

Приложение
к Заключению по независимой оценке пожарного риска
в здании Администрации городского округа Город,
расположенном по адресу: 000000, Областная область,
г. Город, ул. Уличная, д. 00

О Т Ч Ё Т
**по результатам выполнения расчета уровня обеспечения
пожарной безопасности людей**
в здании Администрации городского округа Город

Объект, в отношении которого выполнен настоящий расчет
по оценке пожарного риска, является вымышленным.
Все совпадения с реальными объектами являются случайными.
Автор настоящего документа за такие совпадения
ответственности не несет

г. Город
2012 год



Блог консультанта по пожарной безопасности

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ	4
2.1 Сущность метода	4
2.2 Основные расчетные зависимости	4
3. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРОГО ПРОВЕДЕН РАСЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОГО РИСКА	7
4. ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ	10
5. ВЫБОР И ФОРМУЛИРОВКА СЦЕНАРИЯ ПОЖАРА.....	29
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОТ НАЧАЛА ПОЖАРА ДО БЛОКИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ.....	31
6.1. Математическая модель развития пожара	31
6.2. Моделирование динамики развития пожара и определение времени блокирования	33
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЭВАКУАЦИИ	46
7.1. Методика определения расчетного времени эвакуации людей	46
7.2. Расчет времени эвакуации	48
7.3. Определение вероятности эвакуации людей	62
8. РАСЧЕТ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ.....	63
9. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ, НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ И СПРАВОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ	64

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая работа выполнена с целью проверки уровня обеспечения пожарной безопасности в рассматриваемом объекте защиты.

Согласно требований пункта 4 Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03) и пункта 1.2 ГОСТ 12.1.004-91* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

Определение уровня обеспечения пожарной безопасности людей выполнено по методу, приведенному в приложении 2 ГОСТ 12.1.004-91* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

2. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ

2.1 Сущность метода

Показателем оценки уровня обеспечения пожарной безопасности людей на объектах является вероятность предотвращения воздействия (P_B) опасных факторов пожара (ОФП), к которым относятся:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Вероятность предотвращения воздействия ОФП определяют для пожароопасной ситуации, при которой место возникновения пожара находится на первом этаже вблизи одного из эвакуационных выходов из здания (сооружения).

2.2 Основные расчетные зависимости

Вероятность предотвращения воздействия ОФП (P_B) на людей в объекте вычисляют по формуле

$$P_B = 1 - Q_B, \quad (1)$$

где Q_B — расчетная вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год. Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (2)$$

где Q_B^H — допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год. Допустимая вероятность Q_B^H, в соответствии с п. 1.2 ГОСТ 12.1.004-91*, составляет 10⁻⁶.

Вероятность (Q_B) вычисляют для людей в каждом здании (помещении) по формуле

$$Q_B = Q_{\Pi}(1 - P_{\exists})(1 - P_{\Pi.3}), \quad (3)$$

где Q_{Pi} — вероятность пожара в здании в год;

P_Э — вероятность эвакуации людей;

P_{П.3} — вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

Вероятность эвакуации (P_Э) вычисляют по формуле

$$P_{\exists} = 1 - (1 - P_{\exists.P})(1 - P_{\Delta.B}) \quad (4)$$

где P_{Э.П} — вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

P_{Δ.B} — вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания.

Вероятность (P) вычисляют по зависимости



$$P_{\text{з.п.}} = \begin{cases} \frac{\tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_{\text{н.э.}}}, & \text{если } t_p < \tau_{\text{бл}} < (t_p + \tau_{\text{н.э.}}); \\ 0,999, & \text{если } (t_p + \tau_{\text{н.э.}}) \leq \tau_{\text{бл}}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{\text{бл}}, \end{cases} \quad (5)$$

где $\tau_{\text{бл}}$ — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

t_p — расчетное время эвакуации людей, мин;

$\tau_{\text{н.э.}}$ — интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, мин.

Значение времени начала эвакуации $\tau_{\text{н.э.}}$ для зданий (сооружений) без систем оповещения вычисляют по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании системы оповещения о пожаре значение $\tau_{\text{н.э.}}$ принимают равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину $\tau_{\text{н.э.}}$ следует принимать равной 0,5 мин — для этажа пожара и 2 мин — для вышележащих этажей.

Примечание. Зданиями (сооружениями) без систем оповещения считают те здания (сооружения), возникновение пожара внутри которых может быть замечено одновременно всеми находящимися там людьми.

Если местом возникновения пожара является залывное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то $\tau_{\text{н.э.}}$ допускается принимать равным нулю. В этом случае вероятность ($P_{\text{з.п.}}$) вычисляют по зависимости

$$P_{\text{з.п.}} = \begin{cases} 0,999 & \text{если } t_p \leq t_{\text{нб}} ; \\ 0 & \text{если } t_p > t_{\text{нб}} ; \end{cases} \quad (6)^1$$

где $t_{\text{нб}}$ — необходимое время эвакуации из залывных помещений.

При наличии в здании незадымляемых лестничных клеток, вероятность Q_B для людей, находящихся в помещениях, расположенных выше этажа пожара, вычисляют по формуле

$$Q_B = Q_{\text{п.3}}(1 - P_{\text{п.3}}), \quad (7)$$

Вероятность эвакуации людей $P_{\text{Д.В}}$ по наружным эвакуационным лестницам и другими путями эвакуации принимают равной 0,05 — в жилых зданиях; 0,03 — в остальных при наличии таких путей; 0,001 — при их отсутствии.

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{\text{п.3}}$ вычисляют по формуле

¹ В настоящем Отчете использована собственная нумерация расчетных зависимостей, отличающаяся от нумерации формул в ГОСТ 12.1.004-91*.

$$P_{\text{П.з}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i), \quad (8)$$

где n — число технических решений противопожарной защиты в здании;
 R_i — вероятность эффективного срабатывания i -го технического решения.
Допускается уровень обеспечения безопасности людей в зданиях (сооружениях) оценивать по вероятности Q_b , в одном или нескольких помещениях, наиболее удаленный от выходов в безопасную зону (например верхние этажи многоэтажных зданий).

3. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРОГО ПРОВЕДЕН РАСЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Объект защиты представляет собой отдельно стоящее четырехэтажное здание с одноэтажной частью и подвальным этажом.

В плане здание Администрации имеет Т-образную форму размером $45,18 \times 11,90$ м и $33,56 \times 19,80$ м.

Площадь застройки здания составляет $1\ 802\text{ м}^2$. Высота здания от уровня чистого пола 1-го этажа до низа конструкций покрытия составляет 16,40 м. Строительный объем здания составляет $16\ 785\text{ м}^3$, в т.ч. надземной части – $14\ 272\text{ м}^3$, подземной части – $2\ 513\text{ м}^3$.

Площадь помещений составляет:

- 1-го этажа – $956,6\text{ м}^2$;
- 2-го этажа – $561,6\text{ м}^2$;
- 3-го этажа – $528,1\text{ м}^2$;
- 4-го этажа – $525,7\text{ м}^2$;
- подвала – $719,9\text{ м}^2$;
- итого по зданию – $3\ 291,9\text{ м}^2$.

Первый этаж здания состоит из двух блоков. В одном из них, расположенном в четырехэтажной части здания, размещен входной вестибюль с открытой лестницей 2-го типа; столовая на 36 посадочных мест с блоком кухонных помещений; гардероб верхней одежды, комната охраны, кабинеты административного и технического персонала, санитарные помещения. Другой блок помещений 1-го этажа представляет собой одноэтажную часть здания, в которой размещен актовый зал на 440 посадочных мест с фойе, а также помещения архива и малый банкетный зал.

Второй, третий и четвертый этажи здания имеют в плане прямоугольную форму. В указанных этажах размещены административные кабинеты специалистов и руководителей, а также санитарные помещения. На втором этаже находится малый конференц-зал максимальной вместимостью 76 человек. На втором этаже размещено помещение серверной.

Подвальный этаж – технический.

Планировка этажей здания преимущественно коридорная, с двухсторонним расположением помещений. Естественное освещение коридоров предусмотрено через оконные проемы в наружных стенах.

Этажи здания, от подвального до 4-го соединяются одной внутренней открытой лестницей 2-го типа и одной обычной лестничной клеткой типа Л1.

Для вертикального транспорта в здании предусмотрены два пассажирских лифта, обеспечивающие сообщение между этажами с 1-го по 4-й.

Конструктивная схема здания решена с несущими наружными и внутренними продольными стенами.

Характеристика строительных конструкций здания:

- наружные и внутренние несущие стены кирпичные;
- перегородки – кирпичные;
- междуэтажные перекрытия из сборных железобетонных плит;

- марши лестниц из сборных железобетонных ступеней, уложенных по косоурам из металлических профилей; косоуры оштукатуренные;
- кровля – мягкая, из рулонных материалов на основе битумов.

Фактическая степень огнестойкости здания, определенная в соответствии с фактическими пределами огнестойкости строительных конструкций по п. 5.18 и таблице 4 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – II.

Фактический класс конструктивной пожарной опасности здания, определенный по фактическим классам пожарной опасности строительных конструкций по п. 5.19 и таблице 5 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – C0.

Режим функционирования здания – дневной, восьмичасовой рабочий день (с 8-00 до 17-00), пятидневная рабочая неделя (с понедельника по пятницу, суббота и воскресенье – выходные дни).

Режим работы службы охраны – круглосуточный.

Максимальное количество персонала, находящегося в здании, составляет 137 человек, в т.ч.:

- на 1-м этаже – 13 человек,
- на 2-м этаже – 56 человек,
- на 3-м этаже – 54 человека,
- на 4-м этаже – 14 человек.

Количество работников в здании было определено по количеству рабочих мест в помещениях.

Актовый зал, расположенный на 1-м этаже здания, рассчитан на 440 посадочных мест. В конференц-зале на 4-м этаже одновременно может находиться до 76 человек.

В административных кабинетах на 2-м, 3-м и 4-м этаже также может находиться какое-то относительно небольшое число посетителей. Для целей настоящей работы предположим, что их количество составляет 10 человек в здании.

Столовая и малый банкетный зал преимущественно используются работниками Администрации. Количество посещений столовой посторонними людьми крайне незначительно.

Из различных частей здания имеется 4 эвакуационных выхода наружу:

- выход из центрального вестибюля на сторону главного фасада здания;
- выход наружу из фойе актового зала;
- выход из актового зала непосредственно наружу;
- выход из блока кухонных помещений.

В качестве основных эвакуационных выходов из 1-го этажа здания рассматриваются два выхода: выход из центрального вестибюля и выход из фойе актового зала. Выход из актового зала непосредственно наружу рассматривается в качестве эвакуационного только для помещения актового зала. Выход наружу из блока кухонных помещений рассматривается в качестве эвакуационного только для указанного блока помещений.

С этажей здания со 2-го по 4-й, а также из подвального, имеется по два эвакуационных выхода: в лестничную клетку и на внутреннюю открытую лестницу.

В соответствии с п. 5.21 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» класс функциональной пожарной опасности объекта защиты – Ф 4.3 (учреждения органов управления, проектно-конструкторские организации, информационные и редакционно-издательские организации, научно-исследовательские организации, банки, конторы, офисы).

Функциональная (временная) пожарная нагрузка в административных и общественных помещениях здания является однородной и состоит из корпусной мебели из ламинированных плит ДСП и фанеры, а также мягкой мебели; бумаги и картона в стопках, рулонах и на стеллажах; выполненных из полимерных материалов корпусов компьютеров и оргтехники. Пожарная нагрузка в помещениях архива, расположенных на 1-м этаже здания, существенным образом не отличается по характеру от нагрузки в прочих помещениях, однако существенно превышает ее количественно.

Конструктивная пожарная нагрузка в здании минимальна. Конструкции здания выполнены из негорючих материалов, класс конструктивной пожарной опасности здания – С0.

Конструктивную пожарную нагрузку составляют заполнения проемов (оконных – из массива древесины и профиля ПВХ, дверных – из массива древесины, МДФ и профиля ПВХ), легкие ограждающие конструкции с применением гипсокартонных листов (Г1, В2, Д1, Т1) и профиля ПВХ (Г3, В2, Д3, Т2), заполнение подвесных потолков Armstrong (Г1, В1, Д1, Т1), покрытие пола поливинилхlorидное гетерогенное (линолеум – Г1, В2, РП1, Д2, Т2), горючая изоляция электрических проводов и кабелей.

В здании имеется система автоматической пожарной сигнализации (АУПС) с преимущественно точечными дымовыми пожарными извещателями; в коридорах, перед выходами на лестничные клетки, перед выходами из здания установлены ручные пожарные извещатели.

Приборы приемно-контрольные и управления пожарные расположены в помещении охраны на 1-м этаже.

Сигналы от АУПС передаются по радиоканалу на пункт центрального наблюдения – ЦППС 0 отряда ФПС Областной области.

Оповещение при пожаре предусмотрено соответствующей системой (оповещения и управления эвакуацией людей) 2-го типа.

Системы пожаротушения и противодымной защиты в здании отсутствуют.

4. ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

Для целей моделирования динамики развития пожара и определения расчетного времени эвакуации людей при пожаре была составлена пространственная модель (топология) объекта защиты.

Модель объекта защиты построена на основании Технического паспорта на нежилое здание, выполненного Городским филиалом ГУП Областной области «Центр технической инвентаризации», предоставленного Заказчиком.

С целью уточнения размеров эвакуационных путей и выходов проводились их натурные обмеры.

Построение расчетной модели выполнено в комплексе программ «СИТИС: Спринт» для расчета пожарного риска.

Расчетная модель показана на рисунках 1 – 10, параметры модели приведены в таблице 1.

