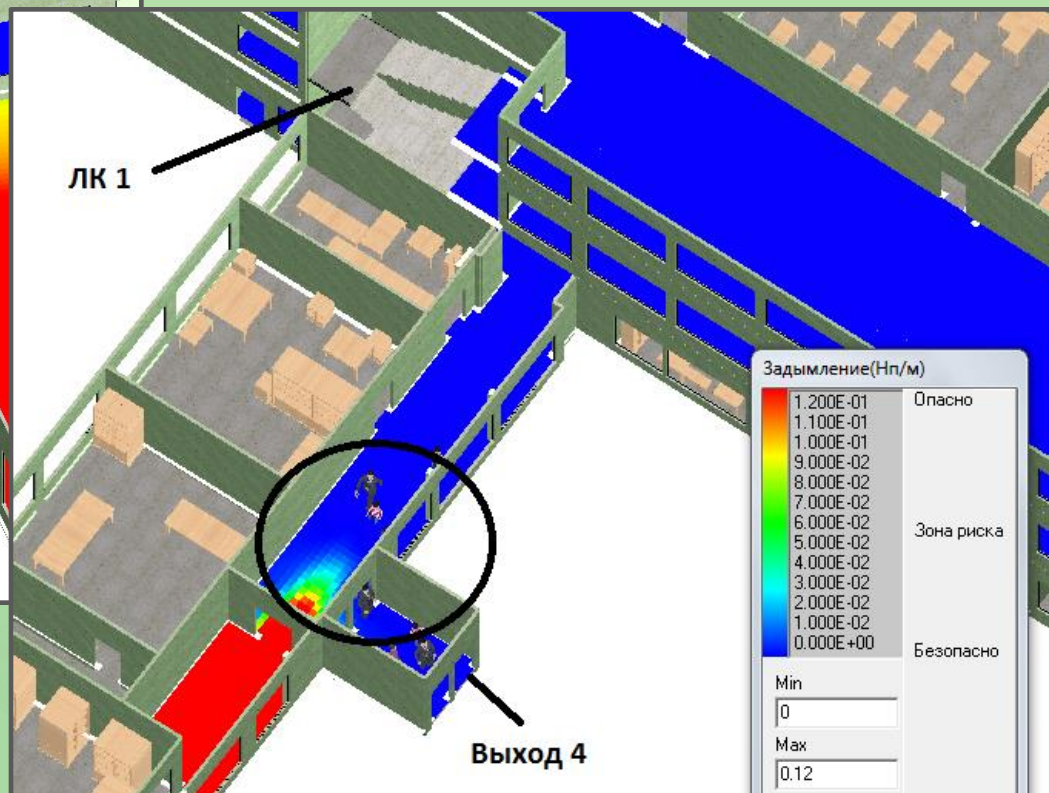
215 секунда

Пример: влияние задержки начала эвакуации

$T_{нэ}=30$ секунд



142 секунда



165 секунда

Пример: влияние задержки начала эвакуации

**Задержка начала
эвакуации,**

сек

120

30

**Количество человек в
зоне риска,**

чел.

~ 100

~ 20

**Длительность
пребывания в зоне
риска,**

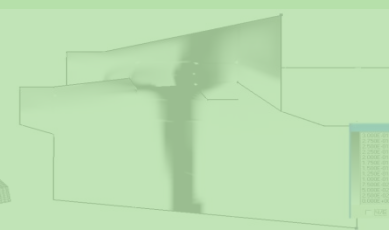
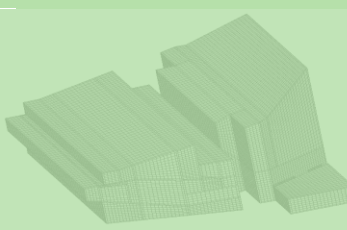
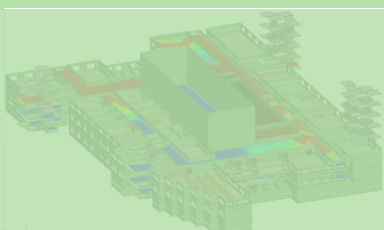
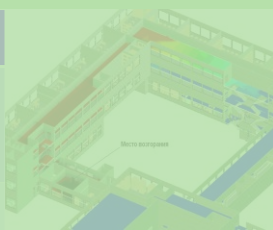
сек

до 60

5-10

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

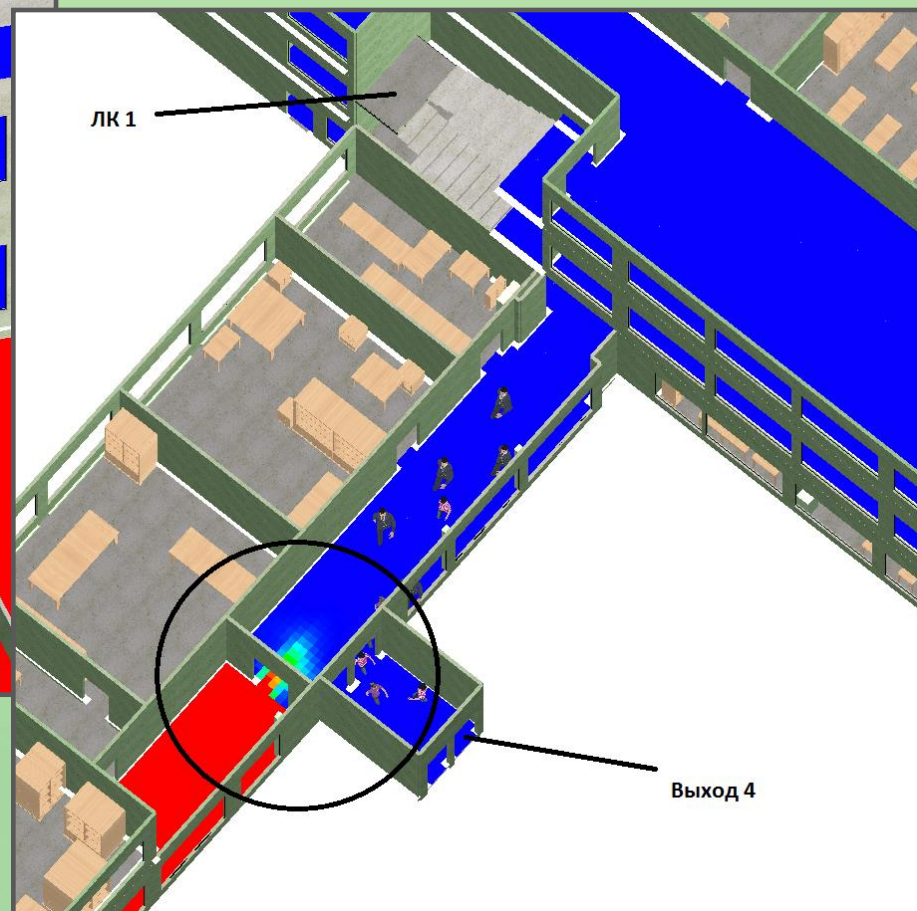
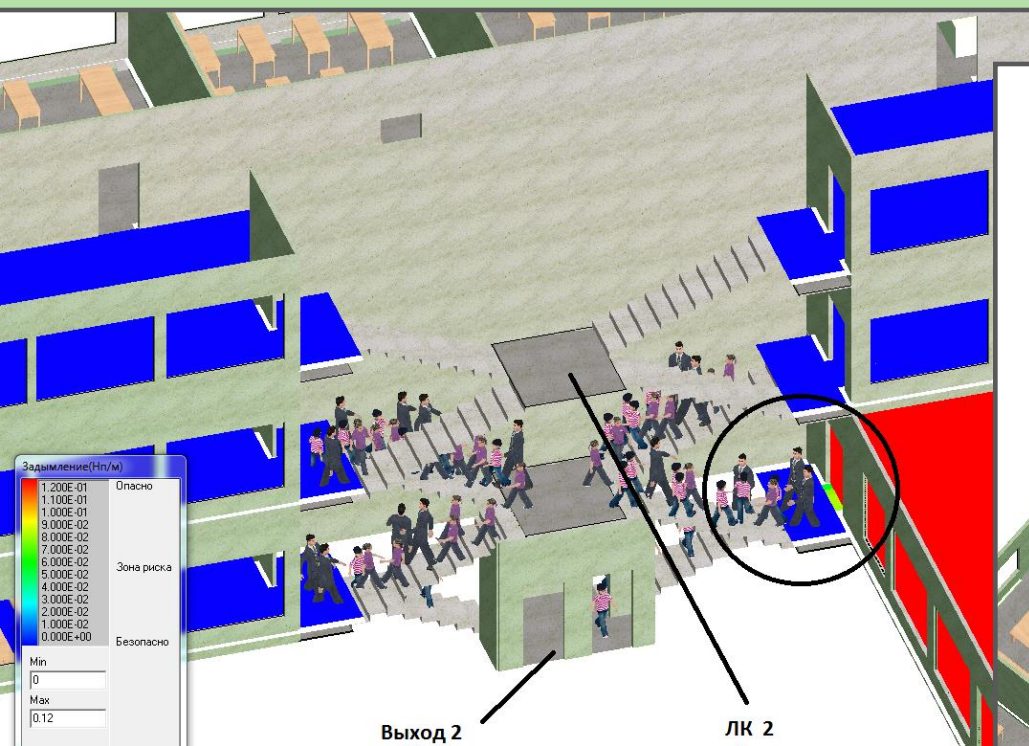
ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НЗЛ	1,75-9	12



