



Академия ГПС МЧС России

УНК Проблем пожарной безопасности в строительстве



Способы обеспечения своевременной и беспрепятственной эвакуации людей (на примере высотных зданий).

Методы расчета времени эвакуации



к.т.н. Самошин Д.А.

Содержание

1. Условия безопасности людей при пожаре
2. Временные параметры и этапы процесса эвакуации
3. Особенности поведения людей при пожарах
4. Методы расчета параметров эвакуации
5. Существующие проблемы эвакуации людей
(на примере высотных зданий)

1. Условие безопасности людей при пожаре

Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ст. 53, **ГОСТ 12.1.004-91*** «Пожарная безопасность. Общие требования» п. 3.3, **СНиП 21-10-97** п. 6.1 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», требуют организации своевременной и беспрепятственной эвакуации людей из здания.

Своевременность обеспечивается выходом людей из помещений до наступления в них критических значений опасных факторов пожара.

Беспрепятственность – отсутствием высоких плотностей (>5 чел/м²) на участках эвакуационного пути.

Своевременность эвакуации

Условие своевременности эвакуации:

$$t_{эв} < t_{нб} \quad (1)$$

где, $t_{эв} = t_{ин} + t_{н.э.} + t_p$ – значение времени эвакуации последнего из людей в здании;

$t_{ин}$ – инерционность системы оповещения;

$t_{н.э.}$ – интервал времени от получения сигнала о пожаре до начала эвакуации людей;

t_p – расчетное значение максимального времени выхода замыкающей части людского потока с момента начала эвакуации.

$t_{нб}$ – время достижения предельно допустимых уровней воздействия на людей опасных факторов пожара, определяемое динамикой их распространения.

Беспрепятственность эвакуации

Условие беспрепятственности эвакуации:

$$P_{i-1} \leq Q_i \quad (2)$$

где,

P_{i-1} - величина людского потока, подходящего к границе смежного участка, чел/мин;

Q_i - пропускная способность последующего участка пути, чел/мин

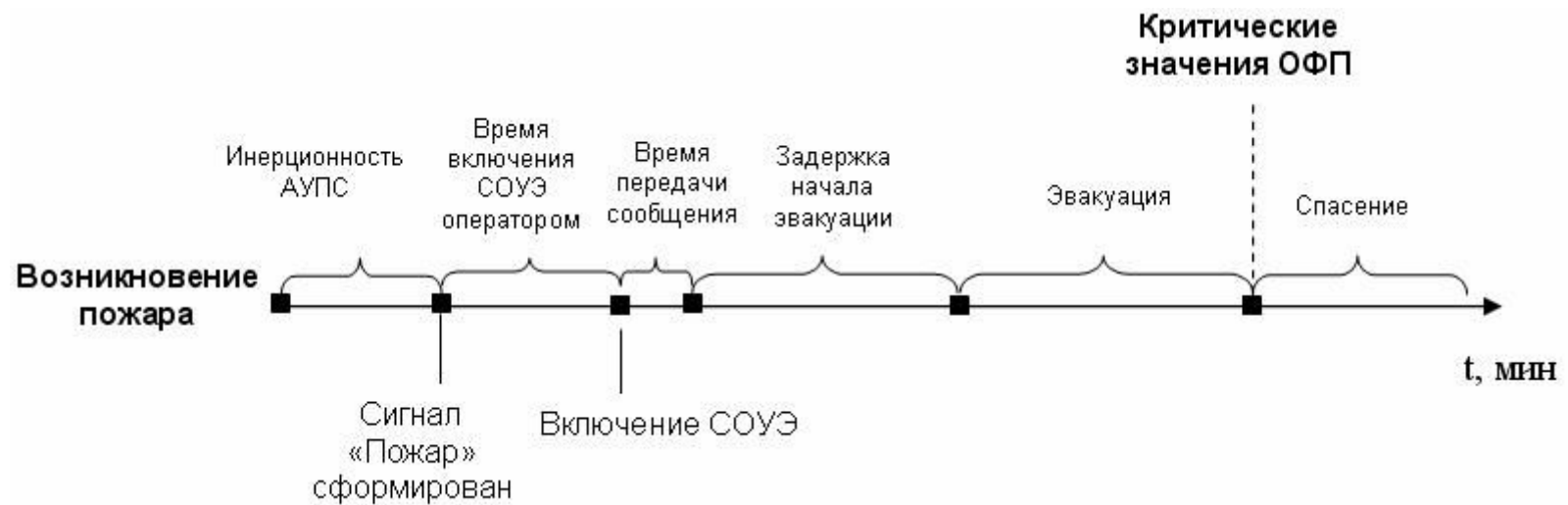
Беспрепятственность эвакуации

Инциденты, в которых причиной гибели людей является
компрессионная асфиксия.

№	Год	Место, мероприятие	Количество погибших /пострадавших
1	1953, 9 марта	Россия, Москва, Трубная площадь, похороны И.В. Сталина,	Около 2000/-
2	1968, 23 июня	Аргентина, Буэнос-Айрес, стадион, (футбольный матч)	74/150
3.	1982, 20 октября	Россия, Москва, стадион (футбольный матч)	340/-
4	1990, январь	Мекка, хадж	1426/-
5	1994, январь	Мекка, хадж	270/-
6	1996, 16 октября	Гватемала, стадион	83/180
7	1998, январь	Мекка, хадж	118/-
8	1999, 31 мая	Беларусь, Минск, вход в станцию метро	53/150
9	2000, декабря	Бразилия, стадион (футбольный матч)	200/-
10	2001, 9 мая	Западная Африка, Хана стадион (футбольный матч)	100/-
11	2004, январь	Мекка, хадж	244/-
12	2005, 25 января	Индия, Вай, религиозное мероприятие	150/-
13	2006, январь	Мекка, хадж	345/-
14	2006 февраль	Филиппины, Манила, стадион	80/322

2. Временные характеристики процесса эвакуации

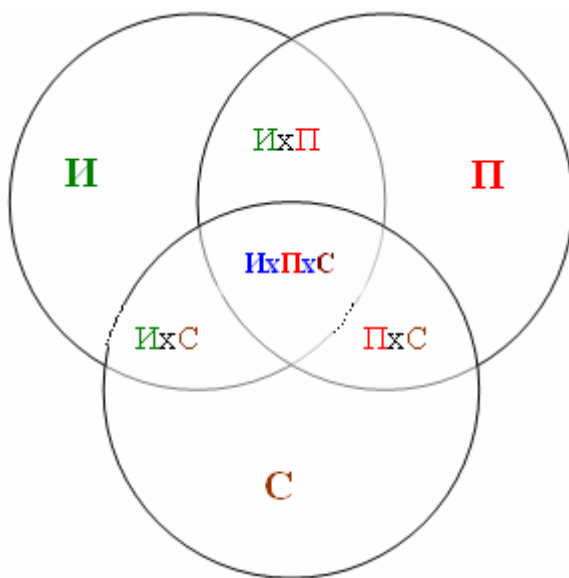
Временные характеристики процесса эвакуации



Техническая инерционность элементов системы пожарной автоматики

Вид пожарного извещателя	Комментарий	Методика расчета времени обнаружения пожара	Время инерционности ПИ ¹
Тепловой	Не позволяют обнаружить пожар на ранней стадии пожара	Математические модели пожара	30-180с
Дымовой Радиоизотопный Фотоэлектрический ----- Аспирационные	Позволяют обнаружить пожар на ранней стадии. Наиболее эффективны аспирационные извещатели	Расчетные формулы, приведенные в справочных и учебных пособиях Нет данных	5-10с
Извещателя пламени (световые)	Позволяют обнаружить пожар на ранней стадии	Нет данных	>1 с
Газовый	Позволяют обнаружить пожар на ранней стадии	Математические модели пожара	>1 с
Комбинированный. Распространены дымо тепловые	Позволяют обнаружить пожар на ранней стадии	Нет данных	Недостаточно данных

3. Особенности поведения людей при пожарах



Факторы, влияющие на поведение человека при пожаре: **индивидуальные качества** человека, динамика распространения **пожара** и влияние окружающей **среды**.