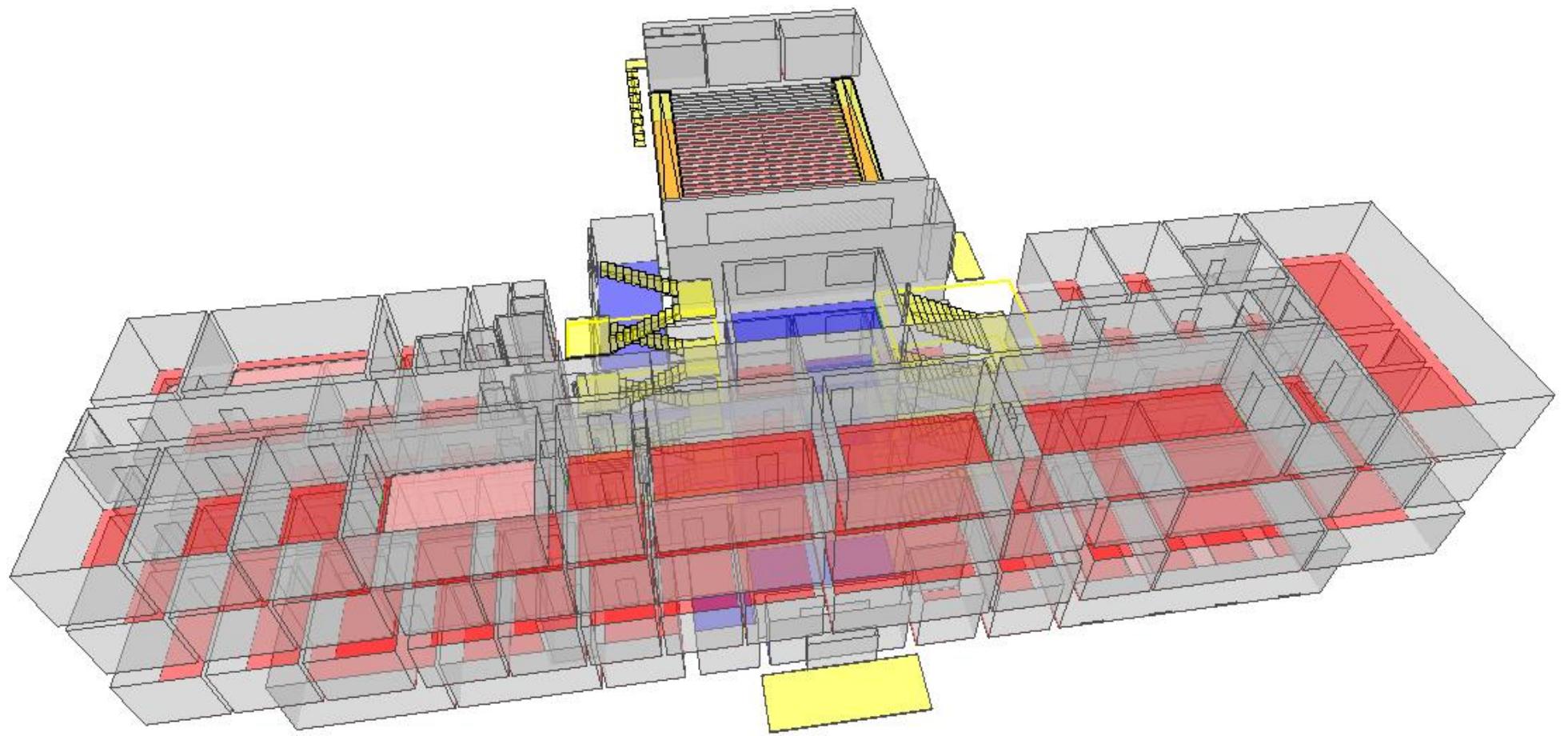


Рис. 1. Общий вид модели здания Администрации г.о. Город

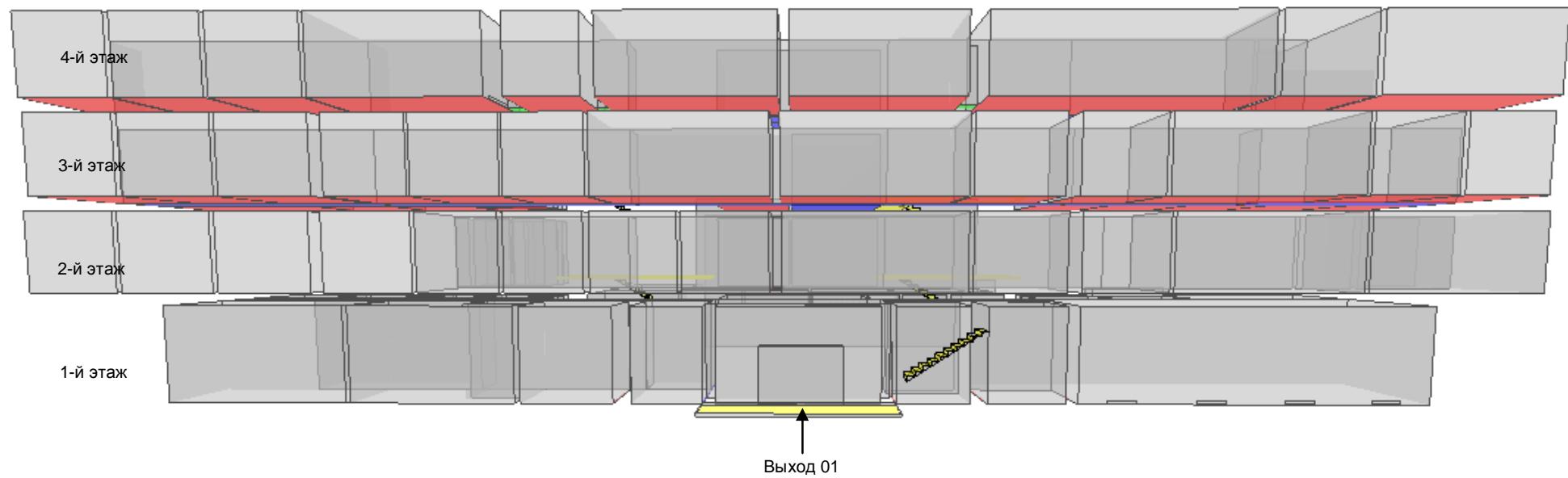


Рис. 2. Вид модели со стороны главного фасада

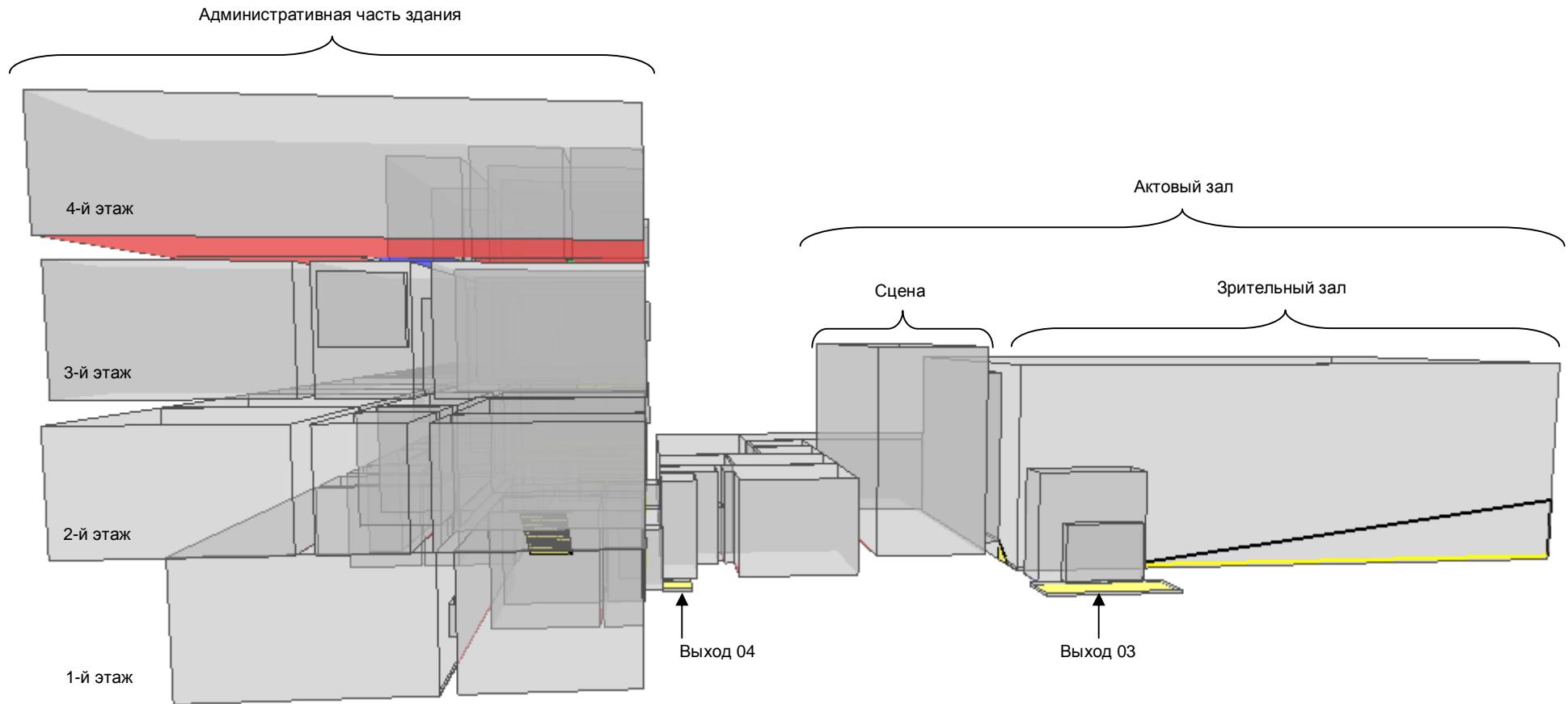


Рис. 3. Вид модели со стороны правого бокового фасада

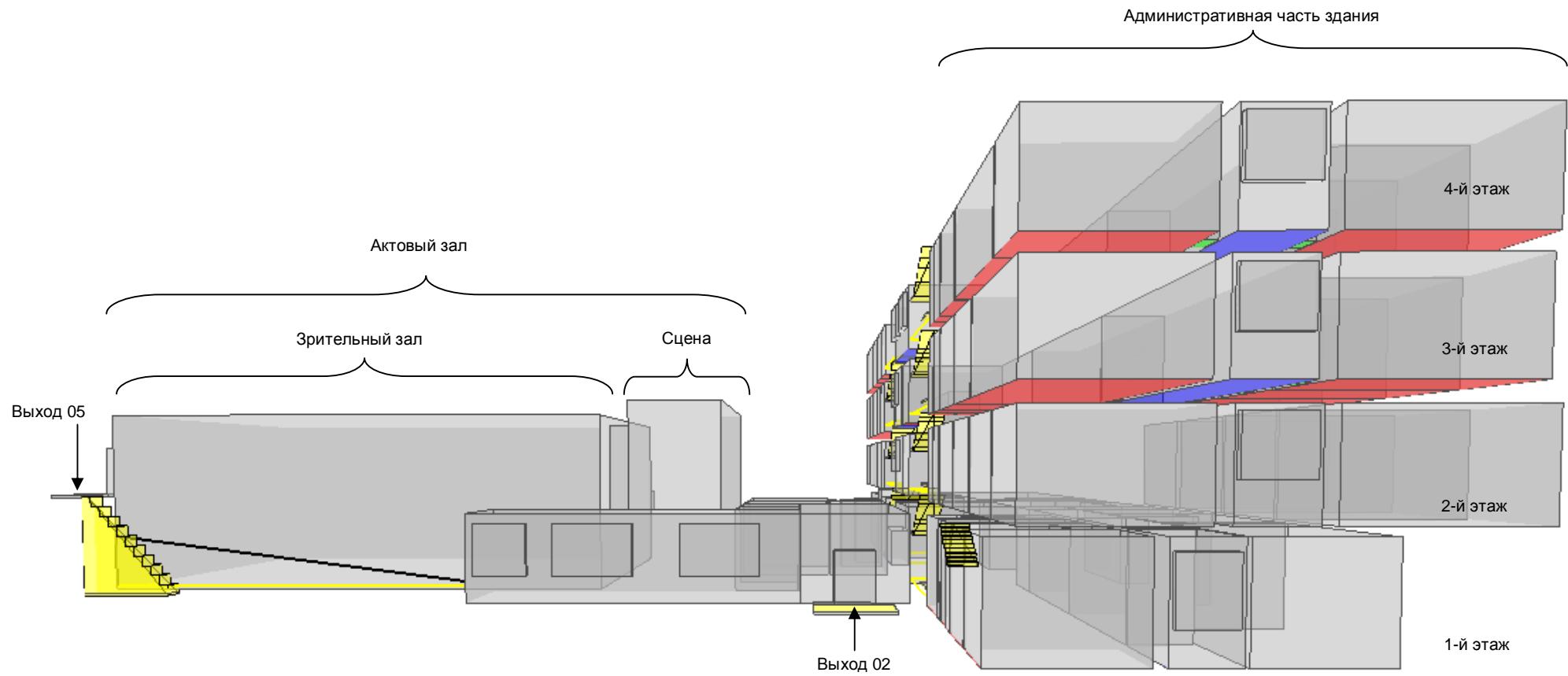


Рис. 4. Вид модели со стороны левого бокового фасада

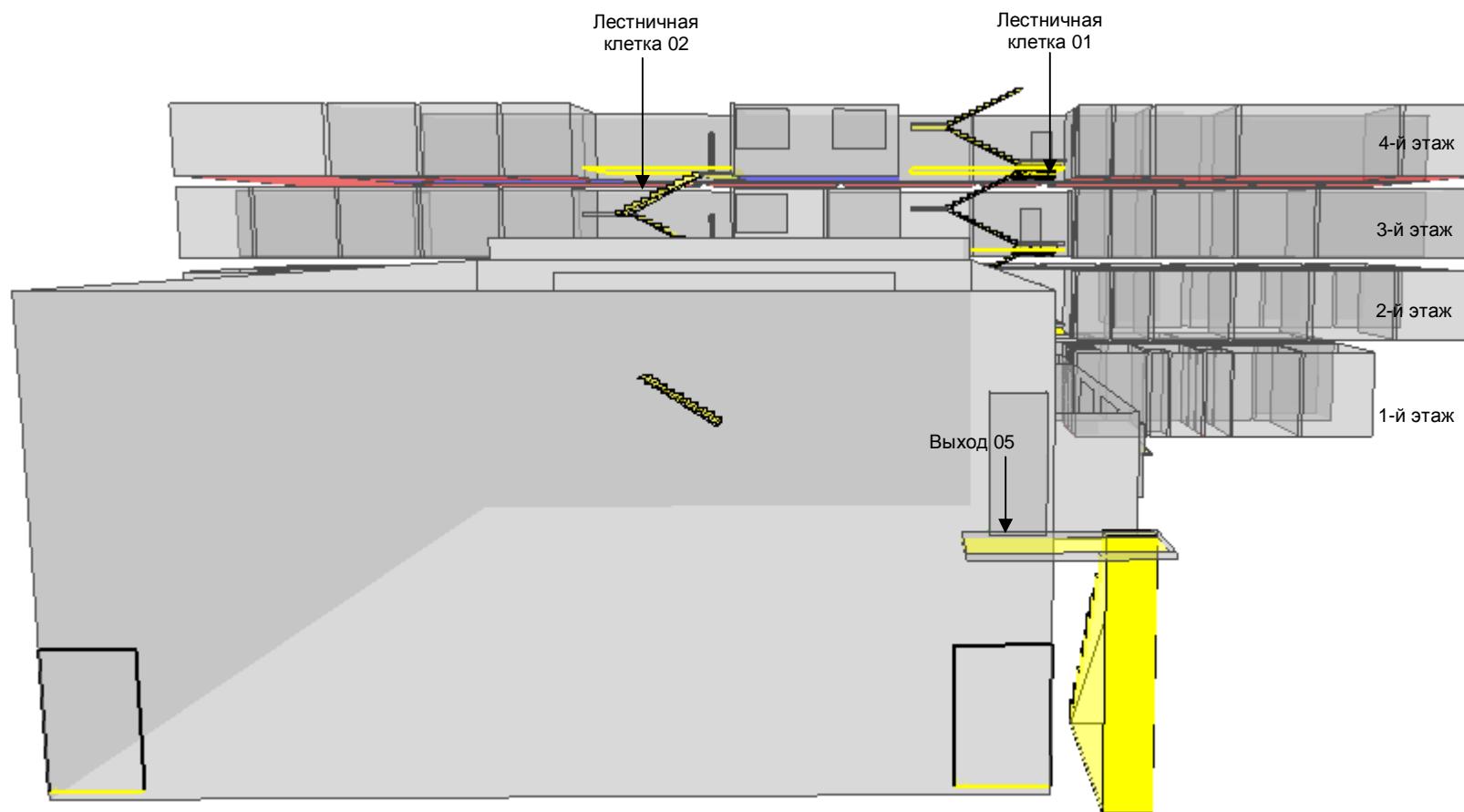


Рис. 5. Вид модели со стороны дворового фасада

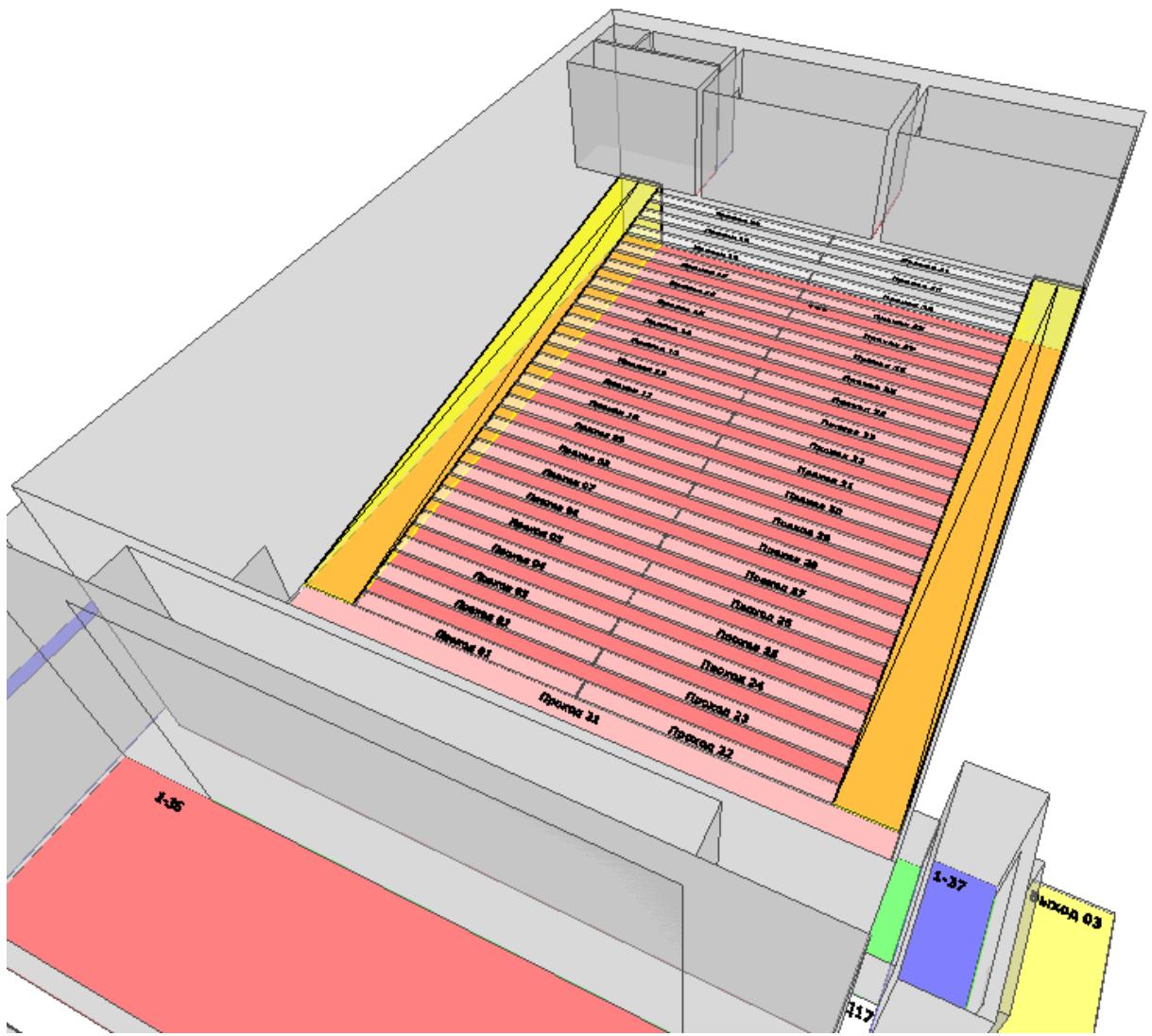


Рис. 6. Фрагмент топологии 1-го этажа: актовый зал

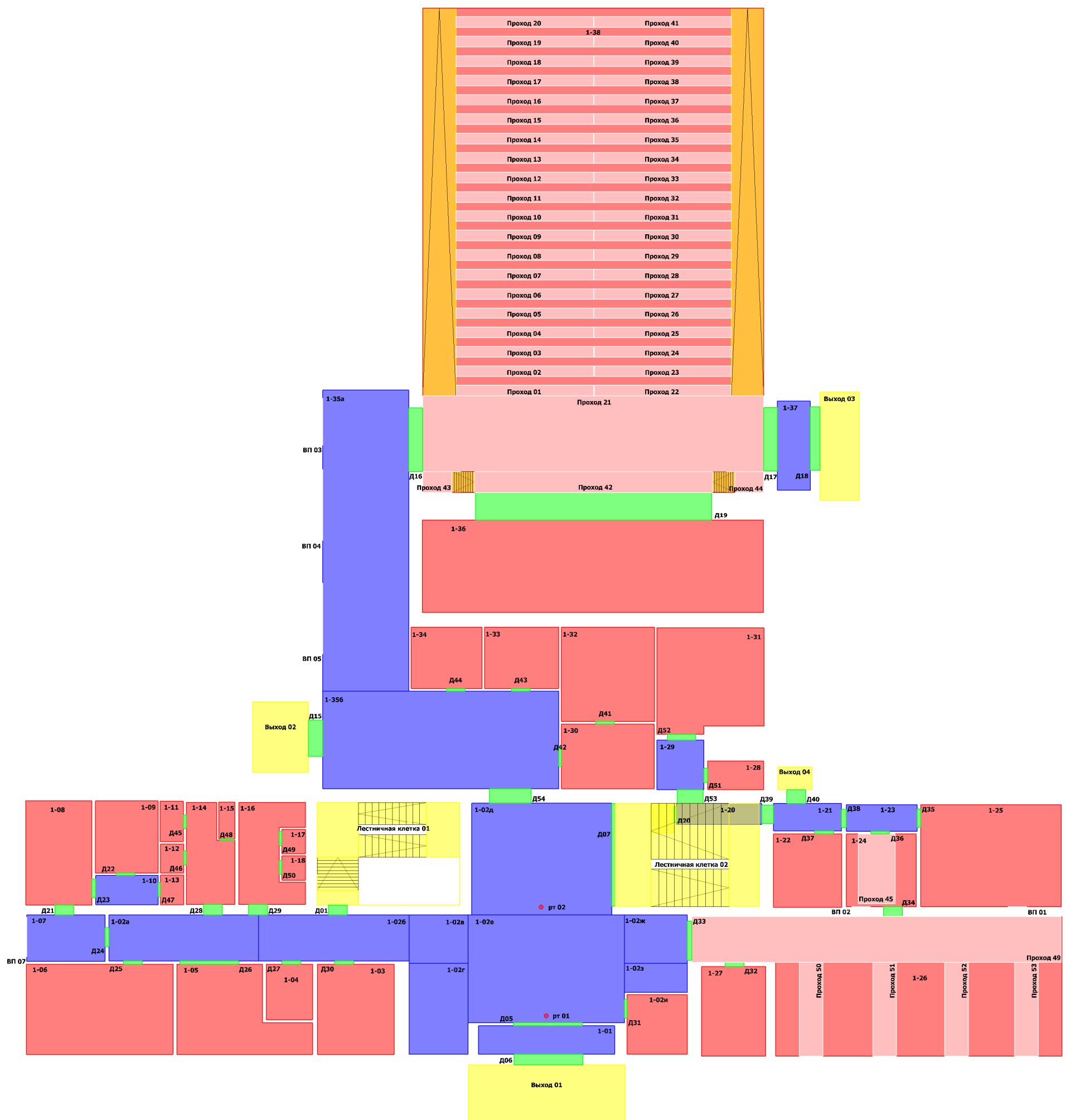


Рис. 7. Топология 1-го этажа здания Администрации г.о. Город

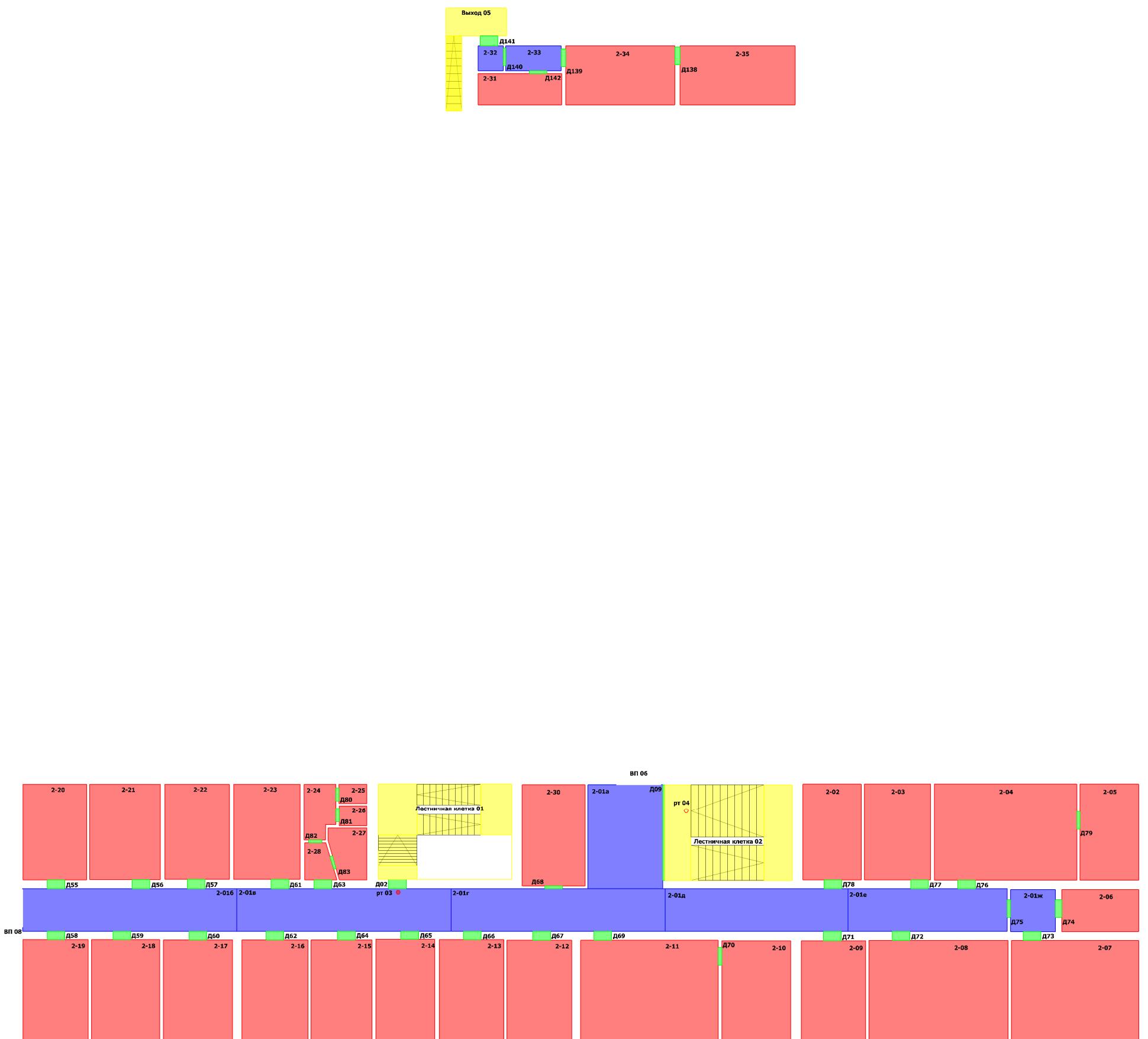


Рис. 8. Топология 2-го этажа здания Администрации г.о. Город

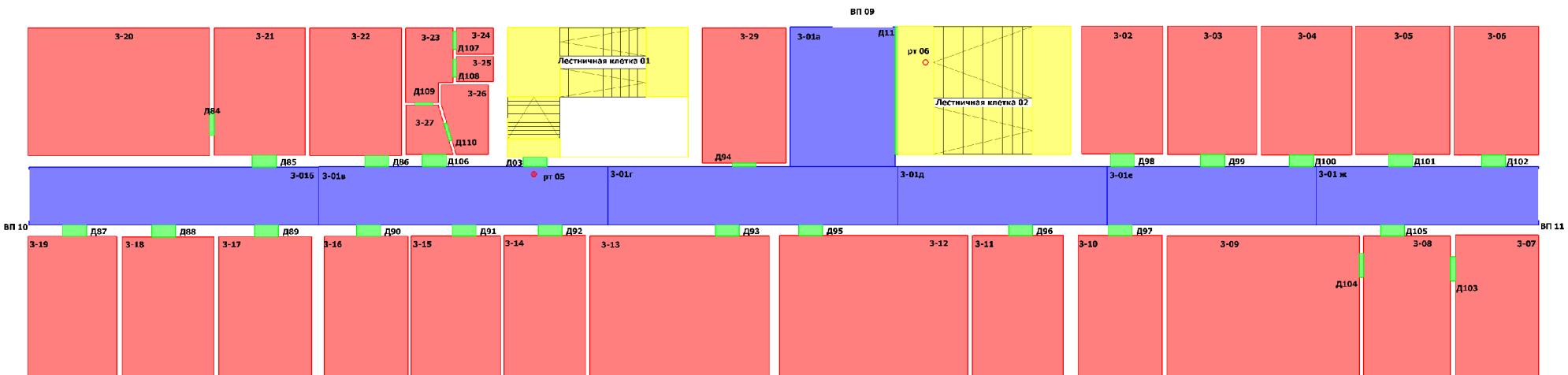


Рис. 9. Топология 3-го этажа здания Администрации г.о. Город

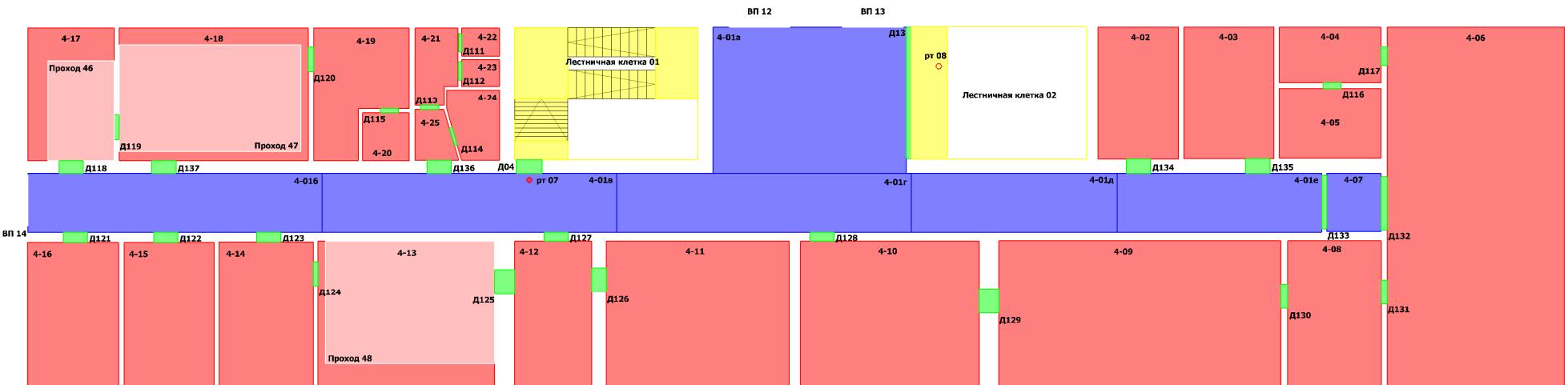


Рис. 10. Топология 4-го этажа здания Администрации г.о. Город

Таблица 1

Геометрические размеры помещений,
эвакуационных выходов и путей эвакуации

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
Этаж 01						4,00		
	1-01			5,77	1,23	3,40	0,00	7,11
		Д06		0,46	2,92	2,00	0,00	
	1-02а			6,34	1,97	3,40	0,19	12,47
	1-02б			6,38	1,97	3,40	0,19	12,56
		Д01		0,41	0,80	2,00	0,00	
	1-02в			2,50	2,06	3,40	0,00	5,15
	1-02г			3,86	2,50	3,40	0,00	9,67
	1-02д			5,94	4,72	3,40	0,00	28,00
		Д07		0,15	4,35	3,40	0,00	
		Д54		0,60	1,76	2,00	0,00	
		рт 02				1,70		
	1-02е			6,62	4,56	3,40	0,00	30,20
		Д05		0,13	2,92	2,00	0,00	
		рт 01				1,70		
	1-02ж			2,67	2,06	3,40	0,00	5,50
	1-02з			2,67	1,22	3,40	0,00	3,25
	1-02и			2,56	2,54	3,40		6,50
		Д31		0,11	0,80	2,00	0,00	
	1-03			3,84	3,25	3,40		12,48
		Д30		0,12	0,80	2,00	0,00	
	1-04			2,34	1,96	3,40		4,59
		Д27		0,12	0,80	2,00	0,00	
	1-05					3,40		16,80
		Д26		0,12	2,50	3,00	0,00	
	1-06			6,22	3,83	3,40		23,82
		Д25		0,12	0,80	2,00	0,00	
	1-07			3,33	1,97	3,40	0,00	6,57
		ВП 07			1,70	2,00		
		Д24		0,16	0,80	2,00	0,00	
	1-08			4,39	2,81	3,40		12,35
		Д21		0,42	0,80	2,00	0,00	
	1-09			3,05	2,67	3,40		8,14
		Д22		0,09	0,80	2,00	0,00	
	1-10			2,65	1,24	3,40	0,00	3,27
		Д23		0,16	0,80	2,00	0,00	
	1-11			1,72	0,99	3,40		1,70
		Д45		0,12	0,60	2,00	0,00	
	1-12			1,22	0,98	3,40		1,19
		Д46		0,11	0,60	2,00	0,00	
	1-13			1,25	0,99	3,40		1,23
		Д47		0,09	0,60	2,00	0,00	
	1-14					3,40		7,66
		Д28		0,44	0,80	2,00	0,00	
	1-15			1,58	0,68	3,40		1,08
		Д48		0,05	0,60	2,00	0,00	

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
	1-16					3,40		9,62
		Д29		0,44	0,80	2,00	0,00	
1-17				1,02	1,00	3,40		1,02
		Д49		0,10	0,60	2,00	0,00	
1-18				1,03	1,00	3,40		1,03
		Д50		0,10	0,60	2,00	0,00	
1-20				3,60	0,91	1,80	0,00	3,28
		Д20		0,11	0,70	1,70	0,00	
		Д39		0,50	0,80	1,80	0,00	
1-21				2,88	1,18	3,40	0,00	3,40
		Д40		0,57	0,80	2,00	0,00	
1-22				3,09	2,90	3,40		8,96
		Д37		0,12	0,80	2,00	0,00	
1-23				3,00	1,14	3,75	0,00	3,43
		Д38		0,20	0,80	2,00	0,00	
1-24				3,07	2,96	3,40		9,08
		ВП 02			0,80	0,80		
		Д34		0,41	0,80	2,00	0,00	
		Д36		0,10	0,80	2,00	0,00	
		Проход 45		2,94	1,56	0,10	0,00	
1-25				5,96	4,32	3,40		25,70
		ВП 01			0,80	0,80		
		Д35		0,15	0,80	2,00	0,00	
1-26						3,40		78,92
		ВП 01			0,80	0,80		
		ВП 02			0,80	0,80		
		Д33		0,18	1,68	2,00	0,00	
		Проход 49		15,67	1,95	0,10	0,00	
		Проход 50		3,99	1,00	0,10	0,00	
		Проход 51		3,99	1,00	0,10	0,00	
		Проход 52		3,99	1,00	0,10	0,00	
		Проход 53		3,99	1,00	0,10	0,00	
1-27				3,80	2,72	3,40		10,35
		Д32		0,18	0,80	2,00	0,00	
1-28				2,37	1,21	3,40		2,87
		Д51		0,16	0,60	2,00	0,00	
1-29				2,09	1,99	3,40	0,00	4,16
		Д53		0,57	1,10	2,00	0,00	
1-30				3,95	2,72	3,40		10,74
		Д42		0,10	0,80	2,00	0,00	
1-31						3,40		19,62
		Д52		0,25	1,20	2,00	0,00	
1-32				4,02	3,95	3,40		15,85
		Д41		0,10	0,80	2,00	0,00	
1-33				3,14	2,59	3,40		8,16
		Д43		0,12	0,80	2,00	0,00	
1-34				3,00	2,60	3,40		7,82
		Д44		0,11	0,80	2,00	0,00	
1-35a				12,75	3,64	3,40	0,00	46,46
		ВП 03			2,00	2,00		
		ВП 04			3,00	2,00		
		ВП 05			3,00	2,00		

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
	1-35б			10,00	4,13	3,40	0,00	41,35
		Д15		0,61	1,53	2,00	0,00	