Пример: использование дверей с доводчиками на путях эвакуации

$T_{нэ}=30$ секунд

165 секунда



142 секунда

Пример: использование дверей с доводчиками на путях эвакуации

Функционирующие доводчики

позволяют

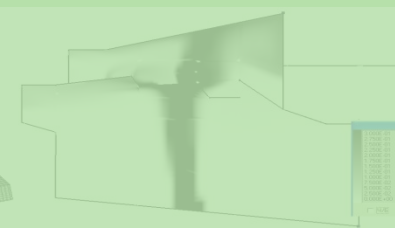
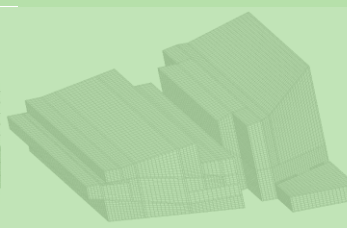
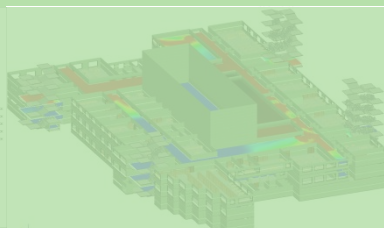
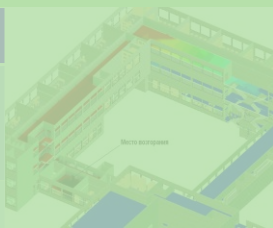
отдалить время задымления
путей эвакуации (лестничных клеток) на время

от 1,5 до 6

минут

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НСЛ	1,75-9	12



Результаты применения компьютерного моделирования

3. Виртуальный тренажер (на базе расчетов специально разработанных сценариев развития ЧС и эвакуации) для формирования планов действий на объекте и тренировки личного состава пожарной охраны МЧС, МВД, ФСБ обслуживающей объект.

FENDER SCIENCE Sigma - [Выбор сценария]

Файл Сценарии Помощь

программе ☒ Выбор сценария

бегство
Размещение ОП
Сценарии пожара
Сценарии эвакуации

Геометрия ОЗ
Размещение ОП
Тип ПН

Полная
№1
№2

Коридорная

№1				№2				№4	№1	№3
№2				№2				№1	№1	№1
№1	ППД+ДО	ЛДО	ДЗ	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО
№2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
кв.	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
5	6	7	8	9	10	11	12			
В	В	В	-	В	В	В	Ц	В		
№3	№3	№2	№3	-	№2	№2	№2	№2	№2	№2
нет	нет	нет	нет	-	нет	нет	нет	нет	нет	есть
№1	№1	№1	№1		№1	№1	№1	№1	№1	№1
5	6	7.1	7.2	-	9	10	11.1	11.2	12.1	12.2

ном учреждении

странение опасных факторов пожара (ОФП) и исход эвакуации.

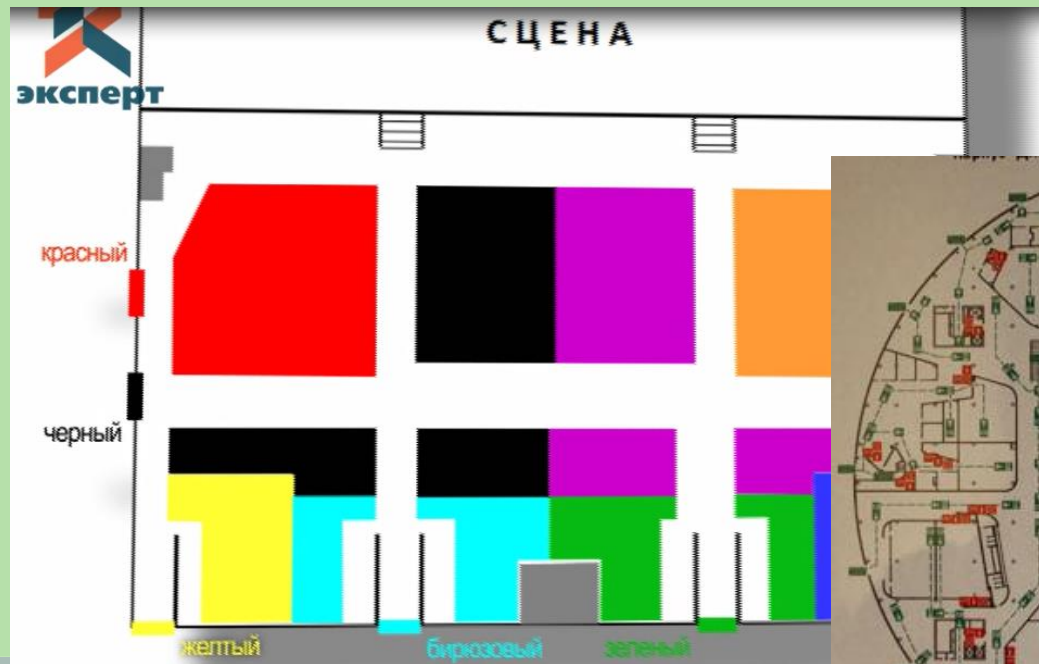
, состояние внутренних дверей, тушение на начальной стадии, сработка сигнализации, использо
утей эвакуации.