По другой классификации, факторы, влияющие на поведение при пожаре можно разделить на две группы:

- **устойчивые факторы:**
пол, возраст, темперамент
ограничение органов чувств, физические ограничения;
- **временные факторы:**
сон/бодрствование, усталость, стресс, состояние опьянения, а также система оповещения, действия персонала, динамика ОФП, социальные и родственные связи человека, противопожарный тренинг и обучение, тип здания;

Время начала эвакуации по ГОСТ 12.1.004-91*

- Значение времени начала эвакуации $t_{н.э}$ для зданий (сооружений) без систем оповещения определяется по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения. При отсутствии необходимых исходных данных величину $t_{н.э}$, следует принимать равной 0,5 мин — для этажа пожара и 2 мин — для вышележащих этажей.
- При наличии в здании системы оповещения о пожаре значение $t_{н.э}$ ГОСТ допускает принимать равным 0. Однако, при анализе временных параметров эвакуации, необходимо учесть инерционность СОУЭ.
- Если местом возникновения пожара является зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то $t_{н.э}$ допускается принимать равным нулю.

Время начала эвакуации по МСГН 4.19-2005

Функциональный тип помещений и характеристики населения	IV –V типа		II - III типа		I типа	
	$m(t_{н.э})$ мин.	$\sigma(t_{н.э})$ мин.	$m(t_{н.э})$ мин.	$\sigma(t_{н.э})$ мин.	$m(t_{н.э})$ мин.	$\sigma(t_{н.э})$ мин.
Жилые квартиры (апартаменты) для длительного проживания. Жильцы могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	4,0	0,5	5,0	0,5
Номера гостиниц. Жильцы могут находиться в состоянии сна и недостаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	4,0	0,5	6,0	0,5
Магазины, выставки, досуговые центры и другие помещения массового посещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы с планировкой здания и структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	2,0	0,5	6,0	0,5
Административные, торговые и другие помещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	1,0	0,3	3,0	0,5	4,0	0,3

Раздел 3

Время начала эвакуации в соответствии с Британским стандартом PD 7974-6:2004 (фрагмент)

Расчетная характеристика людей	Первый человек $\Delta t_{pre(1st\ percentile)}$	Распределение $\Delta t_{pre(99th\ percentile)}$
A: бодрствующий и знакомый с внутренней планировкой здания M1 B1 – B2 A1 – A2 M2 B1 – B2 A1 – A2 M3 B1 – B2 A1 – A3 Для B3 добавляется 0.5мин на нахождение пути эвакуации M1 предполагает наличие системы голосового оповещения, если возможно присутствие людей, не знакомых с внутренней планировкой	0.5 1 >15	1.0 2 >15
B: бодрствующий и не знакомый с внутренней планировкой здания M1 B1 A1 – A2 M2 B1 A1 – A2 M3 B1 A1 – A3 Для B2 добавляется 0.5 мин на нахождение пути эвакуации Для B3 добавляется 1.0 мин на нахождение пути эвакуации M1 предполагает наличие системы голосового оповещения	0.5 1.0 >15	2 3 >15
Ci: спящий и знакомый с внутренней планировкой здания (например, жилой дом) M2 B1 A1 M3 B1 A3 Для остальных жильцов в соседних блоках/секция - не менее 1 часа Cii: Жилые помещения с постоянно присутствующей администрацией (апартаменты, резиденции) M1 B2 A1 – A2 M2 B2 A1 – A2 M3 B2 A1 – A3 Ciii: спящий и не знакомый с внутренней планировкой здания (гостиницы, пансионаты) M1 B2 A1 – A2 M2 B2 A1 – A2 M3 B2 A1 – A3 Для B3 добавляется 1.0 на нахождение пути M1 предполагает наличие системы голосового оповещения	5 10 10 15 >20 15 20 >20	5 >20 20 25 >20 15 20 >20

4. Методы расчета параметров эвакуации

Нормативный подход к расчету эвакуации

СНиП II-A.5-70

Впервые введен
расчетный метод

СНиП II-2-80*

Без изменений, но
с корректорскими
ошибками

ГОСТ 12.1.004-91*

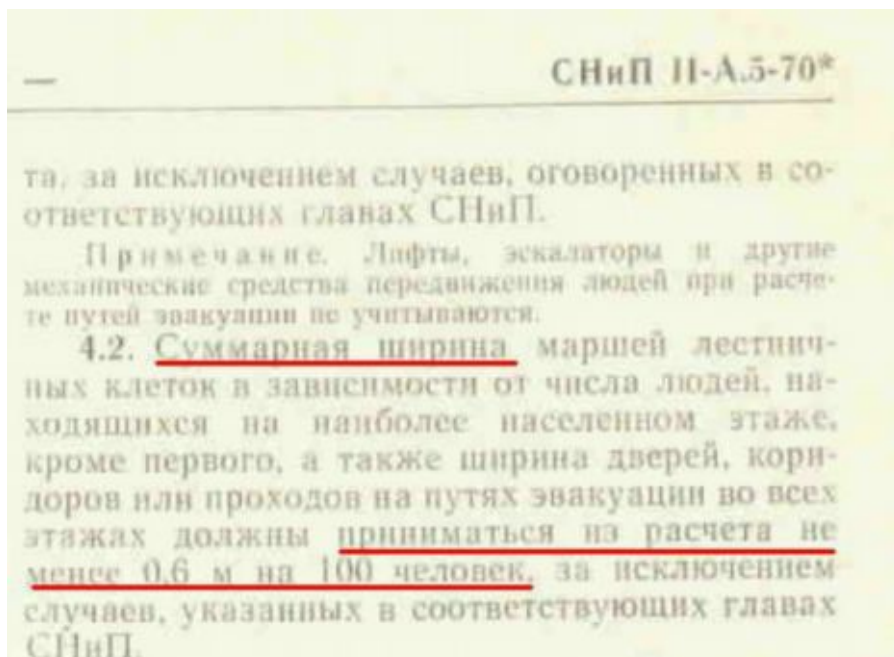
Возраст данного расчетного

подхода - **более 25 лет**

Предложен более
совершенный
алгоритм

МГСН 4.19-2005

Позволяет адекватно
оценить параметры
людского потока при
эвакуации



Зависимости между параметрами людского потока

$$\bar{V}_{Dj}^{\Theta} = \bar{V}_{0j}^{\Theta} \left(1 - a_j \ln \frac{D_i}{D_{0j}} \right) \quad (3)$$

$\bar{V}_{0j}^{\Theta}$ - случайная величина скорости свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей), зависящая от вида пути и эмоционального состояния людей, м/мин.

a_j - коэффициент, определяющий степень влияния плотности потока при движении по j-му виду пути;

D_i – текущее значение плотности потока м²/м²;

$D_{0,j}$ - пороговое значение плотности потока, м²/м².

$$q_i = \bar{V}_{Dj}^{\Theta} D_i \quad (4)$$

q_i – интенсивность движения, м/мин;

Значения коэффициентов формулы (3)

Категории движения	Скорость свободного движения $\bar{V}_0$, м/мин, по видам пути	
	Горизонтальный, лестница вниз, проём	Лестница вверх
Комфортное	<49,0	<27,0
Спокойное	49,0 - 66,0	27,0 - 38,0
Активное	66,0 - 90,0	38,0 - 55,0
Повышенной активности	90,0 - 120,0	55,0 - 75,0

Вид пути	a_j	D_0 , чел./м ²
Горизонтальный вне зданий	0,407	0,69
Горизонтальный в зданиях	0,295	0,51
Проём	0,295	0,65
Лестница вниз	0,400	0,89
Лестница вверх	0,305	0,67