1-36				14,45	3,89	7,35		56,30
		Д19		1,18	10,00	6,33	0,00	
1-37				3,77	1,40	3,75	0,00	5,27
		Д18		0,42	2,70	2,00	0,00	
1-38				20,48	14,46	7,33		296,13
		Д16		0,59	2,70	2,00	0,00	
		Д17		0,57	2,70	2,00	0,00	
	Проход 01			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 02			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 03			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 04			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 05			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 06			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 07			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 08			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 09			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 10			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 11			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 12			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 13			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 14			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 15			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 16			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 17			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 18			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 19			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 20			5,84	0,45	0,10	0,00	
	Проход 21			14,46	3,20	0,10	0,00	
	Проход 22			5,80	0,45	0,10	0,00	
	Проход 23			5,81	0,45	0,10	0,00	
	Проход 24			5,81	0,45	0,10	0,00	
	Проход 25			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 26			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 27			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 28			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 29			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 30			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 31			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 32			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 33			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 34			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 35			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 36			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 37			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 38			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 39			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 40			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 41			5,82	0,45	0,10	0,00	
	Проход 42			10,08	0,88	0,10	0,00	
	Проход 43			1,24	0,88	0,10	0,00	

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
		Проход 44		1,22	0,88	0,10	0,00	
		Рампа пом 01		16,40	1,41		0,00	
		Рампа пом 02		16,40	1,37		0,00	
		Рампа пом 03		0,96	0,88		0,00	
		Рампа пом 04		0,95	0,88		0,00	
	Выход 01			2,52	6,65	0,10	0,00	
	Выход 02			2,36	2,99	0,10	0,00	
	Выход 03			1,66	4,58	0,10	0,00	
	Выход 04			0,96	1,44	0,10	0,00	
	Лестничная клетка 01			6,03	4,34			
		Марш 01		1,39	1,75		0,00	
		Марш 02		2,88	0,95		0,00	
		Марш 03		2,88	0,95		0,00	
		Площадка 01		1,75	0,62		0,00	
		Площадка 02		2,32	1,75		0,00	
		Площадка 03		2,32	1,40		0,00	
	Лестничная клетка 02			6,10	4,36			
		Марш 17		3,30	1,57		0,00	
		Марш 18		3,30	2,38		0,00	
		Площадка 17		4,36	1,28		0,00	
		Площадка 18		4,36	1,52		0,00	
		Площадка 25		1,26	0,97		0,00	
Этаж 02						3,30		
	2-01а			4,73	3,39	2,70	0,00	16,01
		ВП 06			2,00	1,50		
		Д09		0,10	4,35	2,70	0,00	
	2-01б			9,70	1,94	2,70	0,38	18,86
		ВП 08			1,70	1,50		
	2-01в			9,70	1,94	2,70	0,38	18,87
		Д02		0,42	0,80	2,00	0,00	
		рт 03				1,70		
	2-01г			9,70	1,94	2,70	0,38	18,86
	2-01д			8,27	1,94	2,70	0,38	16,09
	2-01е			7,21	1,94	2,70	0,38	14,03
	2-01ж			2,04	1,89	2,70	0,00	3,85
		Д75		0,15	0,80	2,00	0,00	
	2-02			4,36	2,64	2,70		11,52
		Д78		0,40	0,80	2,00	0,00	
	2-03			4,36	3,00	2,70		13,08
		Д77		0,40	0,80	2,00	0,00	
	2-04			6,45	4,37	2,70		28,23
		Д76		0,38	0,80	2,00	0,00	
	2-05			4,37	2,66	2,70		11,64
		Д79		0,14	0,80	2,00	0,00	
	2-06			3,48	1,89	2,70		6,59
		Д74		0,28	0,80	2,00	0,00	
	2-07			5,77	4,74	2,70		27,32
		Д73		0,40	0,80	2,00	0,00	
	2-08			6,31	4,74	2,70		29,93
		Д72		0,42	0,80	2,00	0,00	