е предполагается, что ОФП распространяются во все помещения здания; «коридорная» геометр
мещении, где располагается очаг пожара; ОП – очаг пожара; ПН – пожарная нагрузка; ДО – двери

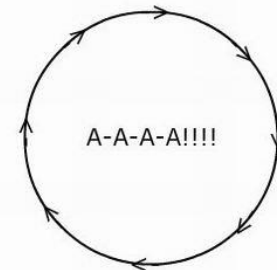
info@3ksigma.ru
<http://3ksigma.ru>

Результаты применения компьютерного моделирования

4. Решение задачи **комфортного пребывания** на объекте, в том числе планирование и идентификация маршрутов, их пропускной способности (цветовая индикация), формирование планов эвакуации, **3D Indoor навигация** в нормальном и экстренном режимах ;

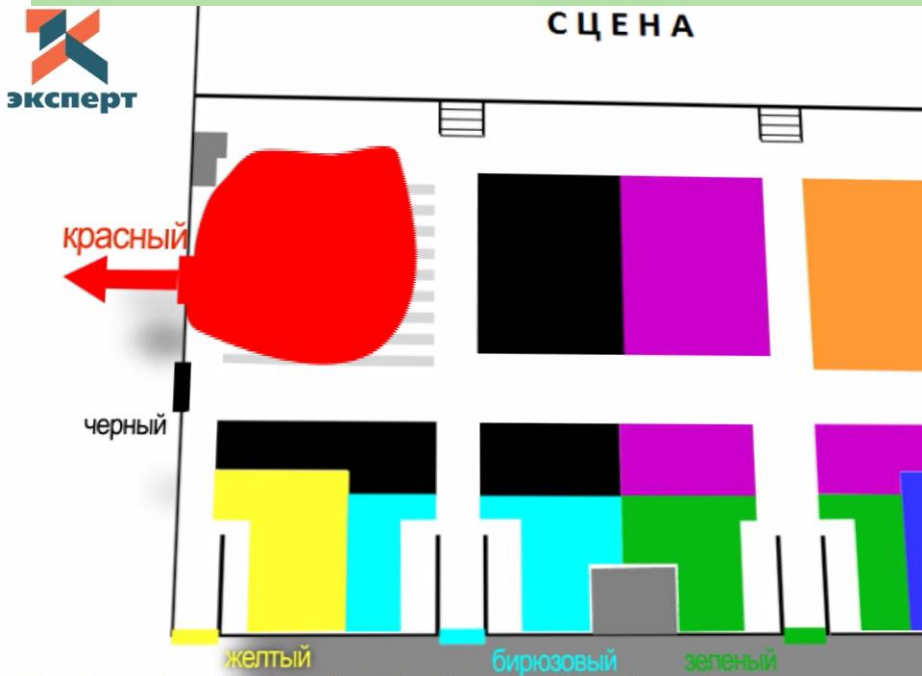
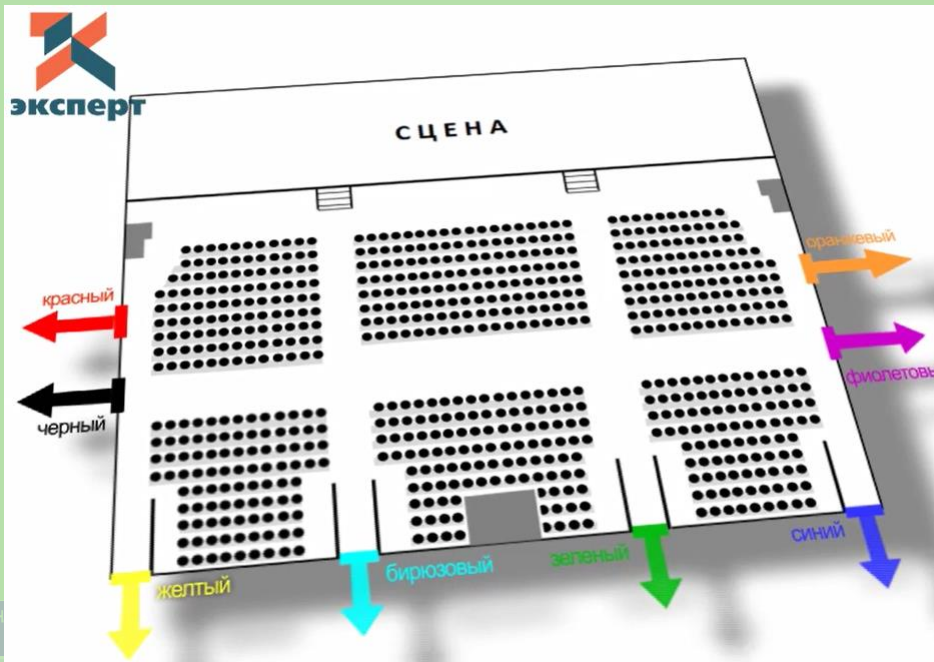


План эвакуации при пожаре



Результаты применения компьютерного моделирования

5. Информационное видео-сопровождение
(видеоролик 30-40 сек.) о порядке эвакуации, на
котором анимация эвакуации и звукоряд
привязаны к месту просмотра



info@3ksigma.ru
<http://3ksigma.ru>

Расчет режима ЗАГРУЗКИ зрителями лыжного стадиона («Радуга»)

Лыжный стадион с трибунами на **3000 зрителей**.

Загрузка стадиона начинается за 2 часа до начала мероприятий.

30% - 1-ый час.

70% - 2-й час.

< 20 минут ожидания в очереди перед КПП.

Интенсивность через одну досмотровую дорожку КПП 24 сек/чел, 12 дорожек.

Нет доступности городского транспорта к стадиону.

Организаторам требуется организовать доставку зрителей от места сбора к стадиону .

Необходимо **расписание** подвоза зрителей на автобусах.

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С

ЖИЗНЬЮ

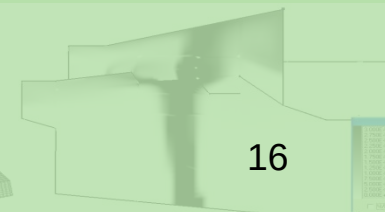
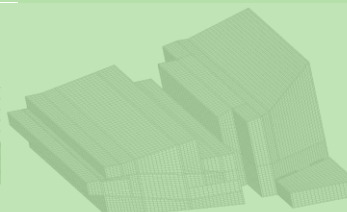
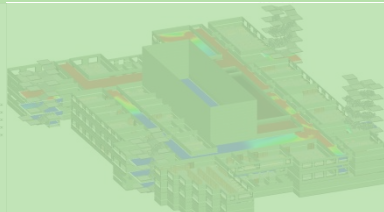
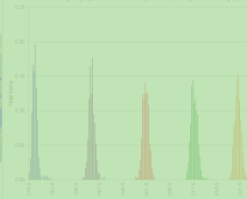
Время
http://3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru

ОФП

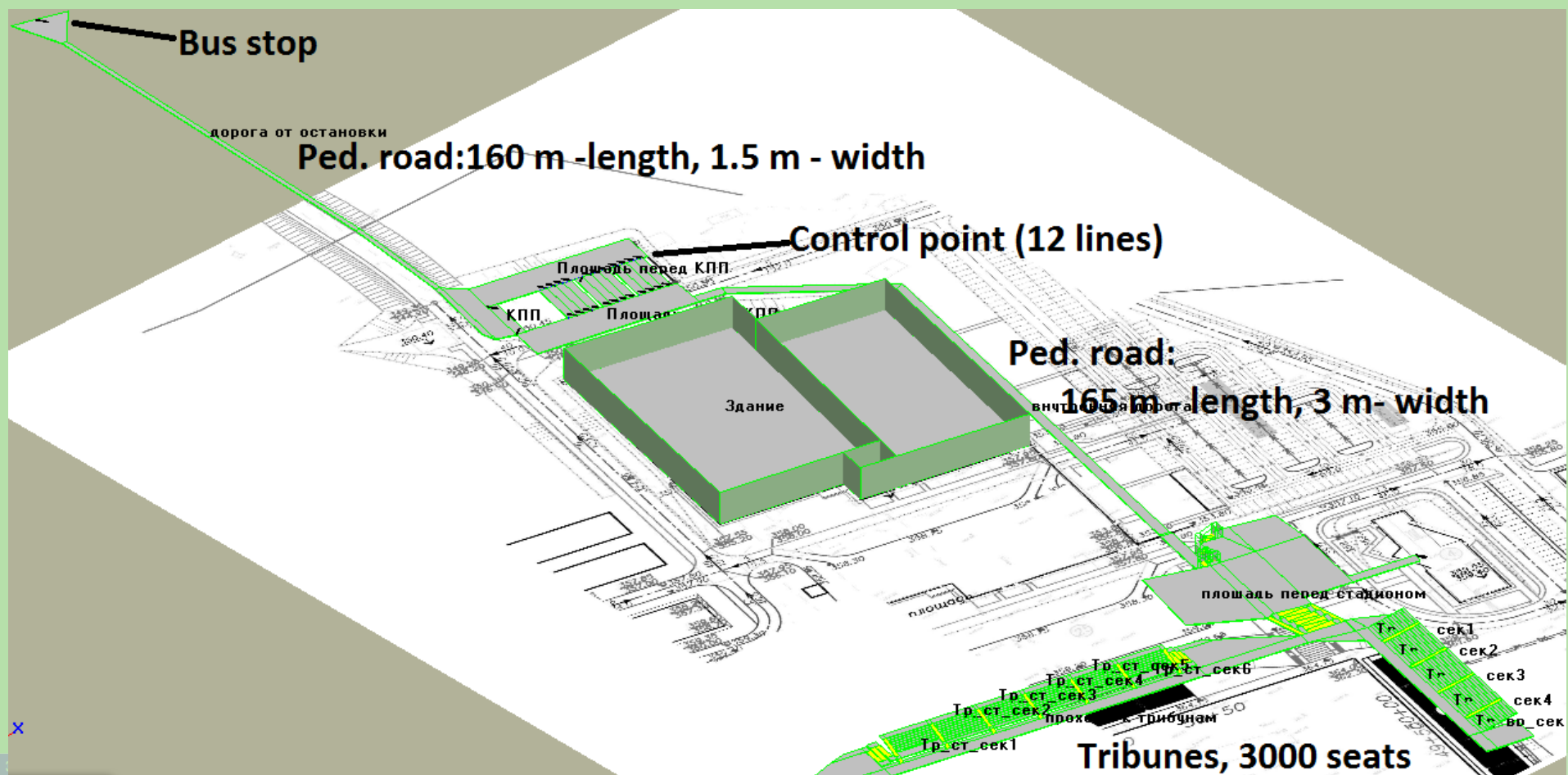
1,75-9

12

Плотность распределения частоты распределения времени ожидания



Расчет режима загрузки зрительями лыжного стадиона

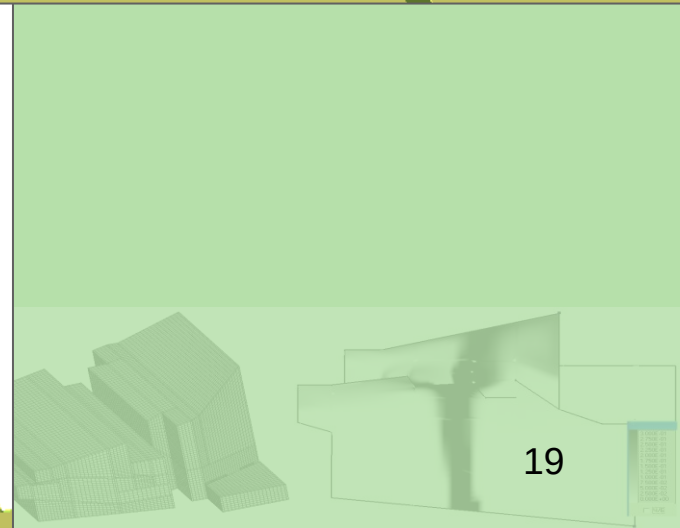
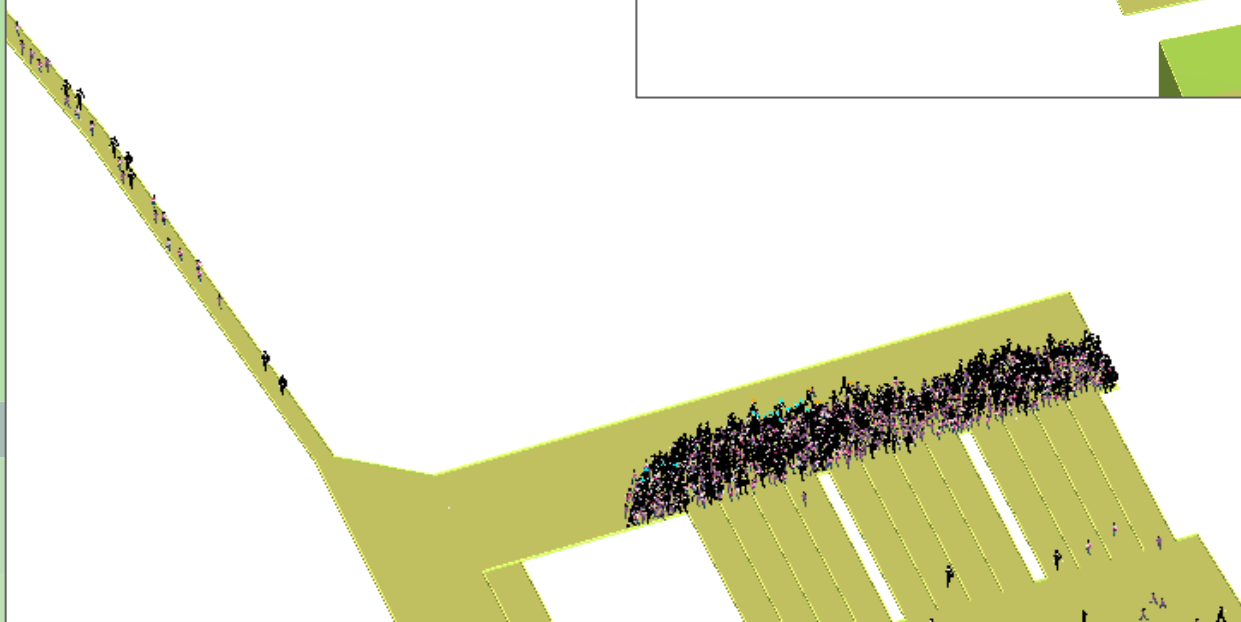


70%	1890 чел	
Интенсивность КП	12чел./24 сек	
Общее мин. время прохода через КП	3780 сек (63 мин)/1890 чел.	
Численность одной группы	80 чел	
Скорость свободного движения	1,69 м/сек	
	Оценка	Моделирование
Расчетное время достижения КП (фронт), сек.	120	
Расчетное время подхода последнего человека в группе, сек	185	
Общее время прохода группы через КП, сек	160	200
Общее время для 1 группы (от авт.ост.), сек	210	300
Time gap between groups, sec	90	180

Ситуация на КПП перед подходом очередной группы

С применением
моделирования

Без моделирования



Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями лыжного стадиона («Радуга»)

Лыжный стадион с трибунами на **3000 зрителей**.

2 режима выгрузки:

- Одновременный
- Поэтапный

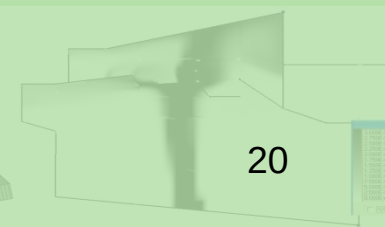
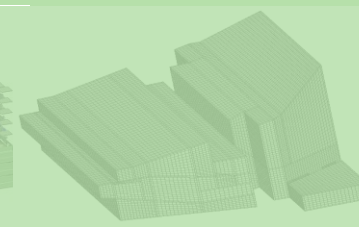
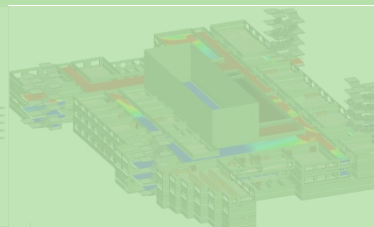
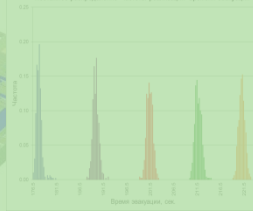
Исследовать последствия каждого:

длительность процесса,
длительность скоплений.