Существующие алгоритмы расчета – ГОСТ 12.1.004-91*

$$t_i = l_i / V_i$$

формула (7) ГОСТ

$$D_i = N_i f / b_i l_i$$

формула (8) ГОСТ

$$q_i = q_{i-1} b_{i-1} / b_i$$

формула (9) ГОСТ

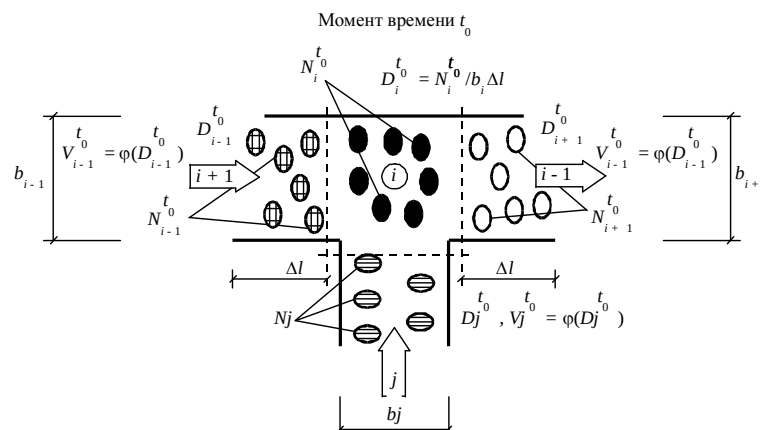
$$q_i = \sum q_{i-1} b_{i-1} / b_i$$

формула (12) ГОСТ

Раздел 4

Модель движения людского потока реализованная в МГСН 4.19-2005

Изменения в последовательные моменты времени Основные расчетные формулы



Плотность потока на участке:

$$D_i^{t_0} = \frac{N_i^{t_0} - N_{i,i+1}^{t_1} + N_{i-1,i}^{t_1} + N_{j,j}^{t_1}}{b_i \Delta l}$$

Количество людей переходящих на следующий участок:

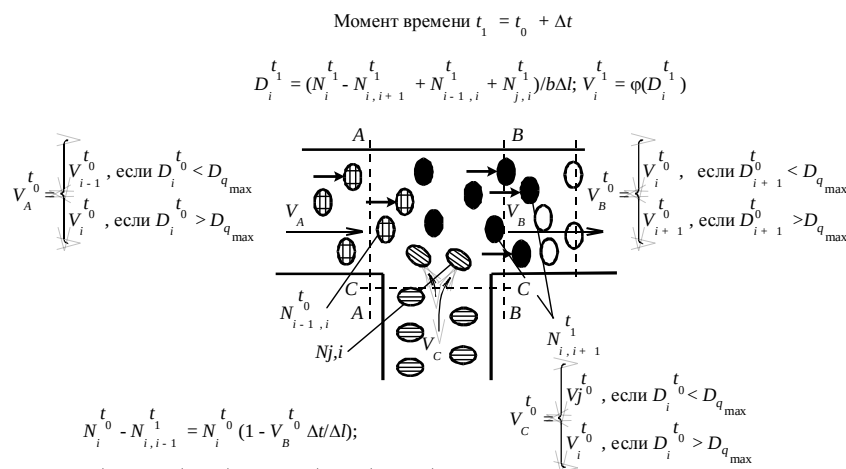
$$N_{i,i+1}^{t_1} = D_i^{t_0} b_i V_{nep} t$$

Скорость перехода на следующий участок:

$$V_{cr} = \begin{cases} V_i^{t_0}, & \text{если } D_{i+1}^{t_0} \leq D_{q_{ma}}; \\ V_{i+1}^{t_0}, & \text{если } D_{i+1}^{t_0} > D_{q_{ma}}; \end{cases}$$

Время перехода на следующий участок:

$$t_{nep} = \frac{\Delta l}{V_i^{t_0}}$$



$$N_i^{t_0} - N_{i,i+1}^{t_1} = N_i^{t_0} (1 - V_B^{t_0} \Delta t / \Delta l);$$

$$N_{i-1,i}^{t_1} = N_{i-1}^{t_0} V_A^{t_0} \Delta t / \Delta l; N_{j,i}^{t_1} = D_j^{t_0} b_j V_C^{t_0} \Delta t$$

Доля участия при образовании скопления на участке i

$$\Delta N_{i-1}^{t_1} / \Delta N_j^{t_1} = P_{i-1}^{t_1} / P_j^{t_1} = D_{i-1}^{t_1} V_{i-1}^{t_1} b_{i-1} / D_j^{t_1} V_j^{t_1} b_j$$

Раздел 4

Сравнение математического аппарата доступных методов расчета

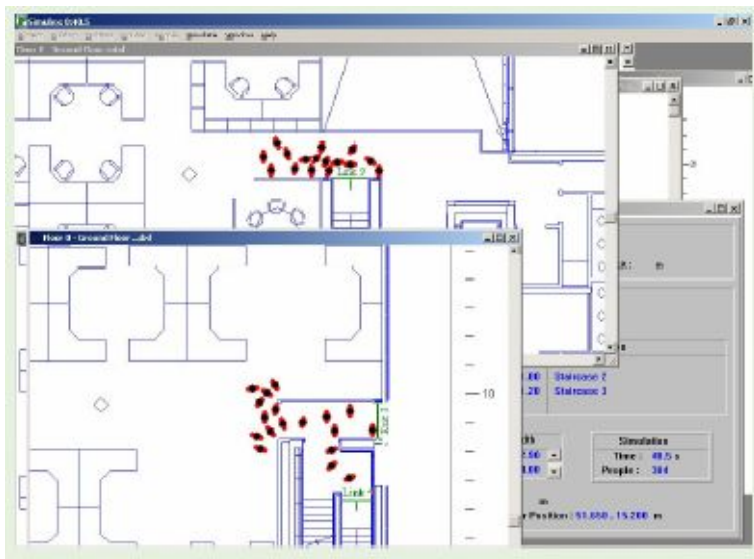
ГОСТ 12.1.004-91* - модель движения (без растекания) людского потока однородного состава
Графоаналитический метод - модель движения (с растеканием) людского потока однородного состава

Модель МГСН 4.20-2001 - модель движения (с растеканием) людского потока с возможностью учета неоднородности его состава

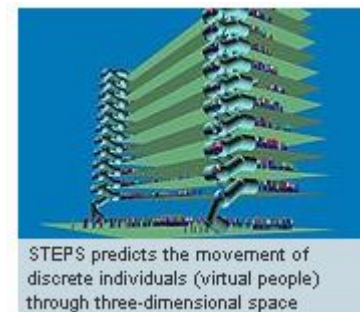
Модель индивидуально-поточного движения – модель движения отдельного человека в потоке (в стадии разработки)

Расчетные случаи движения людского потока	Графоаналитический метод расчета	Формулы ГОСТ 12.1.004	Модель МГСН 4.19
Пересечение границы смежного участка пути	+	+	+
Переформирование	+	-	+
Растекание	+	-	+
Расчленение	+	+	+
Слияние	+	+	+
Неодновременность слияния	*	-	+
Образование и рассасывание скоплений	*	*	+
Разуплотнение	+	-	+
Учет изменчивости физического и эмоционального состояния людей в потоке	-	-	*

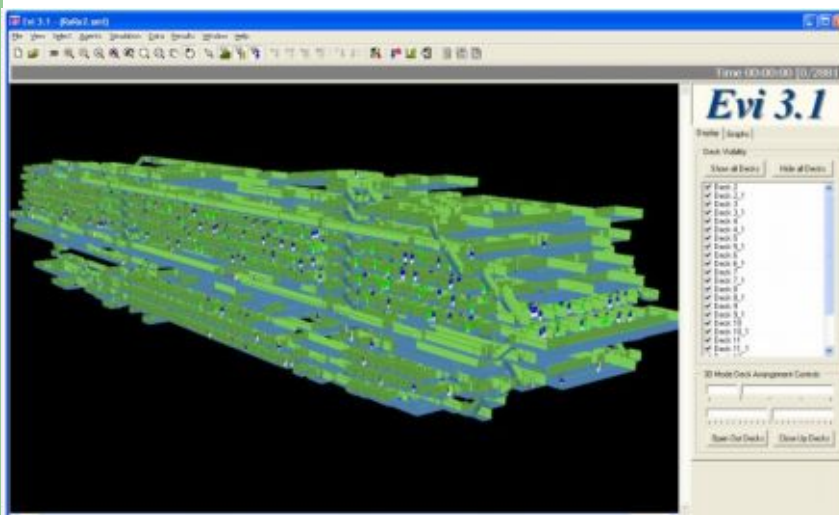
Условные обозначения: + описывается точно, - не учитывается, *- описывается неточно по сравнению с процессом, происходящим в реальности,.