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
	2-09			4,72	2,92	2,70		13,77
		Д71		0,44	0,80	2,00	0,00	
	2-10			4,72	3,12	2,70		14,74
		Д70		0,17	0,80	2,00	0,00	
	2-11			6,22	4,75	2,70		29,57
		Д69		0,41	0,80	2,00	0,00	
	2-12			4,75	2,93	2,70		13,94
		Д67		0,41	0,80	2,00	0,00	
	2-13			4,78	2,92	2,70		13,95
		Д66		0,38	0,80	2,00	0,00	
	2-14			4,80	2,67	2,70		12,80
		Д65		0,36	0,80	2,00	0,00	
	2-15			4,77	2,76	2,70		13,16
		Д64		0,39	0,80	2,00	0,00	
	2-16			4,77	2,99	2,70		14,28
		Д62		0,39	0,80	2,00	0,00	
	2-17			4,77	3,14	2,70		14,97
		Д60		0,39	0,80	2,00	0,00	
	2-18			4,78	3,08	2,70		14,75
		Д59		0,38	0,80	2,00	0,00	
	2-19			4,78	2,95	2,70		14,13
		Д58		0,37	0,80	2,00	0,00	
	2-20			4,36	2,89	2,70		12,59
		Д55		0,40	0,80	2,00	0,00	
	2-21			4,35	3,20	2,70		13,91
		Д56		0,41	0,80	2,00	0,00	
	2-22			4,33	2,93	2,70		12,67
		Д57		0,42	0,80	2,00	0,00	
	2-23			4,34	3,01	2,70		13,05
		Д61		0,42	0,80	2,00	0,00	
	2-24					2,70		3,33
		Д82		0,12	0,60	2,00	0,00	
	2-25				1,27	0,87	2,70	
		Д80		0,14	0,60	2,00	0,00	
	2-26				1,25	0,92	2,70	
		Д81		0,15	0,60	2,00	0,00	
	2-27					2,70		3,69
		Д83		0,12	0,60	2,00	0,00	
	2-28					2,70		2,04
		Д63		0,40	0,80	2,00	0,00	
	2-30				4,60	2,85	2,70	
		Д68		0,12	0,80	2,00	0,00	
	2-31				3,79	1,44	3,05	
		Д142		0,12	0,80	2,00	0,00	
	2-32				1,15	1,12	3,05	0,00
		Д141		0,45	0,80	2,00	0,00	1,29
	2-33				2,51	1,13	3,05	0,00
		Д140		0,10	0,80	2,00	0,00	2,85
	2-34				4,94	2,69	3,05	
		Д139		0,20	0,80	2,00	0,00	13,28
	2-35				5,21	2,69	3,05	
		Д138		0,24	0,80	2,00	0,00	14,00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
	Выход 05			1,25	2,74	0,10	0,00	
	Лестничная клетка 01			6,03	4,34			
		Марш 04		1,39	1,75		0,00	
		Марш 05		2,88	0,95		0,00	
		Марш 06		2,88	0,95		0,00	
		Площадка 04		1,75	0,62		0,00	
		Площадка 05		2,32	1,75		0,00	
		Площадка 06		2,32	1,40		0,00	
	Лестничная клетка 02			5,77	4,35			
		Марш 14		3,30	1,59		0,00	
		Марш 16		3,30	2,38		0,00	
		Площадка 13		4,35	1,28		0,00	
		Площадка 15		4,35	1,18		0,00	
		рт 04				1,70		
	Рампа 01			3,42	0,71	0,10	0,00	2,44
Этаж 03						3,30		
	3-01 ж			7,45	1,94	2,75	0,37	14,46
		ВП 11			1,70	1,50		
	3-01а			4,67	3,51	2,75	0,00	16,37
		ВП 09			2,00	1,50		
		Д11		0,10	4,25	2,75	0,00	
	3-01б			9,70	1,93	2,75	0,37	18,71
		ВП 10			1,70	1,50		
	3-01в			9,70	1,94	2,75	0,37	18,84
		Д03		0,31	0,80	2,00	0,00	
		рт 05				1,70		
	3-01г			9,70	1,94	2,75	0,37	18,84
	3-01д			7,00	1,94	2,75	0,37	13,60
	3-01е			7,00	1,94	2,75	0,37	13,60
	3-02			4,27	2,72	2,75		11,61
		Д98		0,43	0,80	2,00	0,00	
	3-03			4,28	2,99	2,75		12,78
		Д99		0,42	0,80	2,00	0,00	
	3-04			4,29	3,03	2,75		12,98
		Д100		0,40	0,80	2,00	0,00	
	3-05			4,28	3,15	2,75		13,50
		Д101		0,41	0,80	2,00	0,00	
	3-06			4,29	2,82	2,75		12,09
		Д102		0,40	0,80	2,00	0,00	
	3-07			4,70	2,77	2,75		13,01
		Д103		0,17	0,80	2,00	0,00	
	3-08			4,67	2,91	2,75		13,60
		Д105		0,36	0,80	2,00	0,00	
	3-09			6,44	4,67	2,75		30,09
		Д104		0,14	0,80	2,00	0,00	
	3-10			4,68	2,83	2,75		13,23
		Д97		0,36	0,80	2,00	0,00	
	3-11			4,68	3,04	2,75		14,25
		Д96		0,36	0,80	2,00	0,00	
	3-12			6,31	4,69	2,75		29,59

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
		Д95		0,35	0,80	2,00	0,00	
3-13				6,01	4,67	2,75		28,08
		Д93		0,36	0,80	2,00	0,00	
3-14				4,68	2,74	2,75		12,82
		Д92		0,35	0,80	2,00	0,00	
3-15				4,67	2,99	2,75		13,98
		Д91		0,36	0,80	2,00	0,00	
3-16				4,66	2,79	2,75		13,01
		Д90		0,38	0,80	2,00	0,00	
3-17				4,65	3,11	2,75		14,45
		Д89		0,39	0,80	2,00	0,00	
3-18				4,64	3,08	2,75		14,27
		Д88		0,40	0,80	2,00	0,00	
3-19				4,65	2,97	2,75		13,83
		Д87		0,38	0,80	2,00	0,00	
3-20				6,08	4,27	2,75		25,96
		Д84		0,17	0,80	2,00	0,00	
3-21				4,25	3,04	2,75		12,92
		Д85		0,40	0,80	2,00	0,00	
3-22				4,26	3,08	2,75		13,12
		Д86		0,38	0,80	2,00	0,00	
3-23						2,75		3,63
		Д109		0,07	0,60	2,00	0,00	
3-24				1,24	0,88	2,75		1,09
		Д107		0,11	0,60	2,00	0,00	
3-25				1,24	0,84	2,75		1,04
		Д108		0,11	0,60	2,00	0,00	
3-26						2,75		3,24
		Д110		0,10	0,60	2,00	0,00	
3-27						2,75		2,19
		Д106		0,41	0,80	2,00	0,00	
3-29				4,51	2,80	2,75		12,64
		Д94		0,13	0,80	2,00	0,00	
	Лестничная клетка 01			6,03	4,34			
		Марш 07		1,39	1,75		0,00	
		Марш 08		2,88	0,95		0,00	
		Марш 09		2,88	0,95		0,00	
		Площадка 07		1,75	0,62		0,00	
		Площадка 08		2,32	1,75		0,00	
		Площадка 09		2,32	1,40		0,00	
	Лестничная клетка 02			5,77	4,26			
		Марш 21		3,30	1,58		0,00	
		Марш 22		3,30	2,38		0,00	
		Площадка 21		4,26	1,28		0,00	
		Площадка 22		4,27	1,18		0,00	
			рт 06			1,70		
Этаж 04						3,70		
	4-01a			6,37	4,79	2,75	0,00	30,51
		ВП 12			2,00	1,50		
		ВП 13			2,00	1,50		

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
		Д13		0,17	4,30	2,75	0,00	
4-01б				9,70	1,94	2,75	0,39	18,86
		ВП 14			1,70	1,50		
4-01в				9,70	1,94	2,75	0,39	18,87
		Д04		0,43	0,85	2,00	0,00	
		рт 07				1,70		
4-01г				9,70	1,94	2,75	0,39	18,87
4-01д				6,78	1,94	2,75	0,39	13,19
4-01е				6,74	1,94	2,75	0,39	13,11
4-02				4,33	2,65	2,75		11,47
		Д134		0,46	0,80	2,00	0,00	
4-03				4,31	2,98	2,75		12,83
		Д135		0,48	0,80	2,00	0,00	
4-04				3,36	1,80	2,75		6,05
		Д117		0,20	0,60	2,00	0,00	
4-05				3,36	2,30	2,75		7,71
		Д116		0,19	0,60	2,00	0,00	
4-06				11,77	5,84	2,75		68,77
		Д131		0,19	0,80	2,00	0,00	
		Д132		0,20	1,77	2,00	0,00	
4-07				1,92	1,78	2,75	0,00	3,43
		Д133		0,17	1,77	2,00	0,00	
4-08				4,75	3,08	2,75		14,64
		Д130		0,22	0,80	2,00	0,00	
4-09				9,30	4,76	2,75		44,23
		Д129		0,64	0,80	2,00	0,00	
4-10				5,89	4,74	2,75		27,94
		Д128		0,29	0,80	2,00	0,00	
4-11				6,03	4,74	2,75		28,59
		Д126		0,47	0,80	2,00	0,00	
4-12				4,74	2,54	2,75		12,04
		Д127		0,29	0,80	2,00	0,00	
4-13				5,83	4,74	2,75		27,66
		Д124		0,14	0,80	2,00	0,00	
		Д125		0,66	0,80	2,00	0,00	
		Проход 48		5,58	4,02	0,10	0,00	
4-14				4,72	3,11	2,75		14,68
		Д123		0,31	0,80	2,00	0,00	
4-15				4,70	2,97	2,75		13,95
		Д122		0,34	0,80	2,00	0,00	
4-16				4,70	3,00	2,75		14,11
		Д121		0,34	0,80	2,00	0,00	
4-17				4,35	2,85	2,75		12,39
		Д118		0,41	0,80	2,00	0,00	
		Проход 46		3,29	2,18	0,10	0,00	
4-18				6,24	4,35	2,75		27,14
		Д119		0,16	0,80	2,00	0,00	
		Д137		0,41	0,80	2,00	0,00	
		Проход 47		5,98	3,51	0,10	0,00	
4-19						2,75		10,85
		Д120		0,17	0,80	2,00	0,00	
4-20				1,56	1,54	2,75		2,41

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м	Площадь, м ²
		Д115		0,14	0,60	2,00	0,00	
4-21						2,75		3,29
		Д113		0,14	0,60	2,00	0,00	
4-22				1,24	0,92	2,75		1,14
		Д111		0,10	0,60	2,00	0,00	
4-23				1,25	0,87	2,75		1,08
		Д112		0,10	0,60	2,00	0,00	
4-24						2,75		3,62
		Д114		0,10	0,60	2,00	0,00	
4-25						2,75		1,99
		Д136		0,42	0,80	2,00	0,00	
	Лестничная клетка 01			6,03	4,34			
		Марш 10		1,39	1,75		0,00	
		Марш 11		2,88	0,95		0,00	
		Марш 12		2,88	0,95		0,00	
		Площадка 10		1,75	0,62		0,00	
		Площадка 11		2,32	1,75		0,00	
		Площадка 12		2,32	1,40		0,00	
	Лестничная клетка 02			5,77	4,33			
		Площадка 26		4,33	1,18		0,00	
			рт 08			1,70		

5. ВЫБОР И ФОРМУЛИРОВКА СЦЕНАРИЯ ПОЖАРА

Выбор расчетного сценария сделан экспертным путем, на основе анализа пожарной опасности здания, объемно-планировочных решений объекта защиты, параметров эвакуационных путей и выходов, а также количества и мест размещения людей в помещениях. При этом учитывалось требование п. 1.2 приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91.

В результате был выбран сценарий возникновения пожара в одном из помещений архива, расположенным на 1-м этаже здания (помещение 33 на плане 1-го этажа в техническом паспорте здания; элемент топологии «1-33»).

Указанное помещение имеет малый объем и находится вблизи одного из эвакуационных выходов с 1-го этажа и из здания. Кроме того, в указанном помещении находится довольно большое количество пожарной нагрузки (бумага, картон, древесина).

Принимаем, что пожар распространяется внутри помещения до максимальной площади, равной площади помещения. Опасные факторы пожара распространяются из помещения очага пожара в фойе актового зала, блокируя выход из него непосредственно наружу (Выход 02), а также выход в фойе из актового зала. Дальнейшее распространение опасных факторов пожара происходит центральный вестибюль с внутренней открытой лестницей, а затем – через открытые проемы в междуэтажных перекрытиях – на вышерасположенные этажи.

Предполагаем, что в момент возникновения пожара все работники находятся в здании на своих местах. Их численность в здании составляет 137 человек. Кроме того, допущено присутствие в административных кабинетах руководителей на 2-м, 3-м и 4-м этажах некоторого количества посетителей (10 человек). Также принято присутствие людей в актовом зале на 1-м этаже здания – по полной вместимости зала (440 человек на местах для зрителей и 10 человек – на сцене). Общее количество людей в здании составило 597 человек.

При построении схемы эвакуации сделано допущение, что выход из фойе актового зала (Выход 02) оказывается блокированным опасными факторами пожара с момента его возникновения.

Эвакуация людей из основной (административной) части здания осуществляется через центральный вход (Выход 01). Эвакуация людей из актового зала осуществляется в один выход (Выход 03). Эвакуация людей из блока кухонных помещений осуществляется через собственный выход непосредственно наружу (Выход 04). Эвакуация со 2-го, 3-го и 4-го этажей осуществляется в лестничную клетку типа Л1 (элемент топологии «Лестничная клетка 01») и внутреннюю открытую лестницу (элемент топологии «Лестничная клетка 02»), до блокирования одной из них.

В связи с наличием в здании системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 2-го типа, в соответствии с п. 2.5 приложения 2 ГОСТ

12.1.004-91, время начала эвакуации из всех помещений здания принято равным 0,5 минуты.

В расчете времени эвакуации площадь горизонтальной проекции людей принята:

- для работников здания, а также для посетителей, находящихся на 2-м, 3-м и 4-м этажах административной части здания – как для взрослого человека в зимней одежде. В связи с отсутствием гардероба верхней одежды для персонала, их одежда находится в рабочих кабинетах и, соответственно, эвакуироваться они будут в одежде; посетители, при кратковременных посещениях, также гардеробом верхней одежды, как правило, не пользуются;
- для людей, находящихся в актовом зале – как для взрослого человека в летней одежде, в связи с наличием общего гардероба для посетителей на 1-м этаже.



6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОТ НАЧАЛА ПОЖАРА ДО БЛОКИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ

6.1. Математическая модель развития пожара

Для определения времени блокирования была использована интегральная модель развития пожара, описанная в пункте 2.5 приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91*.

Время блокирования $\tau_{бл}$ вычисляют путем расчета значений допустимой концентрации дыма и других ОФП на эвакуационных путях в различные моменты времени. Допускается время $\tau_{бл}$ принимать равным необходимому времени эвакуации $t_{нб}$.

Необходимое время эвакуации рассчитывается как произведение критической для человека продолжительности пожара на коэффициент безопасности. Предполагается, что каждый опасный фактор воздействует на человека независимо от других.

Критическая продолжительность пожара для людей, находящихся на этаже очага пожара, определяется из условия достижения одним из ОФП в поэтажном коридоре своего предельно допустимого значения. В качестве критерия опасности для людей, находящихся выше очага пожара, рассматривается условие достижения одним из ОФП предельно допустимого значения в лестничной клетке на уровне этажа пожара.

Значения температуры, концентраций токсичных компонентов продуктов горения и оптической плотности дыма в коридоре этажа пожара и в лестничной клетке определяются в результате решения системы уравнений теплогазообмена для помещений очага пожара, поэтажного коридора и лестничной клетки.

Уравнения движения, связывающие значения перепадов давлений на проемах с расходами через проемы, имеют вид

$$G = \text{sign}(\Delta m) \mu B(y_2 - y_1) \sqrt{2 \tilde{\rho} |\Delta P|}, \quad (9)$$

где G — расход через проем, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$;

μ — коэффициент расхода проема ($\mu=0,8$ для закрытых проемов и $\mu=0,64$ для открытых);

B — ширина проемов, м;

y_2, y_1 — нижняя и верхняя границы потока, м;

$\tilde{\rho}$ — плотность газов, проходящих через проем, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$,

ΔP — средний в пределах y_2, y_1 перепад полных давлений, Па.

Нижняя и верхняя границы потока зависят от положения плоскости равных давлений

$$y_0 = \frac{m_i - m_j}{g(\rho_j - \rho_i)}, \quad (10)$$

где P_i, P_j — статическое давление на уровне пола i -го и j -го помещений, Па;



$\rho_j \rho_i$ — среднеобъемные плотности газа в j -м и i -м помещениях, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;
 g — ускорение свободного падения, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$

Если плотность равных давлений располагается вне границ рассматриваемого проема ($y_0 \leq h_1$ или $y_0 \geq h_2$), то поток в проеме течет в одну сторону и границы потока совпадают с физическими границами проема h_1 и h_2 . Перепад давлений (ΔP), Па, в этом случае вычисляют по формуле

$$\Delta P = P_i - P_j + g(h_1 + h_2)(\rho_i - \rho_j)/2. \quad (11)$$

Если плоскость равных давлений располагается в границах потока ($h_1 < y_0 < h_2$), то в проеме текут два потока: из i -го помещения в j -е из j -го в i -е. Нижний поток имеет границы h_1 и y_0 , перепад давления ΔP для этого потока определяется по формуле

$$\Delta P = P_i - P_j + g(y_0 + h_1)(\rho_j - \rho_i)/2. \quad (12)$$

Поток в верхней части проема имеет границы y_0 и h_2 , перепад давления (ΔP) для него рассчитывается по формуле

$$\Delta P = P_i - P_j + g(h_2 + y_0)(\rho_j - \rho_i)/2. \quad (13)$$

Знак расхода газов (входящий в помещение расход считается положительным, выходящий — отрицательным) и значение $\tilde{\rho}$ зависят от знака перепада давлений

$$\tilde{\rho}, sign(\Delta P) = \begin{cases} -1, & \tilde{\rho} = \rho_j \text{ при } \Delta P < 0 \\ +1, & \tilde{\rho} = \rho_i \text{ при } \Delta P \geq 0. \end{cases} \quad (14)$$

Уравнение баланса массы выражается зависимостью

$$d(\rho_j V_i)/dt = \Psi + \sum_i G_i - \sum_k G_k, \quad (15)$$

где V_j — объем помещения, м^3 ;

t — время, с;

Ψ — скорость выгорания пожарной нагрузки, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$;

$\sum_i G_i$ — сумма расходов, входящих в помещение, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$;

$\sum_k G_k$ — сумма расходов, выходящих из помещения, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$.