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

Время
Количество
http://3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru

Плотности распределения частоты реализации времени эвакуации



Расчет режима выгрузки зрителями лыжного стадиона

Одновременный режим

60 сек

240 сек

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

Время
ОФП
Количество
в зону, чел
<http://3ksigma.ru>
kirik@icm.krasn.ru

Расчет режима выгрузки зрителями лыжного стадиона

Одновременный режим

510 сек

Площадь перед КПП (86)

КПП (87)

Площадь после КПП (88)

МФСК "Радуга" (90)

внутренняя дорога (89)

площадь перед стадионом (94)

Тр_ст_сек1 (686 сек) (685)

Тр_ст_сек4 (687)

Общая продолжительность выгрузки
около 30 мин

<http://3ksigma.ru>
kirik@icm.krasn.ru

Расчет режима выгрузки зрителями лыжного стадиона

Поэтапный режим

Время старта секции трибуны, сек.	Стационарная трибуна	Временная трибуна	Количество человек	Время достижения подземного перехода последним человеком из группы, сек.	Время достижения КПП последним человеком из группы, сек.	Время достижения остановки автобусов последним человеком из группы, сек.
0		Секция 1	190	150	335	470
110	Секция 6		185	245	440	605
220		Секция 2	375	400	600	780
380	Секция 5		275	580	760	910
560		Секция 3	375	735	945	1120
740	Секция 4		275	920	1130	1300
900		Секция 4	375	1090	1300	1470
1080	Секция 3		275	1270	1480	1630
1280		Секция 5	190	1445	11630	1780
1400	Секция 2		275	1610	1820	1970
1560	Секция 1		190	1750 (30 мин)	1945	2100 (35 мин)
1610	МГН левая сторона		15			2000 (выход на парковку)
1660	МГН правая сторона		15			2000 (выход на парковку)

Расчет режима выгрузки зрителями лыжного стадиона

Поэтапный режим

640 сек



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

Время
Количество
http:\\3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru

ОФП
НЧЛ
1,75-9
12

Загрузка в режиме Универсиады **2800 зрителей.**

2 режима выгрузки:

- Одновременный
- Поэтапный

Исследовать последствия каждого:

длительность процесса,
длительность скоплений.

Маршрут движения зрителей на выход из здания (с целью наименьших скоплений)

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С

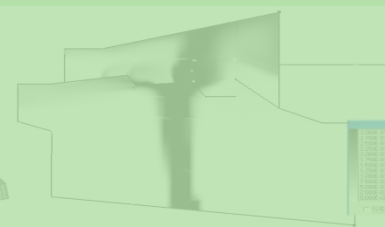
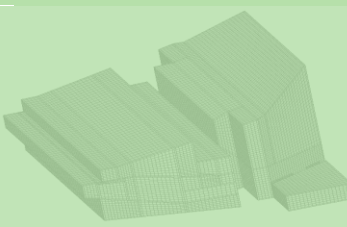
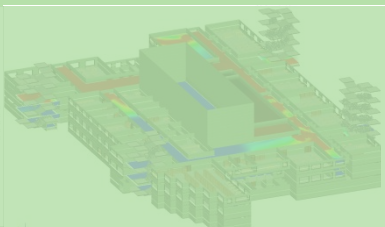
ЖИЗНЬЮ

Время
в зону, чел
<http://3ksigma.ru>
kirik@icm.krasn.ru

НЧЛ

1,75-9

12



Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

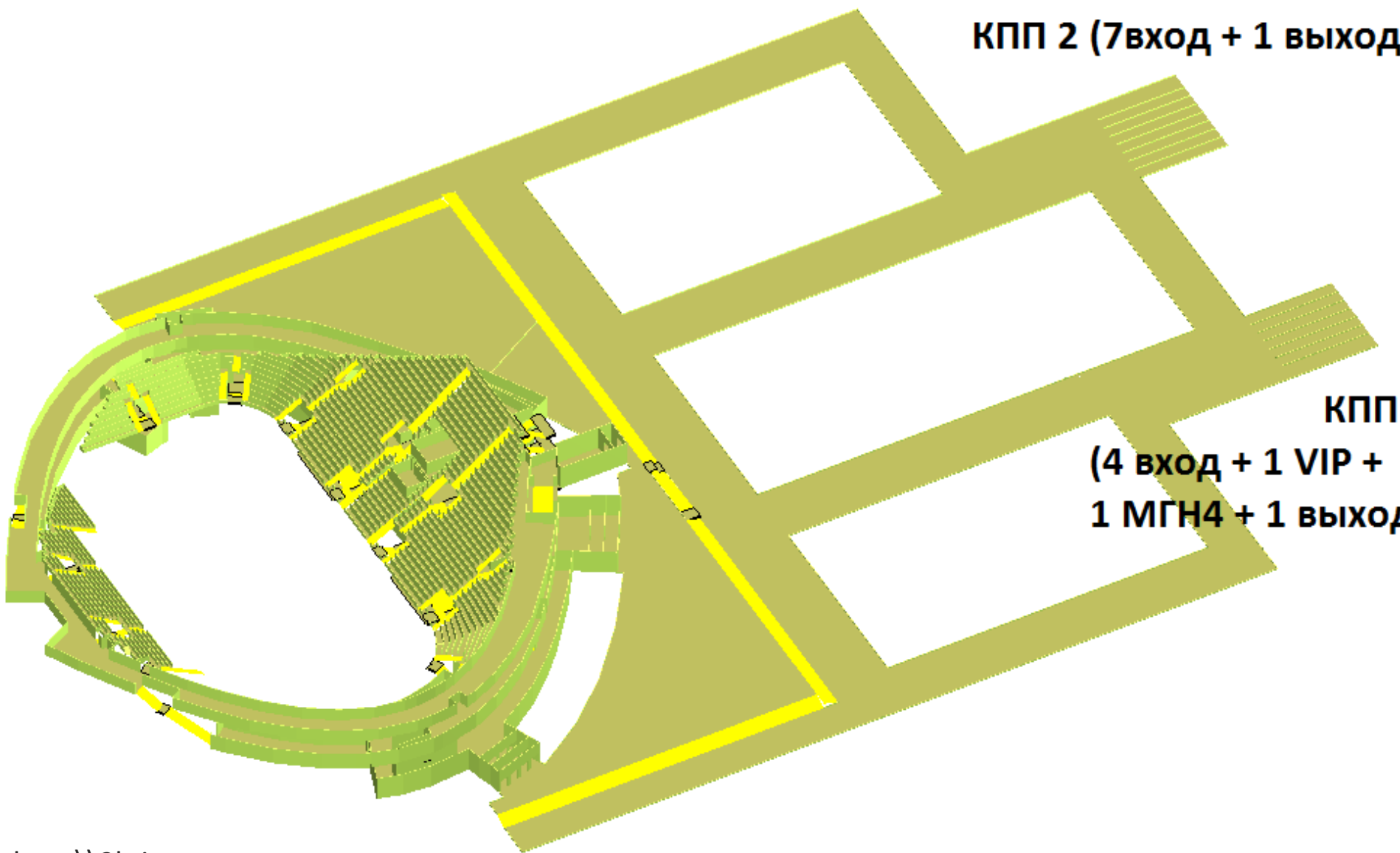
Схема территории
Дворца спорта им. И. Ярыгина



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ООП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С ЖИЗНЬЮ