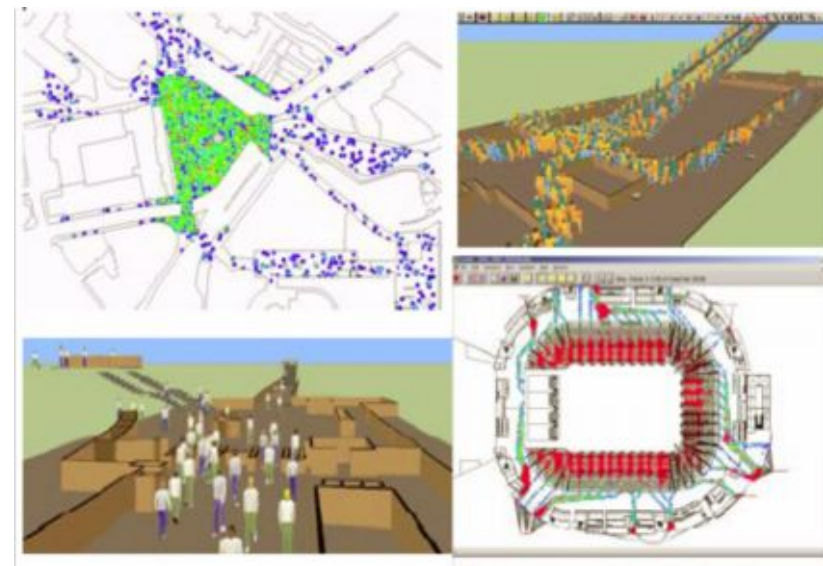
Simulex



STEPS



EVI



BuildingEXODUS

Раздел 4

Разработка модели индивидуально-поточного движения людей



Модель движения
людского потока,
реализованная в
ГОСТ 12.1.004-91*



Человек с
грузом



Эвакуация
инвалида
группы М4



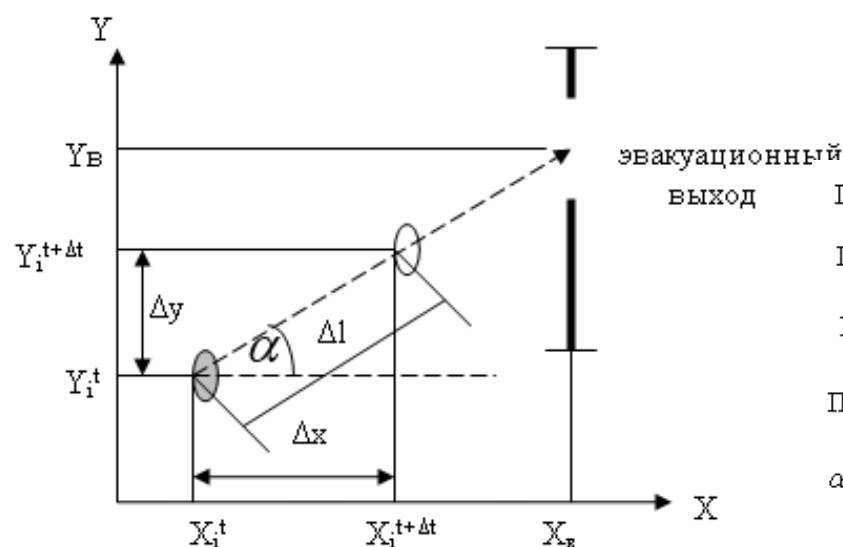
Группа
мобильности М2



Группа
мобильности М3

Раздел 4

Определение расстояния между людьми в момент времени dt



При $x_e \geq x_i^t$, $x_i^{t+\Delta t} = x_i^t + \Delta x, \Delta x = \Delta l \times \cos \alpha_i$,

При $x_e \leq x_i^t$, $x_i^{t+\Delta t} = x_i^t - \Delta x, \Delta x = \Delta l \times \cos \alpha_i$,

При $y_e \geq y_i^t$, $y_i^{t+\Delta t} = y_i^t + \Delta y, \Delta y = \Delta l \times \sin \alpha_i$,

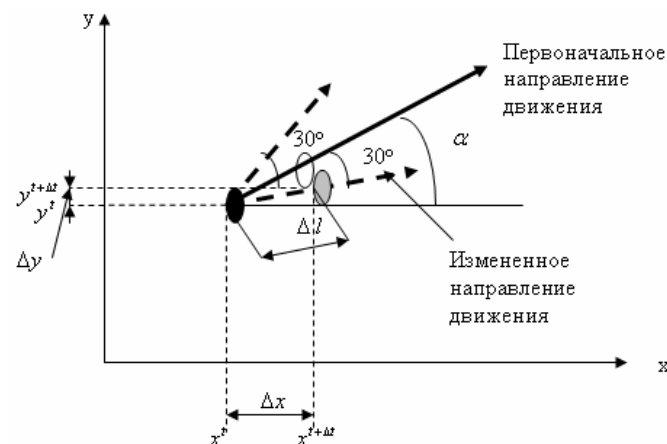
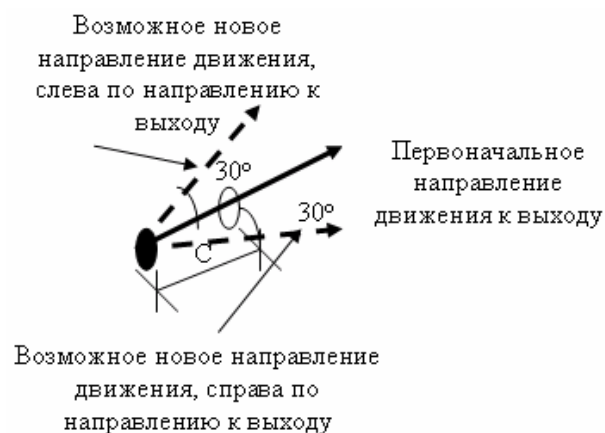
При $y_e \leq y_i^t$, $y_i^{t+\Delta t} = y_i^t - \Delta y, \Delta y = \Delta l \times \sin \alpha_i$,

$$\alpha_i^t = \arctg \frac{|y_e - y_i^t|}{|x_e - x_i^t|}, \quad \alpha_i^{t+\Delta t} = \arctg \frac{|y_e - y_i^{t+\Delta t}|}{|x_e - x_i^{t+\Delta t}|}$$

Координаты человека через время Δt , X_e и Y_e –
координаты эвакуационного выхода, $x_e \geq x_i^t$, $y_e \geq y_i^t$

Раздел 4

Определение координат человека при изменении направления движения



Изменение направления движения

Определение координат при изменении направления движения

-обгон справа

$$x_i^{t+\Delta t} = x_i^t + \Delta l \times \cos(|30^\circ - \alpha_i^t|), \text{ если } x_e \geq x_i^t$$

$$x_i^{t+\Delta t} = x_i^t - \Delta l \times \cos(|30^\circ - \alpha_i^t|), \text{ если } x_e \leq x_i^t$$

$$y_i^{t+\Delta t} = y_i^t + \Delta l \times \sin(|30^\circ - \alpha_i^t|), \text{ если } y_e \geq y_i^t$$

$$y_i^{t+\Delta t} = y_i^t - \Delta l \times \sin(|30^\circ - \alpha_i^t|), \text{ если } y_e \leq y_i^t$$

-обгон слева

$$x_i^{t+\Delta t} = x_i^t + \Delta l \times \cos(|30^\circ + \alpha_i^t|), \text{ если } x_e \geq x_i^t$$

$$x_i^{t+\Delta t} = x_i^t - \Delta l \times \cos(|30^\circ + \alpha_i^t|), \text{ если } x_e \leq x_i^t$$

$$y_i^{t+\Delta t} = y_i^t + \Delta l \times \sin(|30^\circ + \alpha_i^t|), \text{ если } y_e \geq y_i^t$$

$$y_i^{t+\Delta t} = y_i^t - \Delta l \times \sin(|30^\circ + \alpha_i^t|), \text{ если } y_e \leq y_i^t$$