Уравнение энергии для коридора и лестничной клетки

$$d(C_v \rho_j V_j T_j)/dt = C_p \sum_i T_i G_i - C_p T_j \sum_k G_k, \quad (16)$$

где C_v , C_p — удельная изохорная и изобарная теплоемкости, $\text{кДж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;

T_i , T_j — температуры газов в i -м и j -м помещениях, К.

Уравнение баланса масс отдельных компонентов продуктов горения и кислорода

$$d(X_{L,j} \rho_j V_j)/dt = \psi L_L + \sum_i X_{L,i} G_i - X_{L,j} \sum_k G_k, \quad (17)$$

где $X_{L,i}$, $X_{L,j}$ — концентрация L -го компонента продуктов горения в j -м и i -м помещениях, $\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$;

L_L — количество L -го компонента продуктов горения (кислорода), выделяющегося (поглощающегося) при сгорании одного килограмма пожарной нагрузки, $\text{кг}\cdot\text{кг}^{-1}$.

Уравнение баланса оптической плотности дыма

$$V_j d\mu_j/dt = \psi D_m + \sum_i \mu_i G_i - \mu_j \sum_k G_k, \quad (18)$$

где μ_i , μ_j — оптическая плотность дыма в j -м и i -м помещениях $\text{Нп}\cdot\text{м}^{-1}$;

D_m — дымообразующая способность пожарной нагрузки, $\text{Нп}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$.



Оптическая плотность дыма при обычных условиях связана с расстоянием предельной видимости в дыму соотношением

$$l_{np} = 2,38 / \mu . \quad (19)$$

При отсутствии специальных требований значение l_{np} принимают равным 20 м.

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

по повышенной температуре – 70°C;

по тепловому потоку – 1400 Вт/м²;

по потере видимости – 20 м;

по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м³;

по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO₂ – 0,11 кг/м³; CO – 1,16·10⁻³ кг/м³; HCL – 23·10⁻⁶ кг/м³).

Исходные данные для проведения расчетов могут быть взяты из справочной литературы.

Из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара выбирается минимальное

$$t_{kp} = \min \{ t_{kp}^m, t_{kp}^{n.e}, t_{kp}^{O_2}, t_{kp}^{m.e} \}. \quad (20)$$

Необходимое время эвакуации людей ($t_{n\delta}$), мин, из рассматриваемого помещения рассчитывают по формуле

$$t_{n\delta} = \frac{0,8t_{kp}}{60}. \quad (21)$$

6.2. Моделирование динамики развития пожара и определение времени блокирования

Для расчета использована программа «СИТИС: ВИМ 1.70», реализующая интегральную математическую модель развития пожара, описанную в пункте 2.5 приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91*, и вероятностную модель распространения пожара по площади. Локальные значения опасных факторов пожара на уровне рабочей зоны определяются исходя из распределения их величин по высоте помещения, полученного Т.Г. Меркушкиной, Ю.С. Зотовым и В.Н. Тимошенко, которое представлено в формуле (29) приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91*.

В качестве исходных данных принято:

Пожар происходит в одном из помещений архива, расположеннном на 1-м этаже здания (помещение 33 на плане 1-го этажа в техническом паспорте здания; элемент топологии «1-33»).

Указанное помещение имеет малый объем и находится вблизи одного из эвакуационных выходов с 1-го этажа и из здания. Кроме того, в указанном помещении находится довольно большое количество пожарной нагрузки (бумага, картон, древесина).



Пожар распространяется внутри помещения до максимальной площади, равной площади помещения. Опасные факторы пожара распространяются из помещения очага пожара в фойе актового зала, блокируя выход из него непосредственно наружу (Выход 02), а также выход в фойе из актового зала. Дальнейшее распространение опасных факторов пожара происходит центральный вестибюль с внутренней открытой лестницей, а затем – через открытые проемы в междуэтажных перекрытиях – на вышерасположенные этажи.

В расчетный сценарий включены: помещение очага пожара, фойе актового зала, центральный вестибюль с примыкающим коридором, внутренняя открытая лестница, фойе и коридоры 2-го, 3-го и 4-го этажей.

Дверь из помещения очага пожара (элемент топологии «1-33») в фойе актового зала (элементы топологии «1-35а», «1-35б»), а также дверь из фойе актового зала в центральный вестибюль открыты. Двери других помещений, выходящих в вестибюль, фойе и коридоры 1-го, 2-го, 3-го и 4-го этажей закрыты. Двери из лестничной клетки (элемент топологии «Лестничная клетка 01») в коридоры на всех этажах закрыты.

В соответствии с рекомендациями Руководства пользователя (п. 9.2) и Технического руководства (п. 6.4) СИТИС: ВИМ 1.70 [11, 12], в расчетный сценарий включены наружные проемы, имитирующие окна, а также наружные двери. Степень их открытия принята минимально необходимой для связи расчетной модели с внешней средой и выравнивания давления.

Для контроля за распространением опасных факторов пожара, определения времени блокирования помещений и путей эвакуации и последующего сопоставления с расчетным временем эвакуации в элементах топологии были расставлены 8 расчетных точек:

- рт 01, рт 02 – на 1-м этаже, в центральном вестибюле (элементы топологии 1-02д» и «1-02е» соответственно;
- рт 03 – на 2-м этаже, в коридоре (элемент топологии «2-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);
- рт 04 – на 2-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»);
- рт 05 – на 3-м этаже, в коридоре (элемент топологии «3-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);
- рт 06 – на 3-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»);
- рт 07 – на 4-м этаже, в коридоре (элемент топологии «4-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);
- рт 08 – на 4-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»).

В расчете принята типовая пожарная нагрузка «Библиотеки, архивы; книги, журналы на стеллажах» [8].

Моделирование пожара осуществлялось в течение 600 секунд с момента его возникновения.

Начальная температура в помещениях принята равной 20°C.



Начальная освещенность во всех элементах топологии принята равной 50 лк.

Критическое значение дальности видимости в дыму принималось для каждой расчетной точки:

- в случаях, когда оба горизонтальных линейных размера помещения (коридора, фойе, вестибюля) меньше 20 м – равным наибольшему горизонтальному линейному размеру;
- в других случаях – равным 20 м.

Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара показана на рисунках 11 – 15.