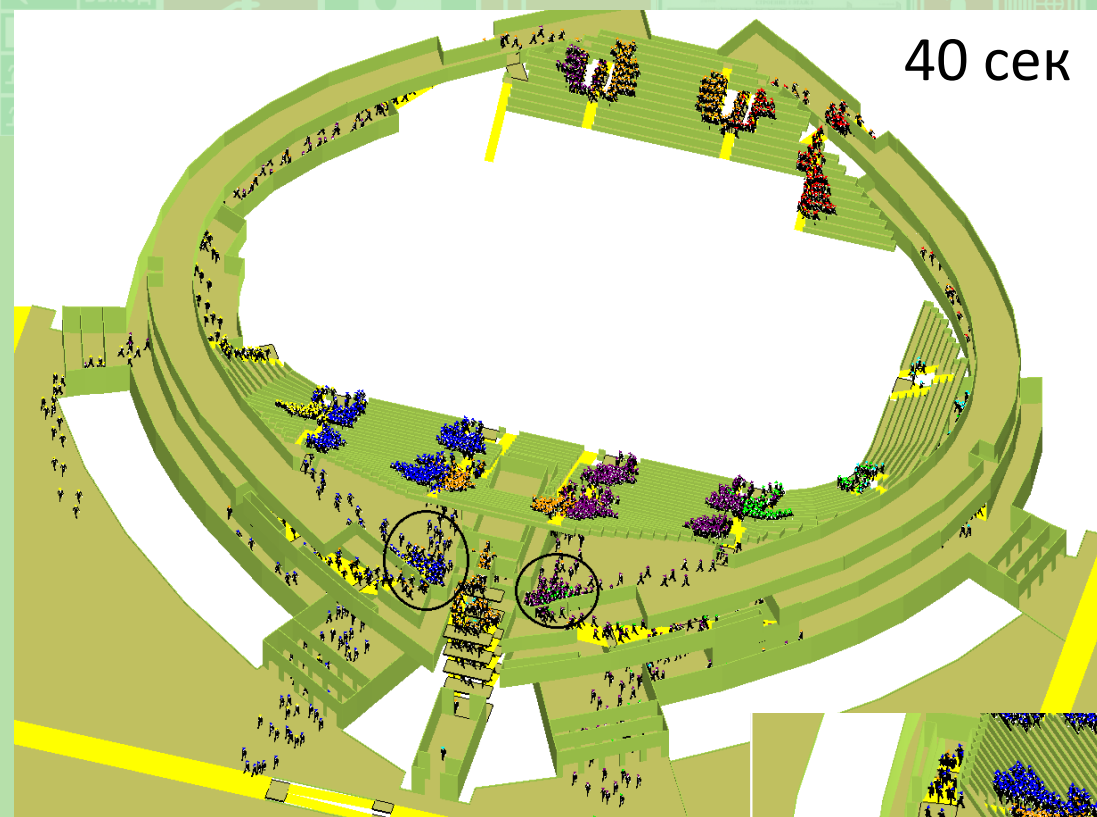
Время
Количество
http:\\3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru

Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

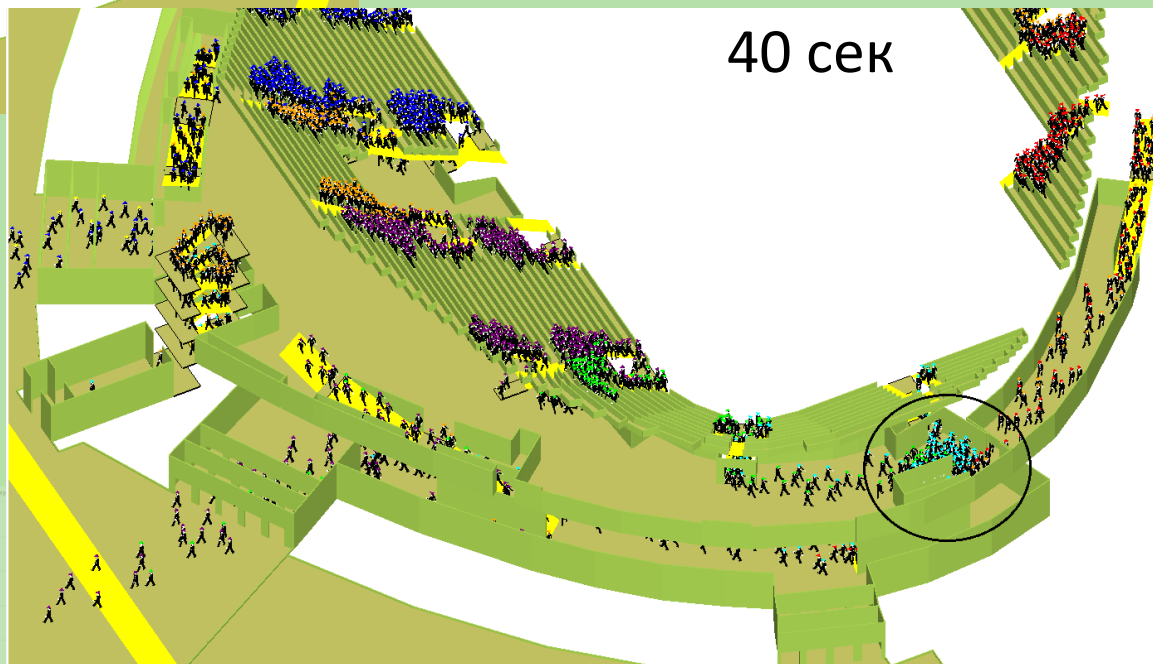


40 сек

Одновременный режим



40 сек



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

Время
ОФП
ЗОНА, СЕК

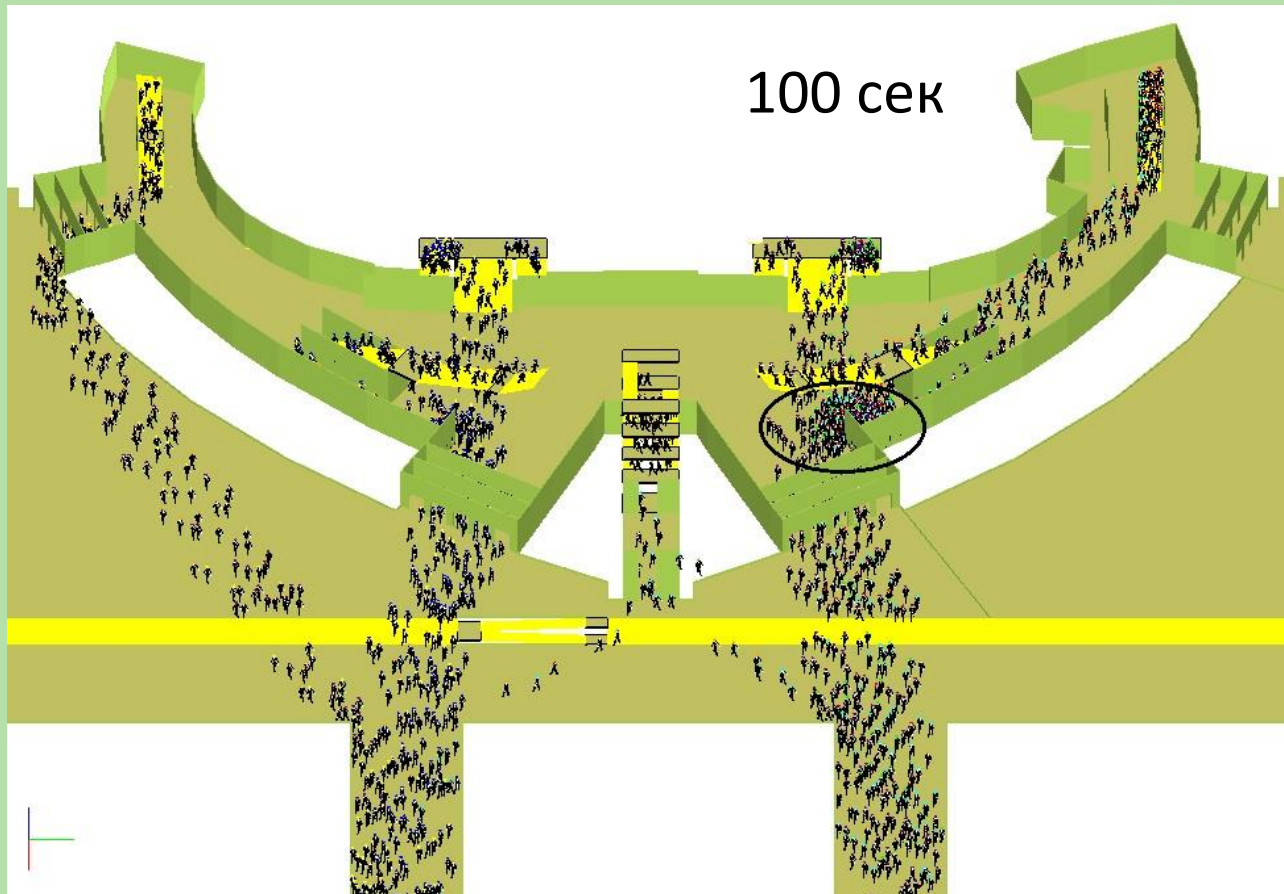
Количество
Плотность населения
Масштабирование