Раздел 4

Графики зависимости между скоростью и плотностью людского потока

$V, \text{ м/мин}$

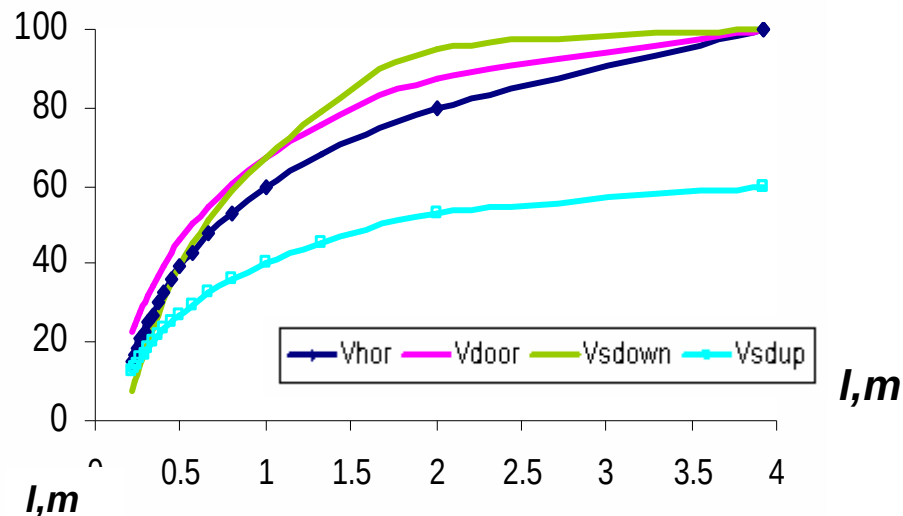


График зависимости скорости движения (при $V_0=100\text{м/мин}$) и расстояния между геометрическими центрами тел людей по различным видам пути.

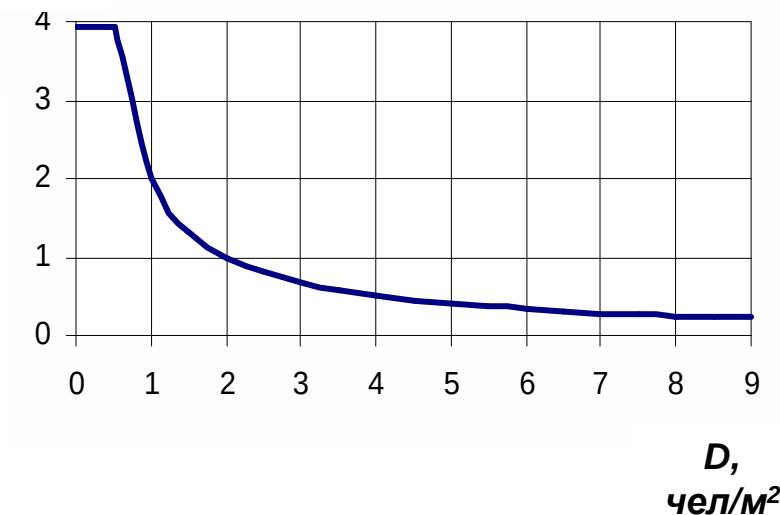


График зависимости расстояния между геометрическими центрами тел людей от плотности потока

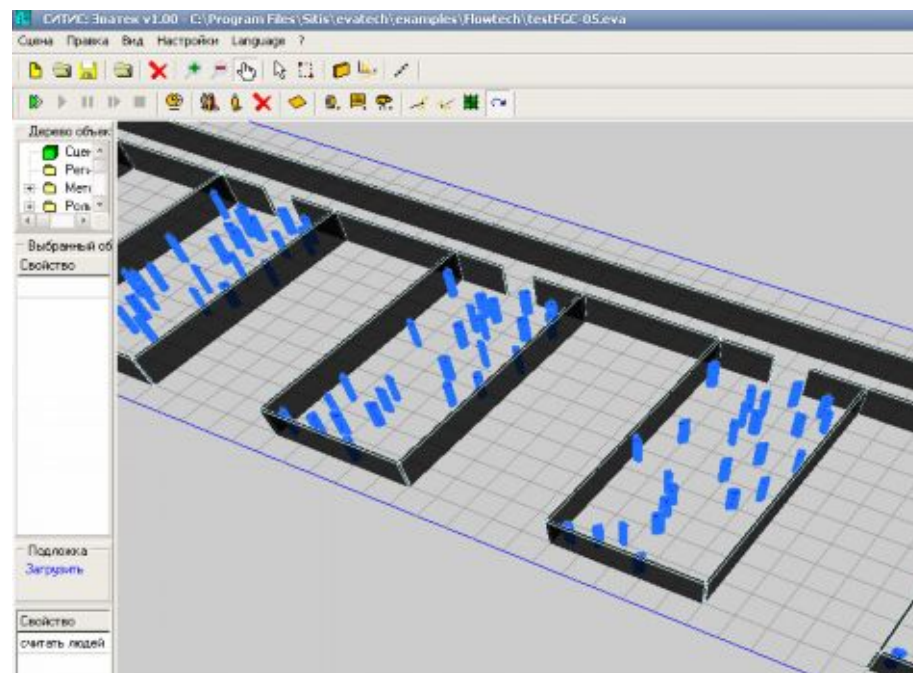
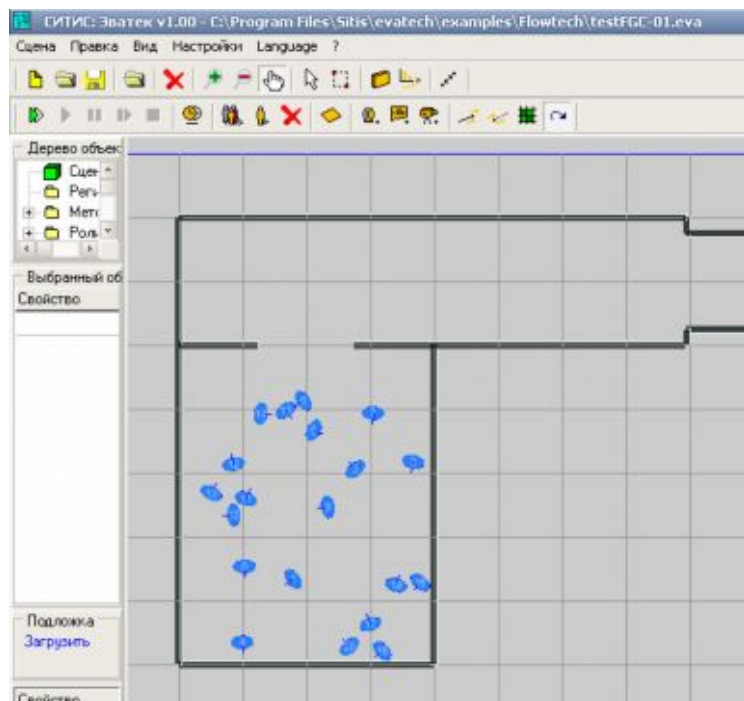
Раздел 4