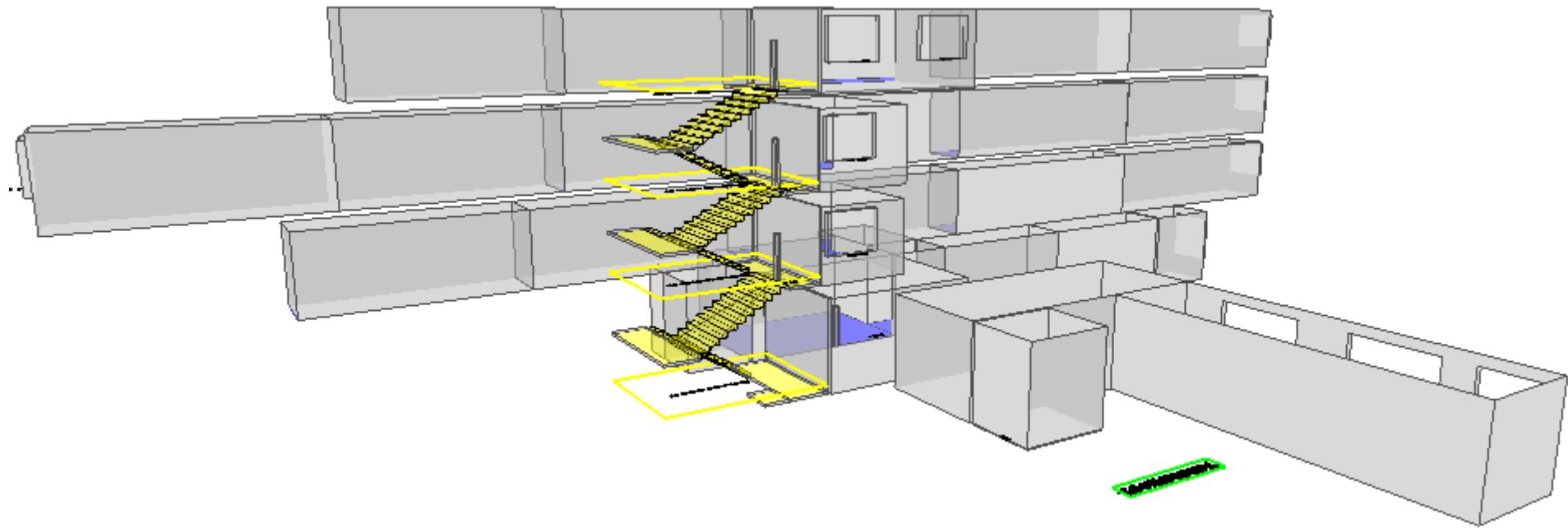


Рис. 11. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара: общий вид

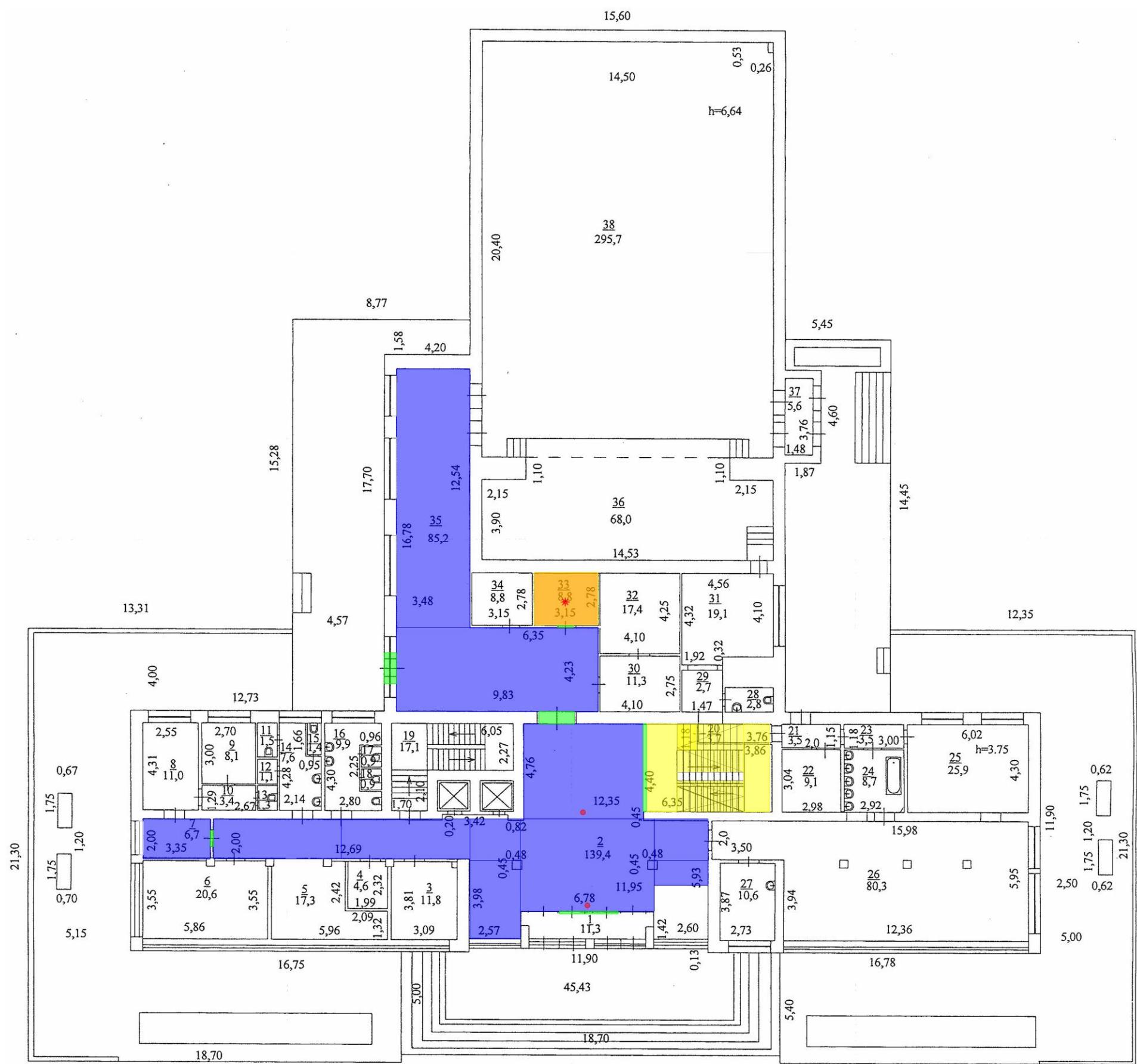


Рис. 12. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара: 1-й этаж

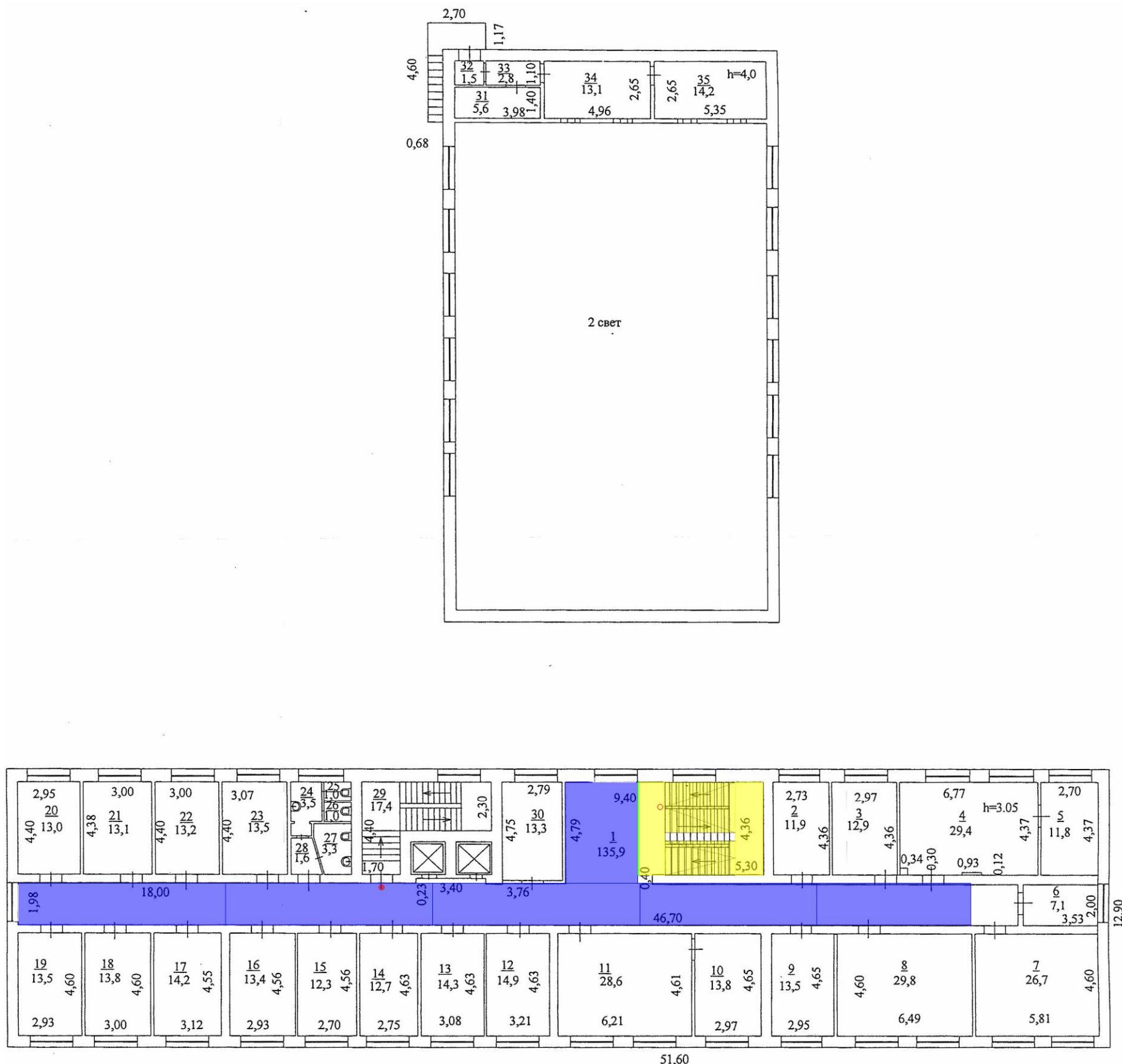


Рис. 13. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара: 2-й этаж

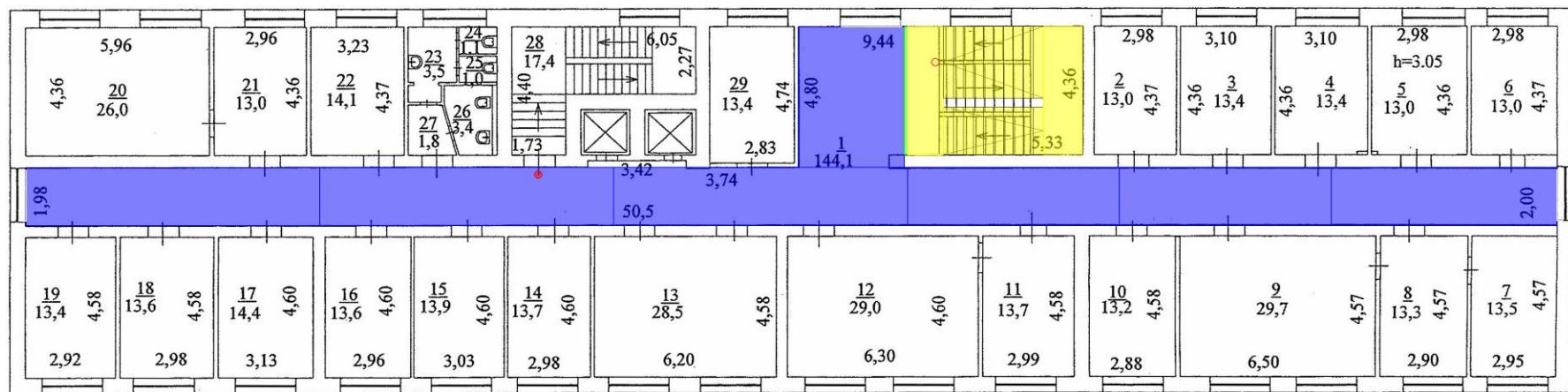


Рис. 14. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара: 3-й этаж

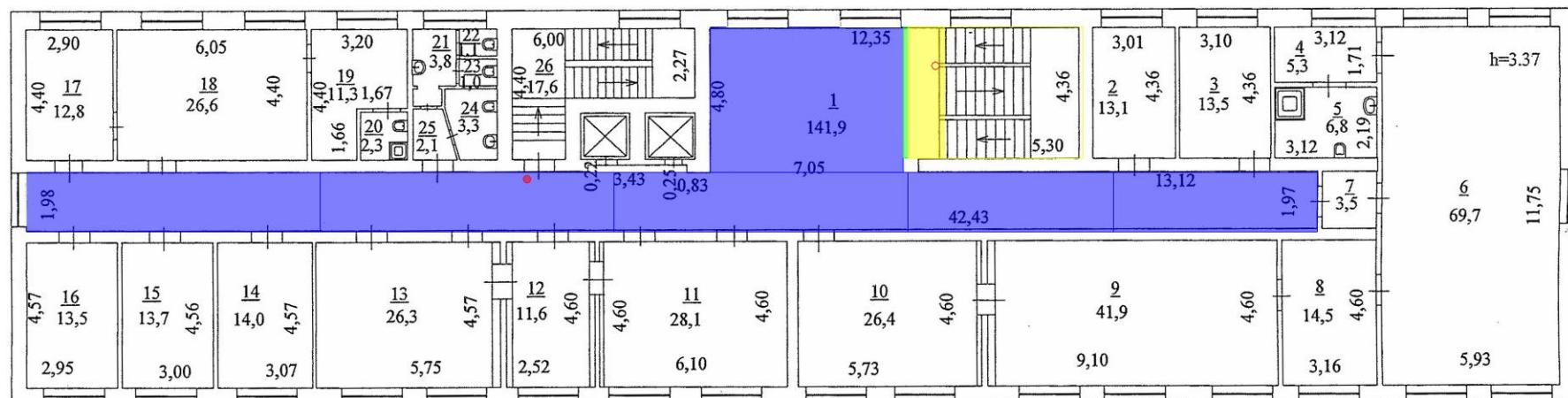


Рис. 15. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара: 3-й этаж

Исходные данные для моделирования пожара приведены в таблицах 2 – 5.

Таблица 2
Основные параметры элементов сценария

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м ²
Этаж 01						4,00	
	1-02а			6,34	1,97	3,40	12,47
	1-02б			6,38	1,97	3,40	12,56
	1-02в			2,50	2,06	3,40	5,15
	1-02г			3,86	2,50	3,40	9,67
	1-02д			5,94	4,72	3,40	28,00
		Д07		0,15	4,35	3,40	
		Д54		0,60	1,76	2,00	
		рт 02				1,70	
	1-02е			6,62	4,56	3,40	30,20
		Д05		0,13	2,92	2,00	
		рт 01				1,70	
	1-02ж			2,67	2,06	3,40	5,50
	1-02з			2,67	1,22	3,40	3,25
	1-07			3,33	1,97	3,40	6,57
		ВП 07			1,70	2,00	
		Д24		0,16	0,80	2,00	
	1-33			3,14	2,59	3,40	8,16
		Д43		0,12	0,80	2,00	
	1-35а			12,75	3,64	3,40	46,46
		ВП 03			2,00	2,00	
		ВП 04			3,00	2,00	
		ВП 05			3,00	2,00	
	1-35б			10,00	4,13	3,40	41,35
		Д15		0,61	1,53	2,00	
	Лестничная клетка 02			6,10	4,36	4,00	26,62
		Площадка 17		4,36	1,28		
		Площадка 18		4,36	1,52		
		Площадка 25		1,26	0,97		
Этаж 02						3,30	
	2-01а			4,73	3,39	2,70	16,01
		ВП 06			2,00	1,50	
		Д09		0,10	4,35	2,70	
	2-01б			9,70	1,94	2,70	18,86
		ВП 08			1,70	1,50	
	2-01в			9,70	1,94	2,70	18,87
		рт 03				1,70	
	2-01г			9,70	1,94	2,70	18,86
	2-01д			8,27	1,94	2,70	16,09
	2-01е			7,21	1,94	2,70	14,03
	Лестничная клетка 02			5,77	4,35	3,30	25,11
		Площадка 13		4,35	1,28		
		Площадка 15		4,35	1,18		
		рт 04				1,70	
Этаж 03						3,30	

Этаж	Объект	Дочерний объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м ²
	3-01 ж			7,45	1,94	2,75	14,46
		ВП 11			1,70	1,50	
	3-01а			4,67	3,51	2,75	16,37
		ВП 09			2,00	1,50	
		Д11		0,10	4,25	2,75	
	3-01б			9,70	1,93	2,75	18,71
		ВП 10			1,70	1,50	
	3-01в			9,70	1,94	2,75	18,84
		рт 05				1,70	
	3-01г			9,70	1,94	2,75	18,84
	3-01д			7,00	1,94	2,75	13,60
	3-01е			7,00	1,94	2,75	13,60
	Лестничная клетка 02			5,77	4,26	3,30	24,60
		Площадка 21		4,26	1,28		
		Площадка 22		4,27	1,18		
			рт 06			1,70	
Этаж 04						3,70	
	4-01а			6,37	4,79	2,75	30,51
		ВП 12			2,00	1,50	
		ВП 13			2,00	1,50	
		Д13		0,17	4,30	2,75	
	4-01б			9,70	1,94	2,75	18,86
		ВП 14			1,70	1,50	
	4-01в			9,70	1,94	2,75	18,87
		рт 07				1,70	
	4-01г			9,70	1,94	2,75	18,87
	4-01д			6,78	1,94	2,75	13,19
	4-01е			6,74	1,94	2,75	13,11
	Лестничная клетка 02			5,77	4,33	3,70	25,00
		Площадка 26		4,33	1,18		
			рт 08			1,70	

Таблица 3
Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		1-33
Длина	м	3,14
Ширина	м	2,59
Площадь	м ²	8,16
Типовая горючая нагрузка		Библиотеки, архивы; книги, журналы на стеллажах
Масса на единицу площади	кг/м ²	20
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0103
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	14,5
Удельная скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,011
Удельное потребление кислорода	кг/кг	1,154
Дымообразующая способность	Нп·м ² /кг	49,5

Параметр	Ед. изм.	Значение
Удельное выделение CO ₂	кг/кг	1,1087
Удельное выделение CO	кг/кг	0,0974
Удельное выделение HCl	кг/кг	0

Таблица 4
Свойства дверей и проёмов в сценарии

Этаж	Объект	Расположение	Состояние, %
Этаж 01			
	ВП 03	1-35а	5
	ВП 04	1-35а	5
	ВП 05	1-35а	5
	ВП 07	1-07	5
	Д05	1-02е	10
	Д07	1-02д	100
	Д15	1-35б	10
	Д24	1-07	100
	Д43	1-33	100
	Д54	1-02д	100
Этаж 02			
	ВП 06	2-01а	5
	ВП 08	2-01б	5
	Д09	2-01а	100
Этаж 03			
	ВП 09	3-01а	5
	ВП 10	3-01б	5
	ВП 11	3-01 ж	5
	Д11	3-01а	100
Этаж 04			
	ВП 12	4-01а	5
	ВП 13	4-01а	5
	ВП 14	4-01б	5
	Д13	4-01а	100

Таблица 5
Предельно допустимые значения дальности видимости в расчетных точках

Расчетная точка	Определение ПДЗ по видимости	Предельная дальность видимости в дыму, м
рт 01	Вручную	10
рт 02	Вручную	10
рт 03	Вручную	20
рт 04	Автоматически	5,77
рт 05	Вручную	20
рт 06	Автоматически	5,77
рт 07	Вручную	20
рт 08	Автоматически	5,77

Результаты расчетов критической продолжительности пожара представлены в таблице 6.



Таблица 6
Время блокирования

Расчетная точка	Критическая продолжительность пожара, с	Время достижения опасными факторами пожара критических значений, с						
		По повышенной температуре	По потере видимости	По пониженному содержанию кислорода	По CO ₂	По CO	По HCL	По тепловому потоку
рт 01	273	более 600	273	более 600	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 02	245	253	245	276	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 03	341	389	341	402	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 04	352	352	378	363	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 05	363	473	363	440	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 06	425	449	436	425	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 07	390	441	390	450	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается
рт 08	585	более 600	585	более 600	более 600	более 600	более 600	не рассчитывается

По результатам расчетов определено, что:

- блокирование опасными факторами пожара выхода наружу из центрального вестибюля (элемент топологии «1-02е», расчетная точка рт 01) наступает через 273 секунд с момента возникновения пожара; наиболее опасным фактором пожара является дым, вызывающий потерю видимости;
- блокирование выхода из коридора 2-го этажа (элемент топологии «2-01в», расчетная точка рт 03) в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01») происходит через 341 секунду после возникновения пожара;
- через 353 секунды с момента возникновения пожара блокируется его опасными факторами внутренняя открытая лестница (элемент топологии «Лестничная клетка 02») на уровне 2-го этажа (элемент топологии «Площадка 15», расчетная точка рт 04);

- блокирование выхода из коридора 3-го этажа (элемент топологии «3-01в», расчетная точка рт 05) в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01») происходит на 363 секунде;
- через 425 секунды с момента возникновения пожара блокируется его опасными факторами внутренняя открытая лестница (элемент топологии «Лестничная клетка 02») на уровне 3-го этажа (элемент топологии «Площадка 15», расчетная точка рт 06);
- блокирование выхода из коридора 4-го этажа (элемент топологии «4-01в», расчетная точка рт 07) в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01») происходит через 390 секунд после возникновения пожара;
- через 585 секунд с момента возникновения пожара блокируется внутренняя открытая лестница (элемент топологии «Лестничная клетка 02») на уровне 4-го этажа (элемент топологии «Площадка 26», расчетная точка рт 08).

Необходимое время эвакуации $t_{нб}$ определяем отдельно для каждой расчетной точки, по формуле (21)².

Время блокирования $\tau_{бл}$ принято равным необходимому времени эвакуации $t_{нб}$ и составляет:

- рт 01 – 3,64 минуты;
- рт 02 – 3,28 минуты;
- рт 03 – 4,56 минуты;
- рт 04 – 4,70 минуты;
- рт 05 – 4,85 минуты;
- рт 06 – 5,68 минуты;
- рт 07 – 5,21 минуты;
- рт 08 – 7,81 минуты.

Распространение дыма по расчетной области проиллюстрировано на рисунке 16.

² Здесь и далее ссылки на номера формул сделаны в соответствии с их нумерацией, принятой в настоящем Отчете.



Рис. 16. Распространение дыма по зданию Администрации через 273 секунды с момента возникновения пожара

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЭВАКУАЦИИ

7.1. Методика определения расчетного времени эвакуации людей

Расчетное время эвакуации людей из помещений определено на основе моделирования движения людей по упрощенной аналитической модели движения людского потока, описанной в пункте 2.4 приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91*.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п.

При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршрутам, а также по пандусам измеряется по длине маршса. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину l_i .

Расчетное время эвакуации людей (t_p) следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (22)$$

где t_1 — время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин; t_2, t_3, \dots, t_i — время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути мин;

Время движения людского потока по первому участку пути (t_1), мин, вычисляют по формуле

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad (23)$$

где l_1 — длина первого участка пути, м;

v_1 — значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по таблице 7 в зависимости от плотности D , м/мин.

Плотность людского потока (D_1) на первом участке пути, $\text{м}^2/\text{м}^2$, вычисляют по формуле

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1}, \quad (24)$$

где N_1 — число людей на первом участке, чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, принимаемая равной, м^2 :

- взрослого в домашней одежде 0,1



- взрослого в зимней одежде 0,125
- подростка 0,07

δ_1 , — ширина первого участка пути, м.

Скорость v_1 движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимается по таблице 7 в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которое вычисляют для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (25)$$

где δ_i , δ_{i-1} — ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м;

q_i , q_{i-1} — значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и предшествующему участкам пути, м/мин, значение интенсивности движения людского потока на первом участке пути ($q = q_{i-1}$), определяемое по таблице 7 по значению D_1 установленному по формуле (24).

Таблица 7

Плотность потока D , m^2/m^2	Горизонтальный путь		Дверной проем интенсивность q , м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин		Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100,	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	16,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание. Табличное значение интенсивности движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более, равное 8,5 м/мин, установлено для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины δ интенсивность движения следует определять по формуле $q = 2,5 + 3,75 \delta$.

Если значение q_i , определяемое по формуле (25), меньше или равно значению q_{max} , то время движения по участку пути (t_i) в минуту

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}; \quad (26)$$

при этом значения q_{max} следует принимать равными, м/мин:

- для горизонтальных путей 16,5
- для дверных проемов 19,6
- для лестницы вниз 16
- для лестницы вверх 11

Если значение q_i , определенное по формуле (25), больше q_{max} , то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором

соблюдается условие

$$q_i \leq q_{\max}. \quad (27)$$

При невозможности выполнения условия (27) интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути i определяют по таблице 7 при значении $D=0,9$ и более. При этом должно учитываться время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления.

При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков (рис. 17) интенсивность движения (q_i), м/мин, вычисляют по формуле

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (28)$$

где q_{i-1} — интенсивность движения людских потоков, сливавшихся в начале участка i , м/мин.

δ_{i-1} — ширина участков пути слияния, м;

δ_i — ширина рассматриваемого участка пути, м.

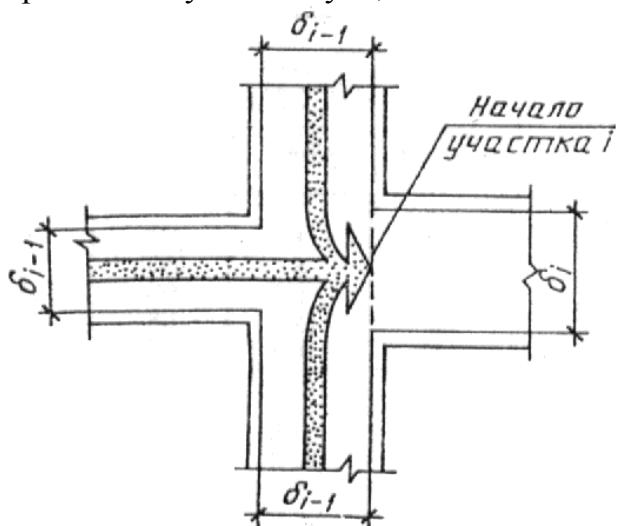


Рис. 17. Слияние людских потоков

Если значение q_i , определенное по формуле (28), больше q_{\max} , то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такую величину, чтобы соблюдалось условие (27). В этом случае время движения по участку i определяется по формуле (26).

7.2. Расчет времени эвакуации

В ходе настоящей работы моделировалась полная эвакуация из всех помещений при возникновении пожара в одном из помещений архива, расположенном на 1-м этаже здания (помещение 33 на плане 1-го этажа в техническом паспорте здания; элемент топологии «1-33»).

Предполагаем, что в момент возникновения пожара все работники находятся в здании на своих местах. Их численность в здании определена по количеству рабочих мест и составляет 137 человек. Кроме того, допущено присутствие в административных кабинетах руководителей на 2-м, 3-м и 4-м этажах

некоторого количества посетителей (10 человек). Также принято присутствие людей в актовом зале на 1-м этаже здания – по полной вместимости зала (440 человек на местах для зрителей и 10 человек – на сцене).

Общее количество людей в здании для моделирования эвакуации составило 597 человек.

С целью получения достоверных результатов, учитывающих в том числе возможные задержки, образующиеся при слиянии в лестничных клетках потоков, движущихся с различных этажей, в ходе расчета моделировалась эвакуация людей до выходов из здания наружу.

При построении схемы эвакуации сделано допущение, что выход из фойе актового зала (Выход 02) оказывается блокированным опасными факторами пожара с момента его возникновения.

Эвакуация людей из основной (административной) части здания осуществляется через центральный вход (Выход 01). Эвакуация людей из актового зала осуществляется в один выход (Выход 03). Эвакуация людей из блока кухонных помещений осуществляется через собственный выход непосредственно наружу (Выход 04). Эвакуация со 2-го, 3-го и 4-го этажей осуществляется в лестничную клетку типа Л1 (элемент топологии «Лестничная клетка 01») и внутреннюю открытую лестницу (элемент топологии «Лестничная клетка 02»), до блокирования одной из них.

В связи с наличием в здании системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 2-го типа, в соответствии с п. 2.5 приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91, время начала эвакуации из всех помещений здания принято равным 0,5 минуты.

В расчете времени эвакуации площадь горизонтальной проекции людей принята:

- для работников здания, а также для посетителей, находящихся на 2-м, 3-м и 4-м этажах административной части здания – как для взрослого человека в зимней одежде. В связи с отсутствием гардероба верхней одежды для персонала, их одежда находится в рабочих кабинетах и, соответственно, эвакуироваться они будут в одежде; посетители, при кратковременных посещениях, также гардеробом верхней одежды, как правило, не пользуются;
- для людей, находящихся в актовом зале – как для взрослого человека в летней одежде, в связи с наличием общего гардероба для посетителей на 1-м этаже.