<http://3ksigma.ru>
kirik@icm.krasn.ru

HCL 1,75-9 12

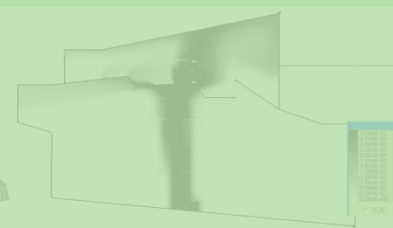
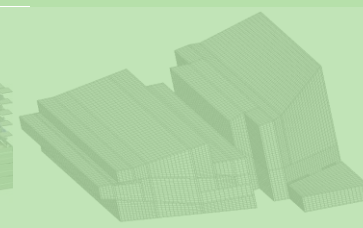
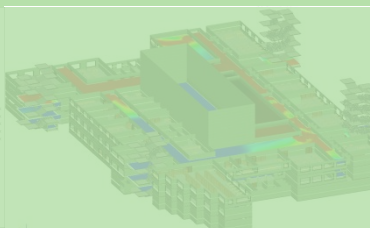
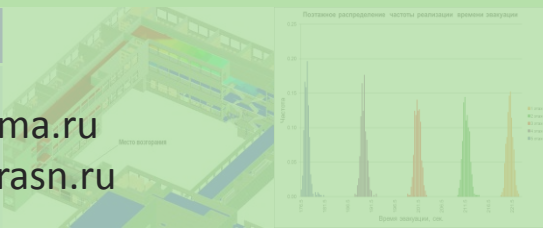
Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

Одновременный режим



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

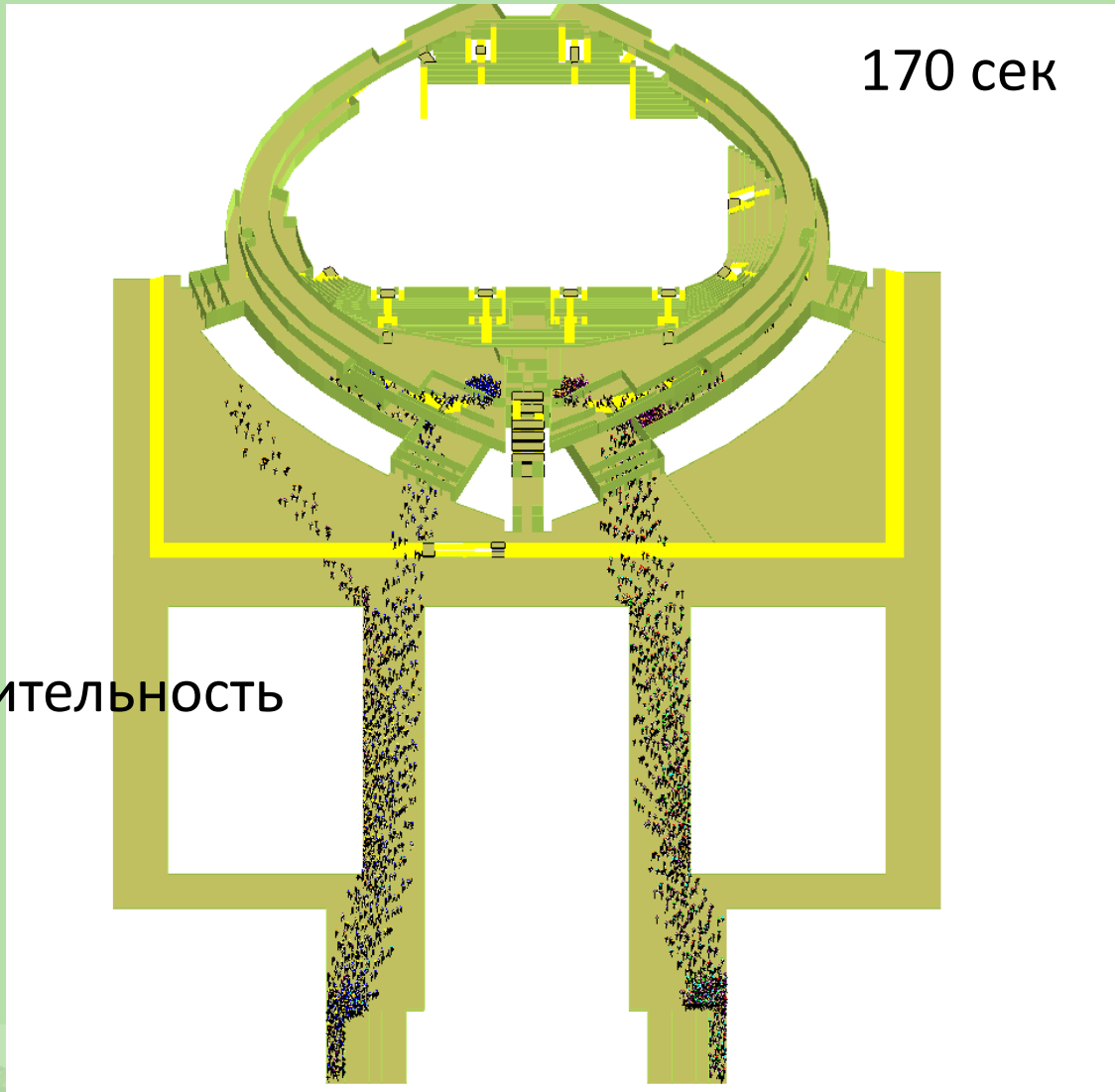
Время
Количество
http:\\3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru
HCL 1,75-9 12



Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

Одновременный режим

Общая продолжительность
выгрузки
около 8 мин



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

Время
Количество
ОФП
ЗОНА, СЕК
http:\\3ksigma.ru
kirik@icm.krasn.ru

HCL 1,75-9 12

Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

Поэтапный режим

Номер группы	Время старта, сек.	Наименование трибуны	Количество человек	Время освобождения трибуны, сек.	Время достижения выхода из здания последним человеком в группе, сек.	Время достижения КПП последним человеком в группе, сек.
1.	0	Сектор3_низ	582	105	140	220
		Сектор5_низ				
		VIP зона 3эт.	153	60	155	220
		VIP зона 4эт.				
2.	150	Сектор1 Сектор2 Сектор6	595	200	265	370
3.	210	Сектор4	237	260	325	395
4.	300	Сектор3_верх Сектор5_верх	685	390	490	565
5.	420	Сектор8 Сектор9 Сектор10	546	520	580	680 (примерно 11 мин)