Скорость свободного движения людей различного пола и возраста

Возрастная группа, годы	Пол	Число замеров	Быстрый шаг, предел скорости, м/с	Средняя скорость, м/с	Число замедлений	Спокойный бег, предел скорости, м/с	Средняя скорость, м/с
От 7 - 8	М	23	1,50 – 1,81	1,63	28	2,00 – 2,89	2,36
	Ж	29	1,39 – 1,72	1,47	31	1,94 – 2,78	2,22
8-10	М	56	1,56 – 1,86	1,67	62	2,06 – 2,97	2,47
	Ж	54	1,44 – 1,78	1,53	53	2,00 – 2,86	2,33
10-12	М	43	1,58 – 1,92	1,72	46	2,11 – 3,08	2,58
	Ж	48	1,50 – 1,83	1,61	48	2,06 – 2,97	2,47
12 -15	М	76	1,64 – 1,97	1,81	118	2,17 – 3,25	2,78
	Ж	78	1,56 – 1,89	1,69	75	2,14 – 3,11	2,64
15 - 20	М	38	1,67 – 2,17	1,89	12	2,99 – 3,61	2,86
	Ж	20	1,58 – 1,92	1,75	11	2,25 – 3,50	2,78
20 - 30	М	57	1,75 – 2,17	1,92	25	2,44 – 3,61	3,06
	Ж	72	1,67 – 2,06	1,83	47	2,36 – 3,56	2,94
30 - 40	М	51	1,75 – 2,17	1,89	29	2,28 – 3,33	2,94
	Ж	53	1,64 – 2,00	1,81	45	2,25 – 3,22	2,72
40 – 50	М	55	1,67 – 2,00	1,86	25	2,11 – 3,08	2,67
	Ж	74	1,53 – 2,00	1,69	41	2,11 – 2,94	2,47
50 - 60	М	46	1,50 – 1,89	1,67	15	1,94 – 2,78	2,39
	Ж	50	1,44 – 1,81	1,56	24	1,92 – 2,50	2,19
60 - 70	М	33	1,25 – 1,67	1,42	8	1,72 – 2,11	1,94
	Ж	42	1,25 – 1,56	1,36	17	1,72 – 2,08	1,89
Старше 70	М	19	1,00 – 1,39	1,17	20	1,42 – 1,81	1,56
	Ж	71	1,00 – 1,33	1,14	26	1,36 – 1,72	1,53

Раздел 4

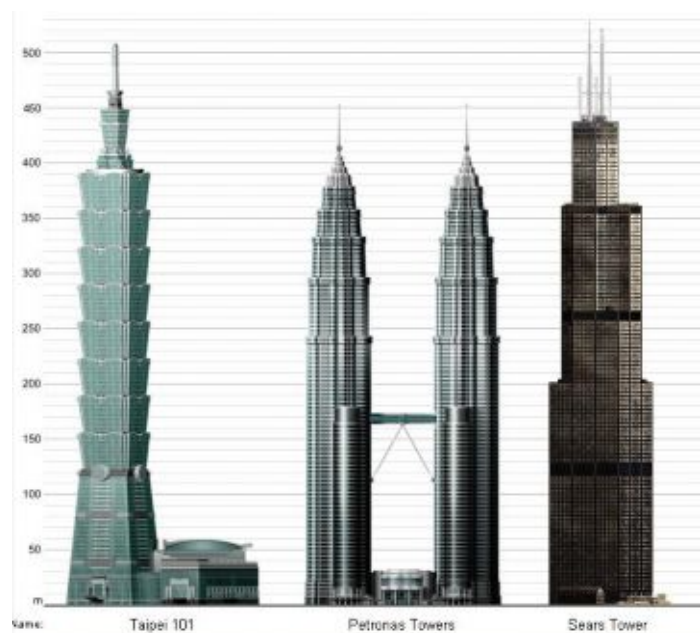
Модель индивидуально-поточного движения - Эватек



Подробнее >>> www.FireEvacuation.ru

5. Существующие проблемы эвакуации людей (на примере высотных зданий)

3 самых высоких башни
мира в 2008 году



Тайпей 101
(Тайвань)
508м

Петронас
(Малазия)
452м

Сирс
(США)
442м

3 самых высоких башни
мира в 2010 году



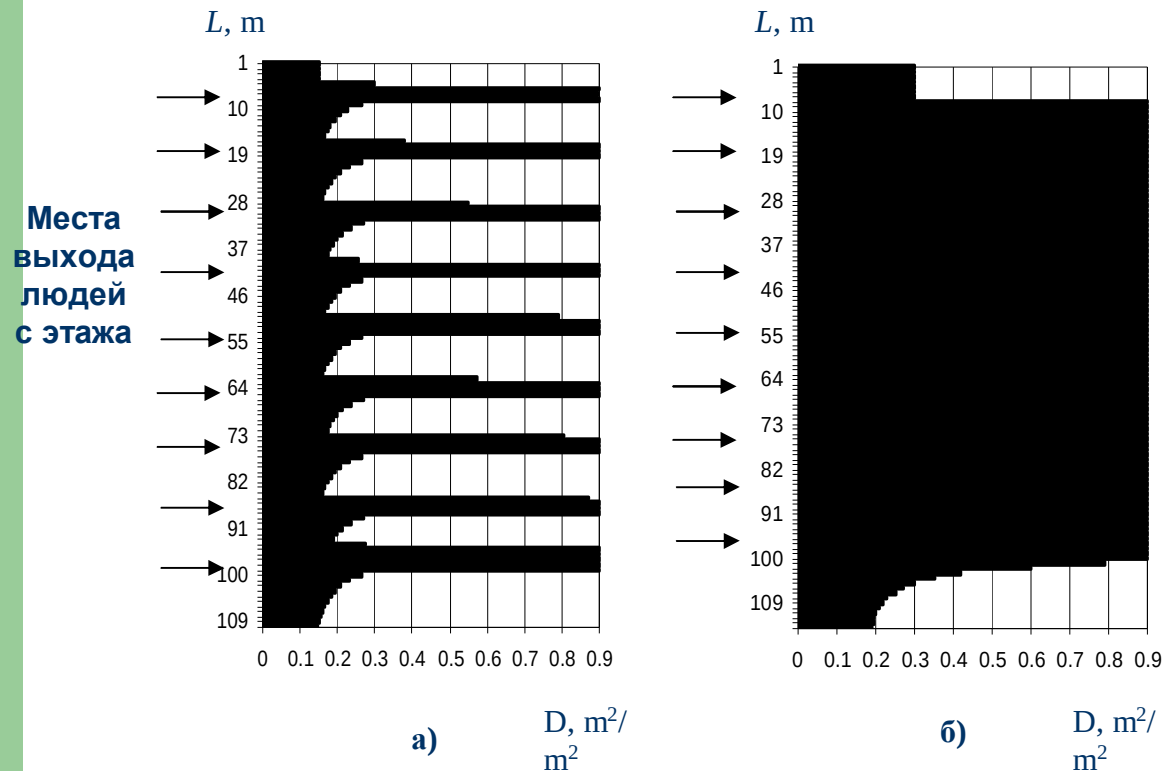
Бури Дубаи
(ОАЭ)
807м

Абрай Ал Байт
(Саудовская Аравия)
595м

Дубай-4
(ОАЭ)
550м

Раздел 5

1. Высокая плотность людских потоков в лестничной клетке



При такой давке, развивается компрессионная асфиксия, при которой возможны следующие повреждения:

- разрывы печени, легких, селезенки
- переломы ребер и других костей скелета,
- кровоизлияния в полости тела и др.

Значения плотностей людских потоков в лестничной клетке.

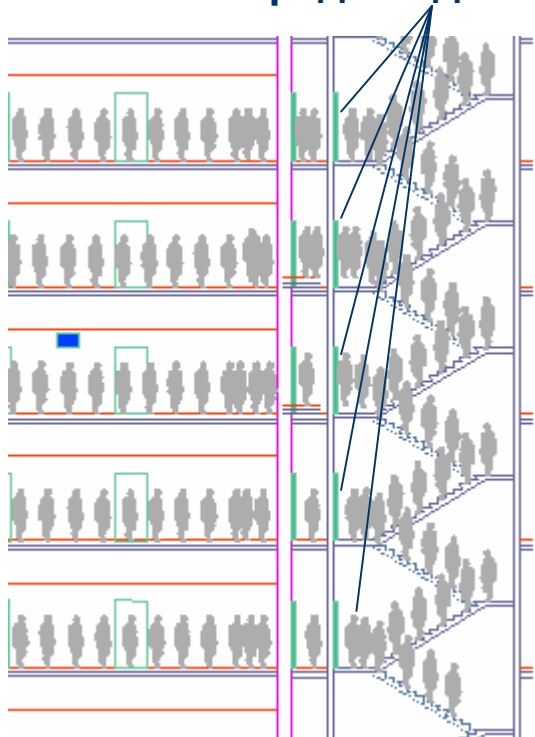
а) скопления происходят в местах выхода людей с этажа;