С целью получения полной и объективной информации о ходе эвакуации, а также для последующего сравнения расчетного времени эвакуации с временем блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, на путях распространения опасных факторов пожара и в местах возможного образования скоплений в элементах топологии были размещены расчетные точки:

- рт 01 и рт 02 – на 1-м этаже, в центральном вестибюле (элементы топологии 1-02д» и «1-02е» соответственно;
- рт 03 – на 2-м этаже, в коридоре (элемент топологии «2-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);

- рт 04 – на 2-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»);
- рт 05 – на 3-м этаже, в коридоре (элемент топологии «3-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);
- рт 06 – на 3-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»);
- рт 07 – на 4-м этаже, в коридоре (элемент топологии «4-01в») перед выходом в лестничную клетку (элемент топологии «Лестничная клетка 01»);
- рт 08 – на 4-м этаже, на площадке внутренней открытой лестницы (элемент топологии «Лестничная клетка 02»).

Упрощенная аналитическая модель эвакуации людей при пожаре была реализована при помощи программы «СИТИС: Флоутек ВД 2.55».

Расчетные схемы эвакуации и схемы разбиения маршрутов на участки для определения времени эвакуации людей приведены на рисунках 18 – 25.

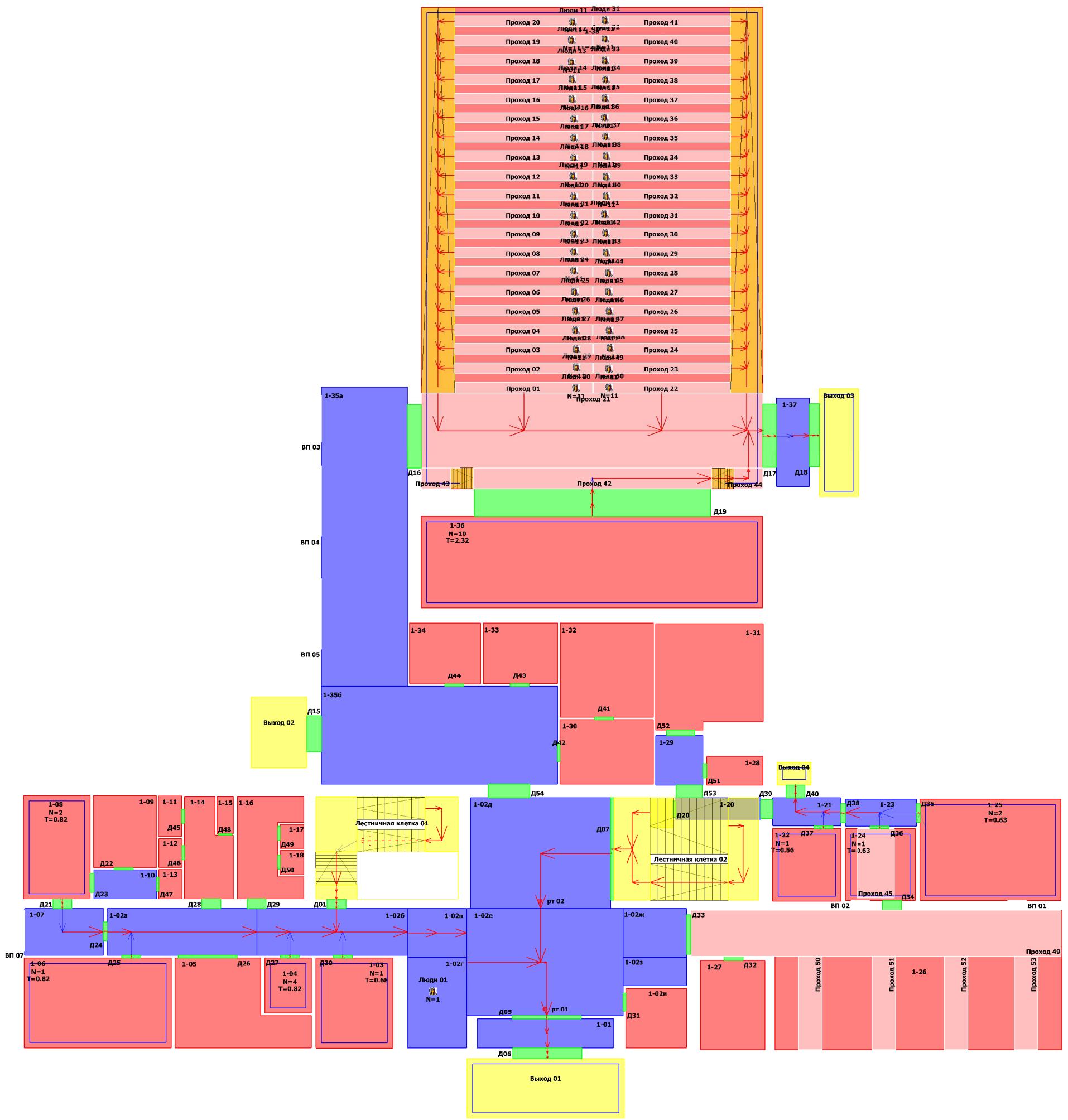


Рис. 18. Расчетная схема эвакуации из помещений 1-го этажа здания Администрации

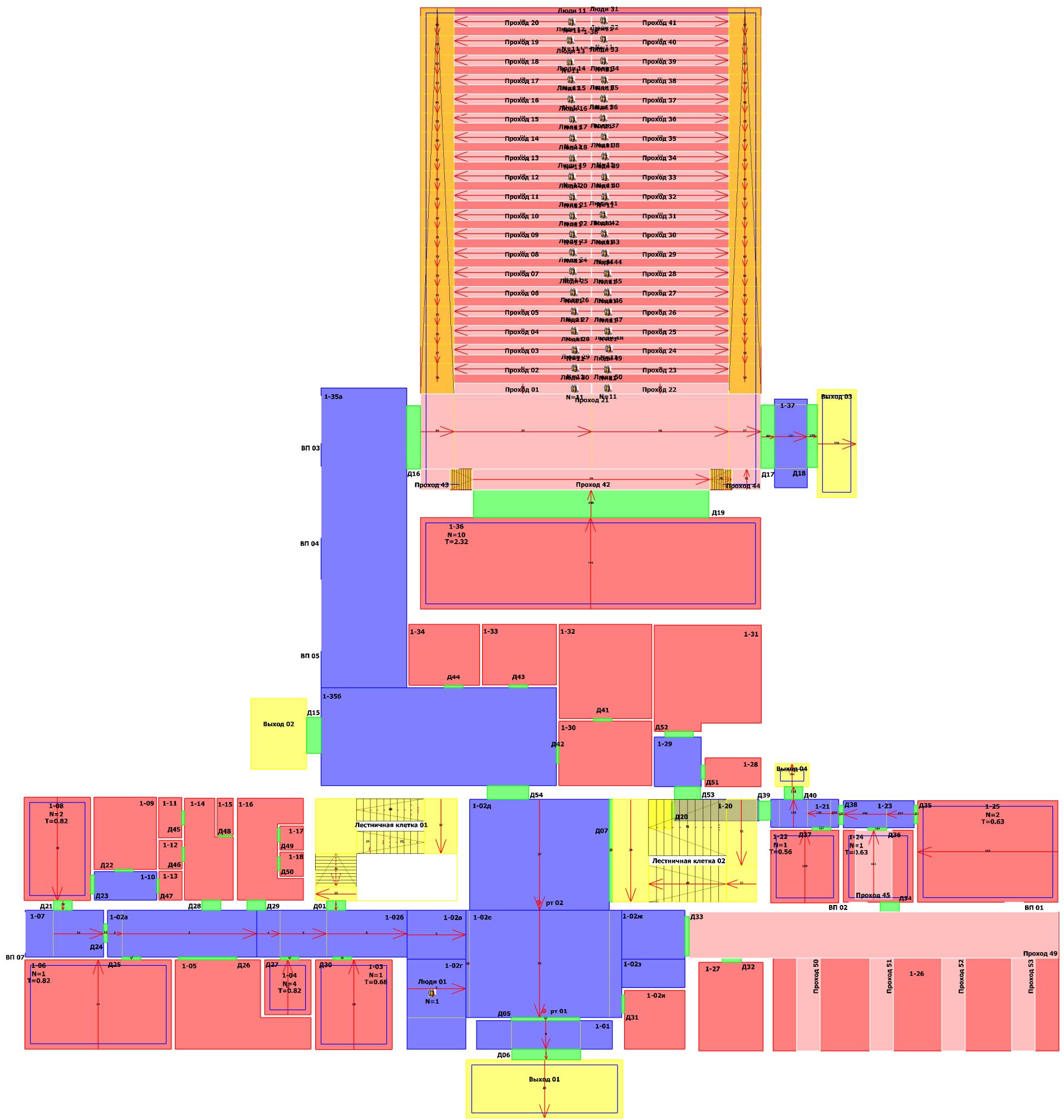


Рис. 19. Схема разбиения на участки маршрутов эвакуации из помещений 1-го этажа здания Администрации

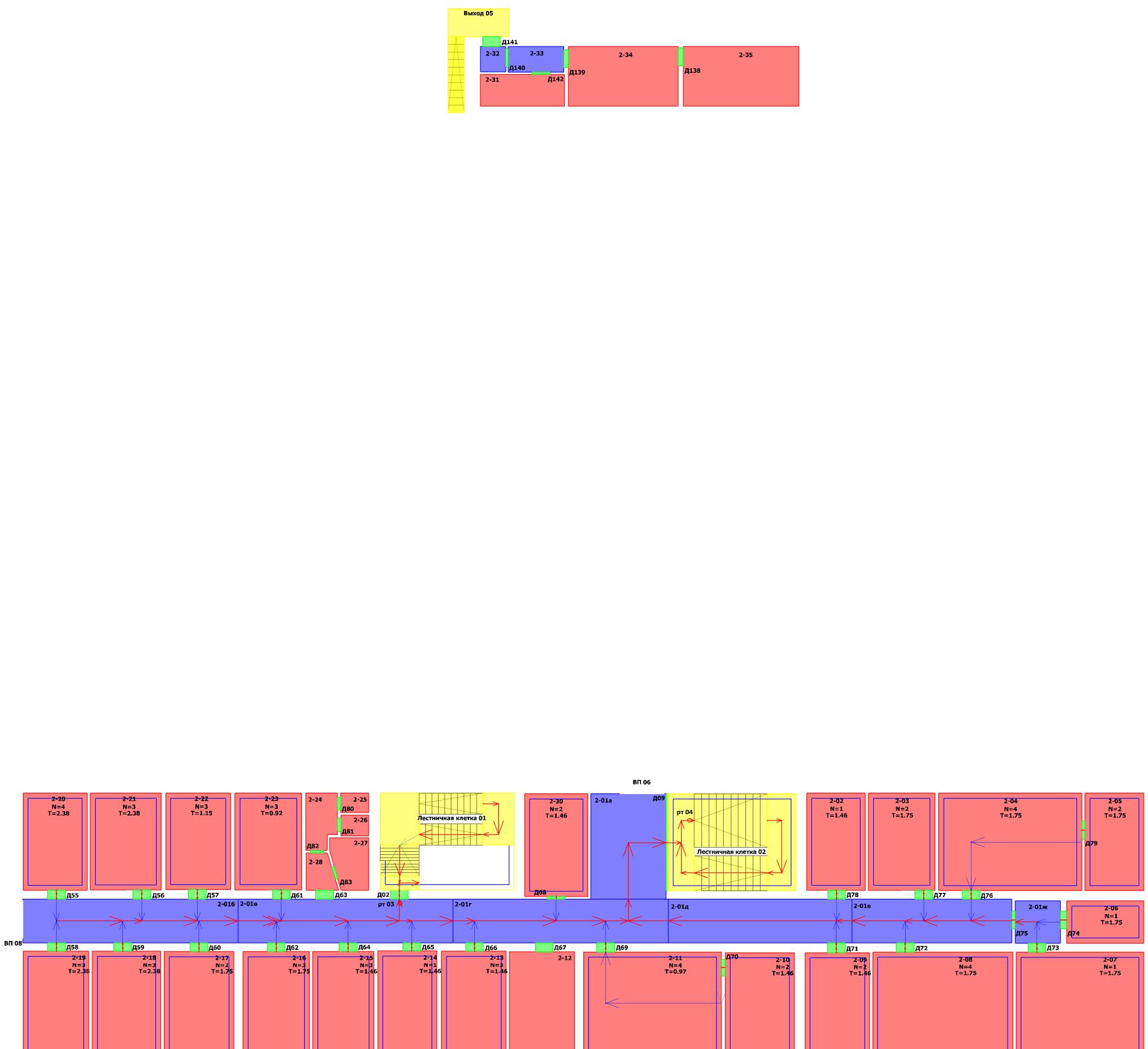
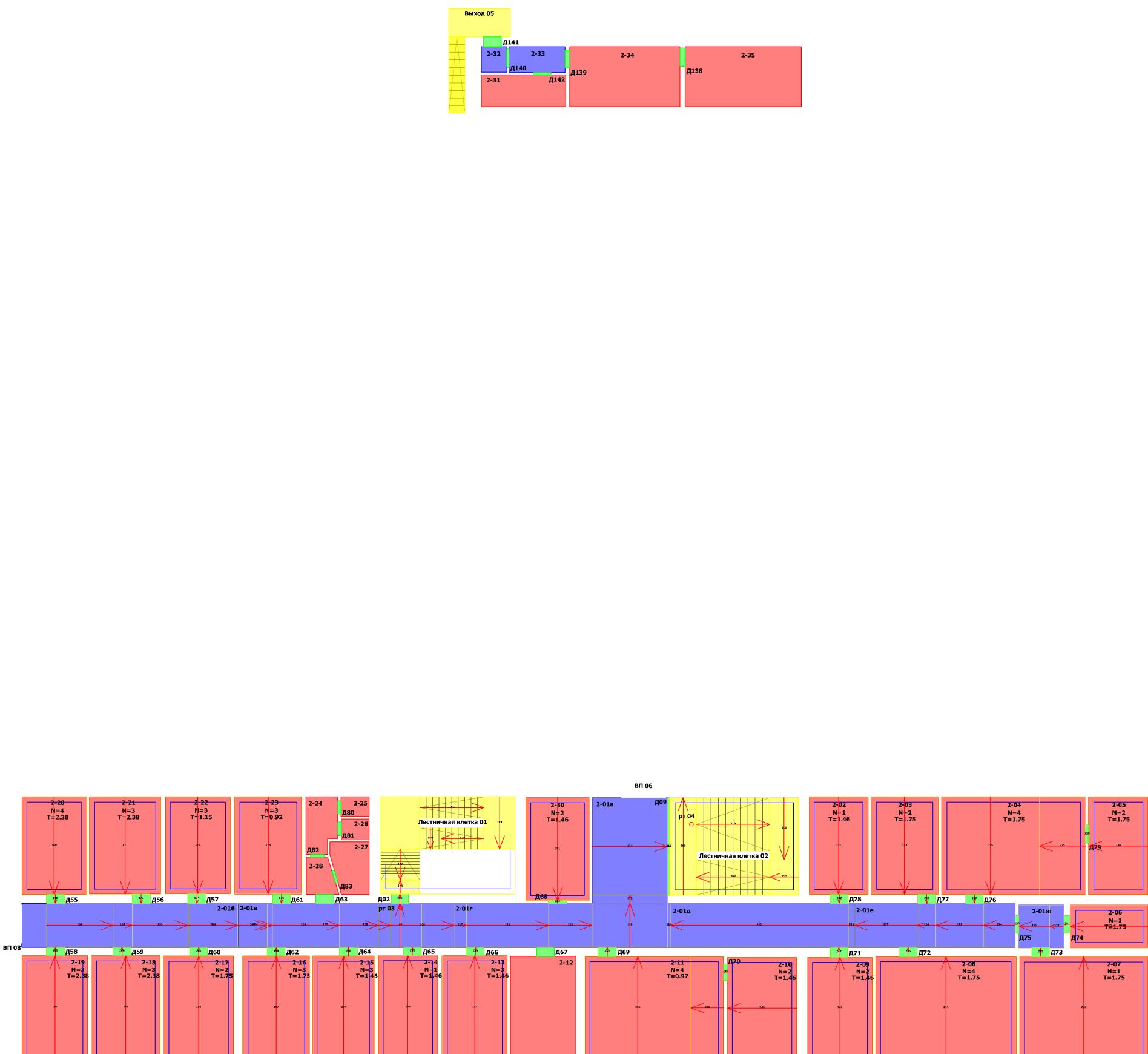


Рис. 20. Расчетная схема эвакуации из помещений 2-го этажа здания Администрации



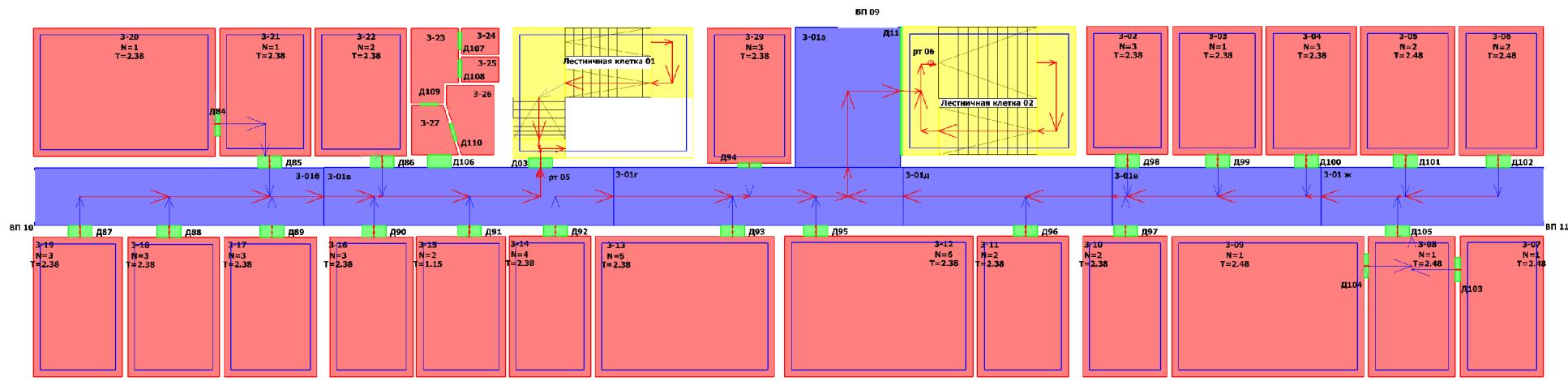


Рис. 22. Расчетная схема эвакуации из помещений 3-го этажа здания Администрации

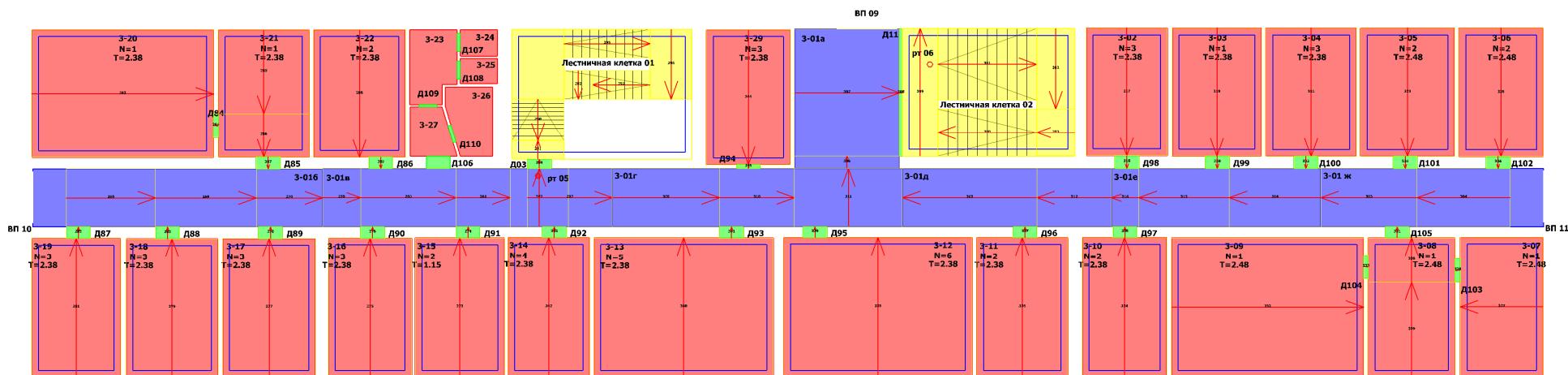


Рис. 23. Схема разбиения на участки маршрутов эвакуации из помещений 3-го этажа здания Администрации