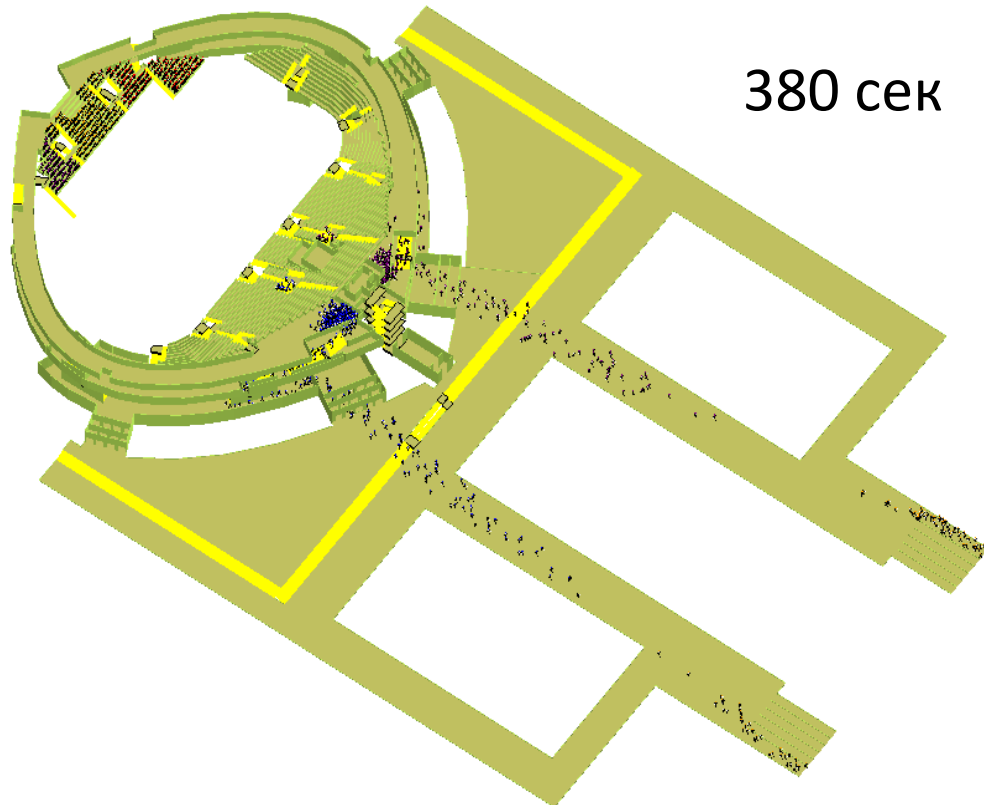


300 сек

ВЫХОД



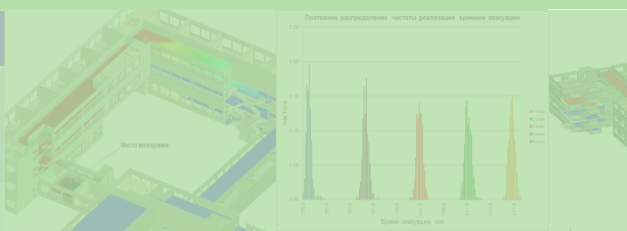
Поэтапный режим



380 сек

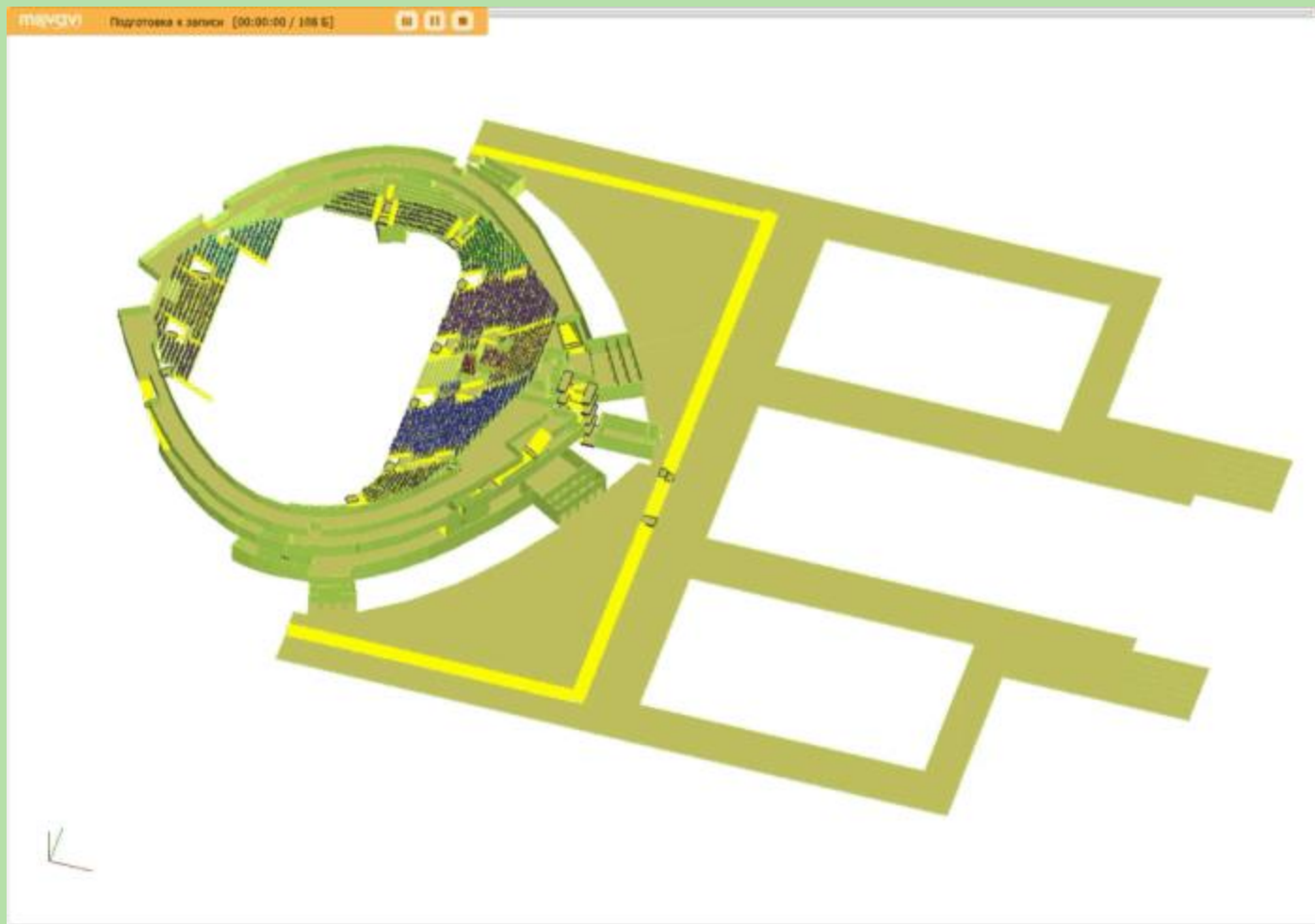
ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
HCL	1,75-9	12



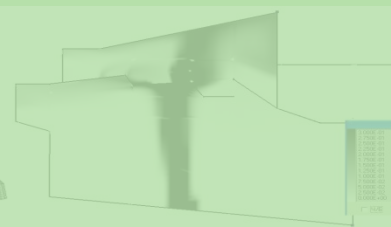
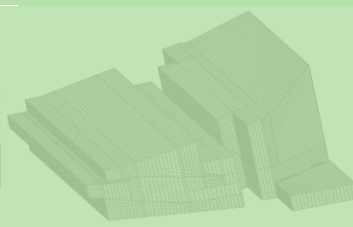
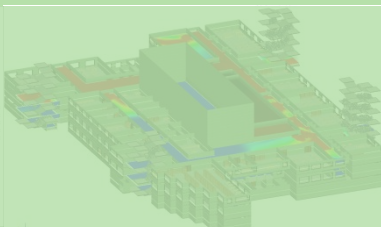
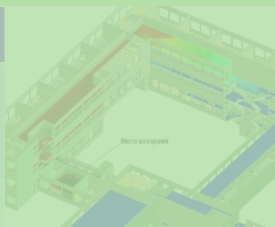
Расчет режима ВЫГРУЗКИ зрителями Дворца спорта им.И.Ярыгина

Поэтапный режим



ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НЧЛ	1,75-9	12



Пешеходные потоки в Деревне Универсиады





Спасибо за внимание!
Вопросы?

ЗОНА ЗНАЧЕНИЙ ОФП, НЕ СОВМЕСТИМЫХ С
ЖИЗНЬЮ

ОФП	Время нахождения в зоне, сек	Количество людей, попавших в зону, чел
НСЛ	1,75-9	12