б) продолжительные скопления по всей лестничной клетке

Раздел 5

2. Возрастание расчетного времени эвакуации людей с этажей при образовании скопления в лестничной клетке

Скопления перед входами в ЛК



Возрастание t_p

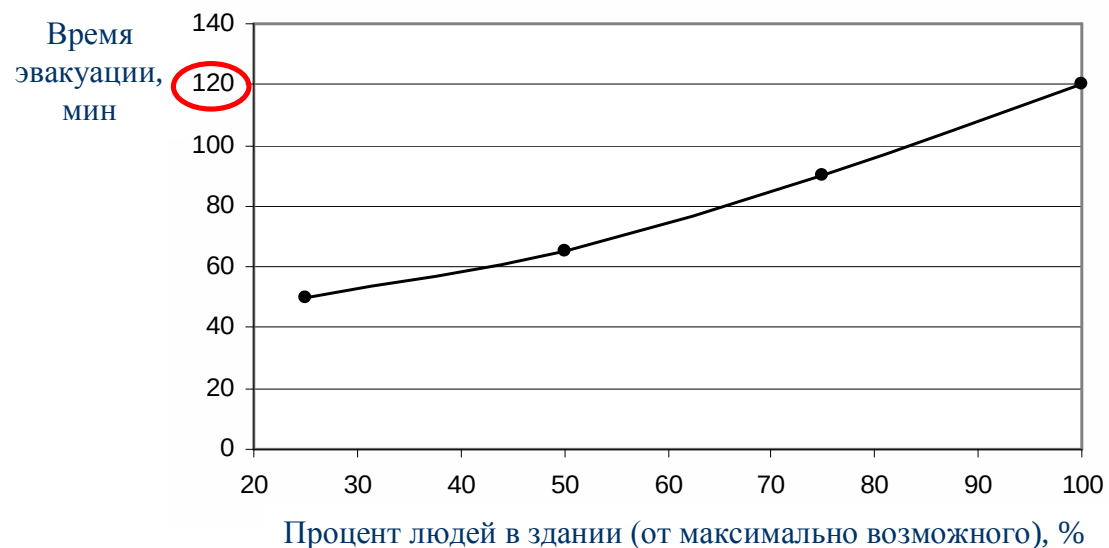
Номера этажей	t_p , мин
n+9	5,89
n+8	5,89
n+7	7,31
n+6	11,22
n+5	13,85
n+4	39,97
n+3	39,66
n+2	13,52
n+1	12,33
n	11,35

Интерпретация требований п. 1.116 СНиП 2.08.02-89* «расчет эвакуации только до входа в незадымляемую лестничную клетку» ведет к существенной недооценке пожарной опасности.

3. Продолжительность эвакуации

Время эвакуации из высотного здания в зависимости от количества людей в здании и ширины лестничной клетки

Ширина марша:	Минимальное время эвакуации высотного офисного здания (мин) в зависимости от количества человек эвакуирующихся через 1 лестницу							
Проектная/эффективная ^в	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
1078/882	9	17	33	50	66	83	99	115
1372/1176	7	13	25	36	48	60	72	84
1666/1470	6	10	19	29	38	48	57	66



Раздел 5

Экспресс-оценка выполнения беспрепятственности эвакуации в зависимости от количества людей на этаже, ширины марша и длиной пути по лестнице между этажами.

Допустимое количество людей на этажах здания для исключения образования высоких плотностей в лестничной клетке (при $f=0.125\text{м}^2$).

Высота этажа, м	Допустимое количество людей при ширине марша, м				
	1.05	1.2	1.35	1.5	1.8
2.8	32	40	47	56	73
3.0	34	41	49	57	76
3.3	36	44	52	60	79
3.6	38	46	54	63	83
4.2	49	60	71	83	110
4.8	53	64	76	89	117
6.0	68	83	98	115	152

Раздел 5

4. Сложность эвакуации маломобильных людей

Согласно экспертным оценкам, в здании может находиться **6,5%** инвалидов групп М1 и М2, **2,5%** инвалидов группы М3 и **1%** инвалидов группы М4 от общей численности людей в здании.



Группы мобильности: а) М2, б) М3, в) М4.



Эвакуация людей на креслах-колясках по лестнице с помощью персонала



Эвакуация людей на креслах-колясках по лестнице с помощью «эвакуационного стула»

Раздел 5

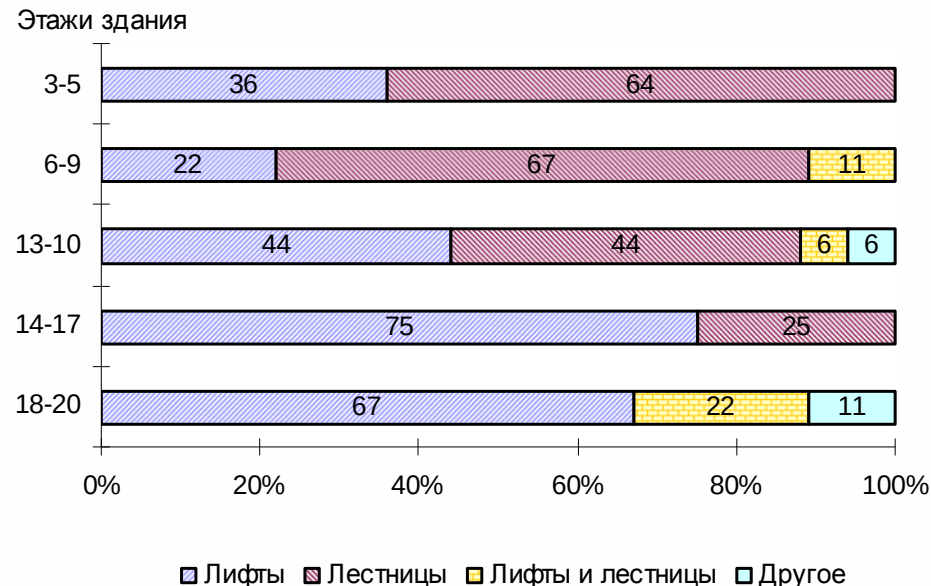
5. Невозможность (?) использования лифтов. Технические требования

Конструктивные и инженерные решения	Лестничная клетка	Нормативы	Лифтовые установки	Нормативы
Несущие конструкции REI	180	МГСН 4.19 п.4.24	-	-
Конструкции шахт лифтов REI	-	-	120, 180	МГСН 4.19 п.4.24
Площадки, косоуры, марши R	60	МГСН 4.19 п.4.24	-	-
Внутренние ненесущие конструкции EI	-	-	60,120	МГСН 4.19, п.4.24
Двери EI	60, 90	МГСН 4.19 п.4.29	60,90	МГСН 4.19 п.4.29, СНиП 21.01 п.8.10
Системы приточной противодымной защиты, подпор воздуха	Подпор воздуха в ЛК	СНиП 21-01 п. 5.15 МГСН 4.19 п.4.24	Подпор воздуха в шахты и холлы	СНиП 41-01 п.8.156 МГСН 4.19 п.14.60,14.58
Адресные дымовые извещатели	Да	МГСН 4.19	Да	МГСН 4.19 п.13.2.43
Системы чрезвычайной оперативной телефонной связи	-	-	В лифтовом холле	МГСН 4.19 п.13.2.51
Материалы отделки полов	Не горючие	МГСН 4.19 п.14.33	Не горючие	МГСН 4.19 п.14.70
Система пожарной сигнализации	-	-	Холлы, шахты	МГСН 4.19 п.13.2.40

Раздел 5

5. Невозможность (?) использования лифтов. Выбор эвакуирующихся.

При пожаре лифты в среднем использует до **15%** общего количества людей в здании. См., например, диаграмму.



«использование лифтов позволило сохранить более 3900 жизней» - цитата из отчета NIST «Final Report on Collapse of the World Center Towers» / NIST NCSTAR 1.USA, 2005

Виды эвакуации из высотных зданий

МГСН 4.19, п. 16.2.2 «Структура и размеры эвакуационных путей и выходов должны обеспечивать беспрепятственную и своевременную, **полную или частичную, одновременную или поэтапную, пешеходную и при помощи лифтов**, в зависимости от типа чрезвычайной ситуации, эвакуацию людей из любой части высотного здания независимо от их возраста и физического состояния».