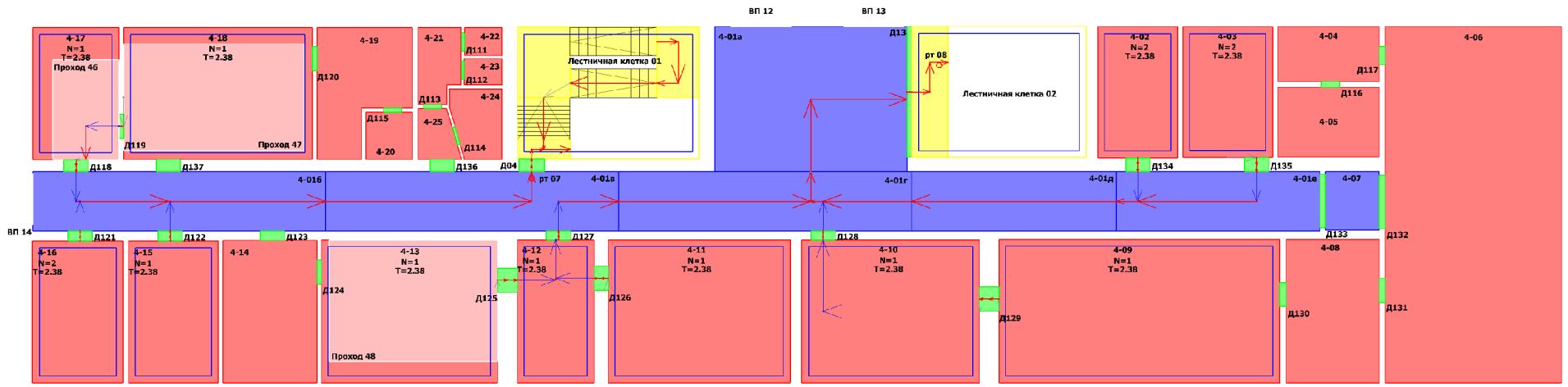


Рис. 24. Расчетная схема эвакуации из помещений 4-го этажа здания Администрации

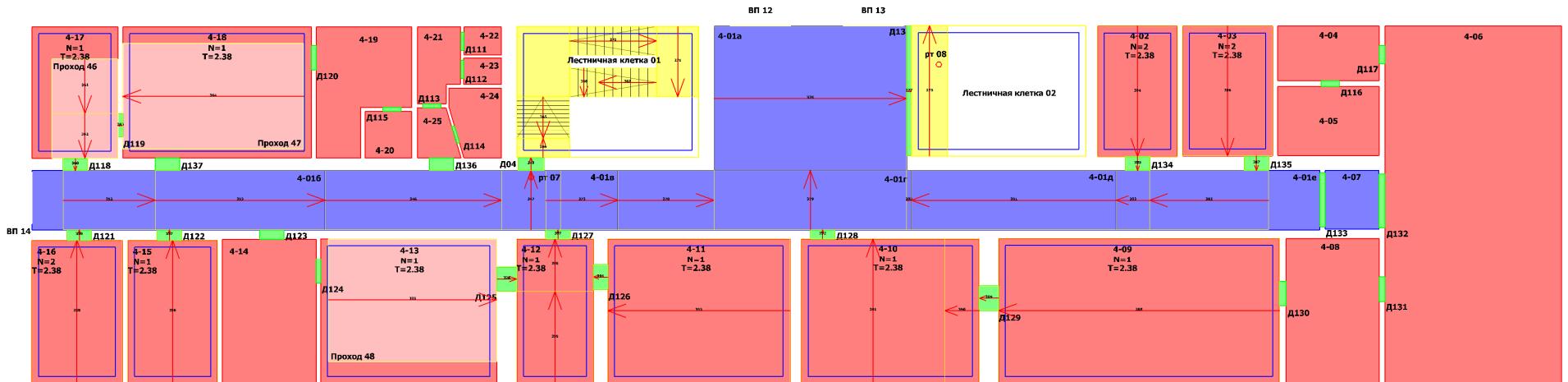


Рис. 25. Схема разбиения на участки маршрутов эвакуации из помещений 4-го этажа здания Администрации

Распределение людей по объектам топологии и маршруты эвакуации показаны в таблицах 8 – 10.

Таблица 8

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации. Выход 01

Наименование элемента топологии	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
1-й этаж, Выход 01			
1-02г	0,100	M1	1
1-03	0,125	M1	1
1-04	0,125	M1	4
1-06	0,125	M1	1
1-08	0,125	M1	2
		Всего M1	9
		Всего:	9
2-й этаж, Лестничная клетка 01			
2-18	0,125	M1	3
2-19	0,125	M1	3
2-20	0,125	M1	4
2-21	0,125	M1	3
2-22	0,125	M1	3
2-23	0,125	M1	3
		Всего M1	19
		Всего:	19
2-й этаж, Лестничная клетка 02			
2-02	0,125	M1	2
2-03	0,125	M1	2
2-04	0,125	M1	4
2-05	0,125	M1	2
2-06	0,125	M1	1
2-07	0,125	M1	3
2-08	0,125	M1	4
2-09	0,125	M1	2
2-10	0,125	M1	2
2-11	0,125	M1	4
2-13	0,125	M1	3
2-14	0,125	M1	1
2-15	0,125	M1	3
2-16	0,125	M1	3
2-17	0,125	M1	2
2-30	0,125	M1	2
		Всего M1	40
		Всего:	40
3-й этаж, Лестничная клетка 01			
3-15	0,125	M1	2
3-16	0,125	M1	3
3-17	0,125	M1	3



Наименование элемента топологии	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
3-18	0,125	M1	3
3-19	0,125	M1	3
3-20	0,125	M1	2
3-21	0,125	M1	1
3-22	0,125	M1	2
		Всего M1	19
		Всего:	19

3-й этаж, Лестничная клетка 02

3-02	0,125	M1	3
3-03	0,125	M1	1
3-04	0,125	M1	3
3-05	0,125	M1	2
3-06	0,125	M1	2
3-07	0,125	M1	2
3-08	0,125	M1	1
3-09	0,125	M1	2
3-10	0,125	M1	2
3-11	0,125	M1	2
3-12	0,125	M1	6
3-13	0,125	M1	5
3-14	0,125	M1	4
3-29	0,125	M1	3
		Всего M1	38
		Всего:	38

4-й этаж, Лестничная клетка 01

4-15	0,125	M1	1
4-16	0,125	M1	2
4-17	0,125	M1	1
4-18	0,125	M1	2
		Всего M1	6
		Всего:	6

4-й этаж, Лестничная клетка 02

4-02	0,125	M1	2
4-03	0,125	M1	2
4-09	0,125	M1	3
4-10	0,125	M1	1
4-11	0,125	M1	2
4-12	0,125	M1	1
4-13	0,125	M1	1
		Всего M1	12
		Всего:	12

Таблица 9

**Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 03**

Наименование элемента топологии	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
1-й этаж, Выход 03			
1-36	0,100	M1	10
Проход 01	0,100	M1	11
Проход 02	0,100	M1	11
Проход 03	0,100	M1	11
Проход 04	0,100	M1	11
Проход 05	0,100	M1	11
Проход 06	0,100	M1	11
Проход 07	0,100	M1	11
Проход 08	0,100	M1	11
Проход 09	0,100	M1	11
Проход 10	0,100	M1	11
Проход 11	0,100	M1	11
Проход 12	0,100	M1	11
Проход 13	0,100	M1	11
Проход 14	0,100	M1	11
Проход 15	0,100	M1	11
Проход 16	0,100	M1	11
Проход 17	0,100	M1	11
Проход 18	0,100	M1	11
Проход 19	0,100	M1	11
Проход 20	0,100	M1	11
Проход 22	0,100	M1	11
Проход 23	0,100	M1	11
Проход 24	0,100	M1	11
Проход 25	0,100	M1	11
Проход 26	0,100	M1	11
Проход 27	0,100	M1	11
Проход 28	0,100	M1	11
Проход 29	0,100	M1	11
Проход 30	0,100	M1	11
Проход 31	0,100	M1	11
Проход 32	0,100	M1	11
Проход 33	0,100	M1	11
Проход 34	0,100	M1	11
Проход 35	0,100	M1	11
Проход 36	0,100	M1	11
Проход 37	0,100	M1	11
Проход 38	0,100	M1	11
Проход 39	0,100	M1	11
Проход 40	0,100	M1	11
Проход 41	0,100	M1	11
		Всего M1	450
		Всего:	450

Таблица 10

**Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 04**

Наименование элемента топологии	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
1-й этаж, Выход 03			
1-22	0,125	M1	1
1-24	0,125	M1	1
1-25	0,125	M1	2
		Всего M1	4
		Всего:	4

В настоящем разделе Отчета приведены только краткие результаты моделирования эвакуации людей из здания. Полный отчет по результатам расчета, сформированный программой «СИТИС: Флоутек ВД 2.55», может быть предоставлен по запросу заинтересованной стороны.

Время полной эвакуации людей из здания до выходов наружу составило:

- через Выход 01 – 2,45 минуты³;
- через Выход 03 – 2,32 минуты;
- через Выход 04 – 0,63 минуты.

Время прохождения эвакуационными потоками через расчетные точки:

- рт 01 – 2,40 минуты;
- рт 02 – 2,35 минуты;
- рт 03 – 1,34 минуты;
- рт 04 – 2,09 минуты;
- рт 05 – 1,25 минуты;
- рт 06 – 1,86 минуты;
- рт 07 – 1,06 минуты;
- рт 08 – 1,11 минуты.

В ходе эвакуации образовывались участки с высокой плотностью людского потока (более 0,5 м²/м²), сведения о них приведены в таблице 11.

Таблица 11

Участки с высокой плотностью (D>0,5 м²/м²)

№	Элемент расчета	Элемент топологии	Время возникновения D>Dmax	Окончание движения при D>Dmax	Время движения при D>Dmax
1	13	Д27	0,53	0,61	0,08
2	349	Д04	0,96	1,06	0,09

³ Здесь и далее расчетное время эвакуации указано с учетом времени начала эвакуации.

№	Элемент расчета	Элемент топологии	Время возникновения D>Dmax	Окончание движения при D>Dmax	Время движения при D>Dmax
3	331	Д105	0,58	0,69	0,11
4	339	Д95	0,55	0,67	0,12
5	77, 78	Рампа пом 01, Рампа пом 01	0,65	0,78	0,13
6	58, 59	Рампа пом 02, Рампа пом 02	0,65	0,79	0,14
7	237	Д76	0,59	0,73	0,14
8	22	Площадка 01	0,86	1,01	0,15
9	137	1-37	0,82	0,97	0,15
10	264	Д03	1,01	1,25	0,25
11	137	1-37	2,05	2,30	0,25
12	310	3-01г	0,55	0,84	0,30
13	270	3-01б	0,55	0,85	0,30
14	375	Площадка 26	0,79	1,11	0,33
15	208	Площадка 15	0,80	1,16	0,36
16	208	Площадка 15	1,08	1,48	0,40
17	66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78	Рампа пом 01, Рампа пом 01	0,65	1,10	0,45
18	188	Д02	0,83	1,34	0,52
19	47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 87	Рампа пом 02, Рампа пом 02, Проход 21	0,65	1,37	0,71
20	86, 87	Проход 21, Проход 21	0,51	1,37	0,85
21	99, 79	Проход 42, Рампа пом 04	0,55	1,41	0,86
22	299	Площадка 22	0,74	1,86	1,12
23	23, 24	Марш 02, Марш 02	0,92	2,08	1,16
24	85, 86	Проход 21, Проход 21	0,51	2,02	1,50

Время существования скоплений составило 1,50 минуты.

7.3. Определение вероятности эвакуации людей

Время блокирования эвакуационных выходов и отдельных участков путей эвакуации и расчетное время эвакуации определены в разделах 6.2 и 7.2 настоящего Отчета соответственно.

На основании этих данных была определена вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{Э.П}$, по формуле (5), отдельно для каждой расчетной точки.

Для удобства результаты этих расчетов сведены в таблицу 12.

Таблица 12

Результаты расчетов вероятности эвакуации людей по эвакуационным путям $P_{Э.П}$

Расчетные точки	Расчетное время эвакуации, мин *	Критическая продолжительность пожара, с	Время блокирования, мин **	Вероятность эвакуации по эвакуационным путям ***
рт 01	2,40	273	3,64	0,999
рт 02	2,35	245	3,28	0,999
рт 03	1,34	341	4,56	0,999
рт 04	2,09	352	4,70	0,999
рт 05	1,25	363	4,85	0,999
рт 06	1,86	425	5,68	0,999
рт 07	1,06	390	5,21	0,999
рт 08	1,11	585	7,81	0,999

* Определено с учетом времени начала эвакуации ($t_p + \tau_{н.з.}$);

** Рассчитано по формуле (21);

*** Вычислена по формуле (5).

Таким образом, вероятность эвакуации людей из здания, по эвакуационным путям $P_{Э.П}$, определенная по минимальной из вычисленных, и, характеризующая наибольшую опасность для жизни и здоровья людей, находящихся в здании, составляет **0,999**.

Вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания $P_{Д.В}$, в соответствии с требованием п. 2.6. приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91*, принимаем равным **0,001**.

Тогда, вероятность эвакуации людей $P_{Э}$, вычисленная по формуле (4), составит **0,999001**.



8. РАСЧЕТ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

Определение расчетной вероятности воздействия ОФП на отдельного человека в год (Q_B) выполним по формуле (3).

Вероятность пожара в здании в год Q_P , определена в использованием информации, приведенной в МДС 21-3.2001 [10]: статистическая величина вероятности возникновения пожара для административного здания составляет $5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/m}^2$ в год.

Тогда для оцениваемого здания Администрации вероятность пожара в год, при общей площади помещений $3\,291,9 \text{ m}^2$, составит $1,65 \cdot 10^{-2}$.

Вероятность эвакуации людей P_e определена в разделе 6.3 настоящего отчета и составляет **0,999001**.

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{n,3}$ вычислим по формуле (8), с учетом наличия в здании системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, вероятность эффективного срабатывания R_i которой, примем равной 0,9.

В этом случае вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{n,3}$ составит:

$$P_{n,3} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) = 1 - (1 - 0,9) = 0,9.$$

Тогда расчетная вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год будет равна:

$$Q_B = Q_P (1 - P_e) (1 - P_{n,3}) = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,999001) \cdot (1 - 0,9) = 1,64 \cdot 10^{-6}.$$

Учитывая, что отдельный человек находится в здании в течение рабочего дня 9 часов (с 8-00 до 17-00), то вероятность его присутствия в здании при пожаре принимаем равной отношению $\frac{9}{24} = 0,375$.

С учетом этого окончательно значение вероятности воздействия ОФП на отдельного человека в год будет равно $6,17 \cdot 10^{-7}$, что меньше Q_e'' .

Вероятность предотвращения воздействия ОФП (P_B) на людей, вычисленная по формуле (1) составит **0,999999383**.

Вывод: Условие (2) выполнено: уровень обеспечения пожарной безопасности людей больше 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей составляет менее 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека. Следовательно, уровень обеспечения безопасности людей при пожаре в здании Администрации городского округа Город, расположенном по адресу: 000000, Областная область, г. Город, ул. Уличная, д. 00 **отвечает требуемому**.



9. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ, НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ И СПРАВОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).
2. ГОСТ 12.1.004-91* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».
3. Рекомендации по расчету параметров эвакуации людей на основании положений ГОСТ 12.1.004-91* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденная приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382.
5. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. Холщевников В.В. М.: МИПБ МВД России, 1999.-93 с.
6. Эвакуация и поведение людей при пожарах. В.В. Холщевников, Самошин Д.А. Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.
7. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский и др.; Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 988. – 448 с.
8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров. - М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
9. Строительные нормы и правила Российской Федерации СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
10. МДС 21-3.2001 «Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97*».
11. 4188-РП-1.70. Руководство пользователя СИТИС: ВИМ 1.70. Расчет распространения ОФП. Редакция 9.
12. 4188-TP-05. Техническое руководство СИТИС: ВИМ 1.70.
13. 4155-РП-2.55. Руководство пользователя СИТИС: Флоутек 2.55. Расчет эвакуации. Редакция 40.
14. 4155-TP-03. Техническое руководство СИТИС: Флоутек ВД 2.20. Редакция 3.

**Директор
ООО «Экспертная организация»**

И.И. Иванов