Виды эвакуации и характеризующие ее параметры

Виды эвакуации	Максимальная плотность, чел/м ²	Время эвакуации, мин
Полная одновременная	9	80
Полная поэтапная пешеходная	3	42
Полная поэтапная с использованием лифтов	3	24

Организация поэтапной эвакуации

+

- Уменьшение плотности людского потока в 2-3 раза (с 9 до 3-4 чел/м²), что обеспечит выполнение условия безопасности по второму расчетному состоянию;
- Увеличение скорости движения по лестничной клетке от 7 до 45 м/мин, т.е. почти в 7 раз!
- Снижение продолжительности эвакуации в 3-4 раза.

-

- Недостаточность данных для валидации алгоритма;
- сложность организации (см. кадр из фильма «Титаник» →);



Раздел 5

Пример алгоритма полной комбинированной поэтапной эвакуации с использованием лифтов

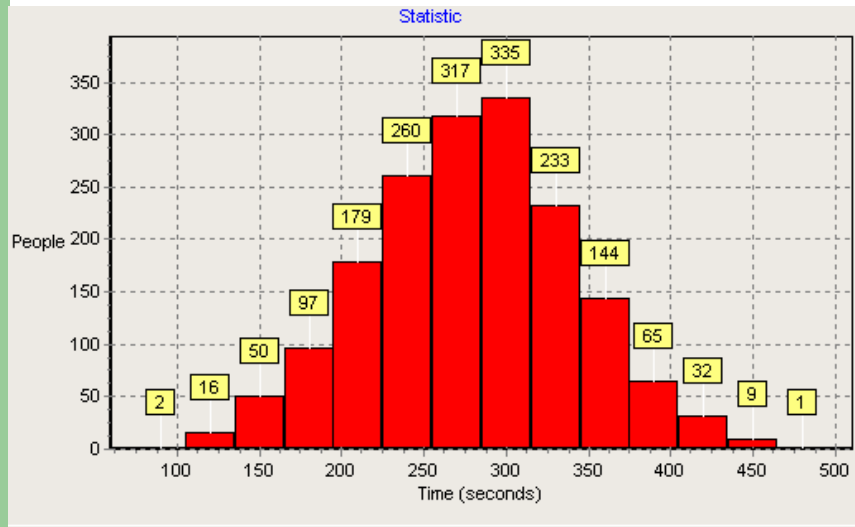
Этаж пожара	Время (в минутах) начала эвакуации людей с этажей											
	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
46	0	0	5,88	5,88	11,76	11,76	17,64	17,64	Л2	Л2	Л1	Л1
45	0	0	5,88	5,88	11,76	11,76	17,64	17,64	Л2	Л2	Л1	Л1
44	5,4	0	0	5,4	12,0	12,0	17,88	17,88	Л2	Л2	Л1	Л1
43	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	17,88	17,88	Л2	Л2	Л1	Л1
42	17,4	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	17,4	Л2	Л2	Л1	Л1
41	17,4	17,4	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	Л2	Л2	Л1	Л1
40	17,4	17,4	Л2	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	Л2	Л1	Л1
39	17,4	17,4	Л2	Л2	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	Л1	Л1
38	17,4	17,4	Л2	Л2	Л1	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0	Л1
37	17,4	17,4	Л2	Л2	Л1	Л1	5,4	5,4	0	0	12,0	12,0
36	17,4	17,4	Л2	Л2	Л1	Л1	17,4	5,4	5,4	0	0	12,0
35	10,80	10,80	16,68	16,68	Л2	Л2	Л1	Л1	5,4	5,4	0	0

Примечание. Индекс «Л» означает, что людей с этажа целесообразно эвакуировать с помощью лифтов. Цифры рядом с индексом обозначают очередность эвакуации лифтами. Эвакуация с помощью лифтов продолжается до тех пор, пока время эвакуации с помощью лифтов не будет превышать время ожидания сигнала к началу пешеходной эвакуации.

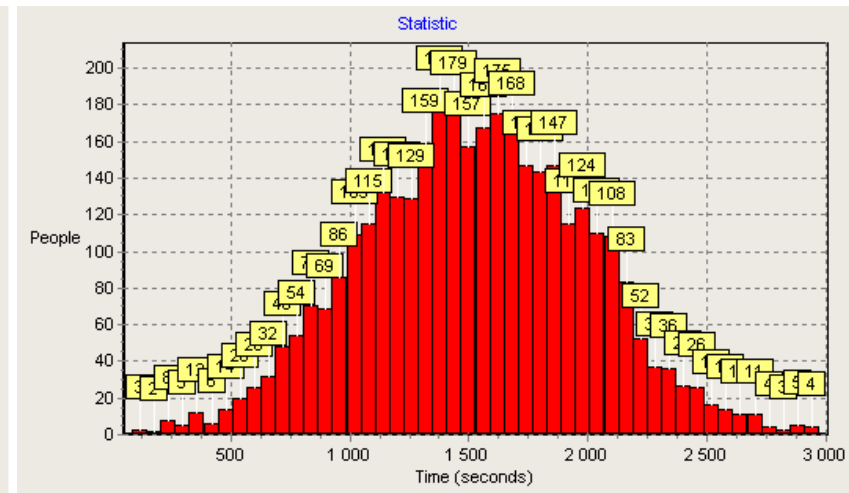
Пояснение. Рассмотрим ситуацию – пожар произошел на 40-м этаже. По обнаружению пожара, сигнал о начале эвакуации подается на этажи 40 и 41. Лифты направляются на этажи 35 и 36. Спустя 5,4мин организуется пешеходная эвакуация этажей 42 и 43. После эвакуации населения этажей 35 и 36, лифты направляются на этажи 37 и 44. Спустя 39,4мин, команда к началу пешеходной эвакуации подается на этажи 38 и 39.

Раздел 5

Движение людей по территории

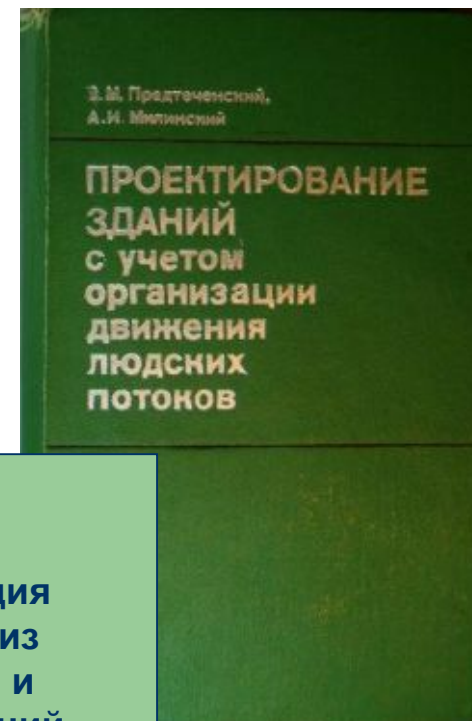
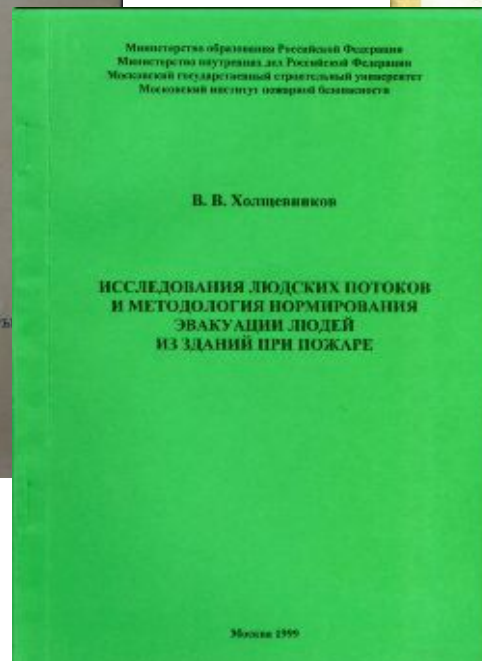
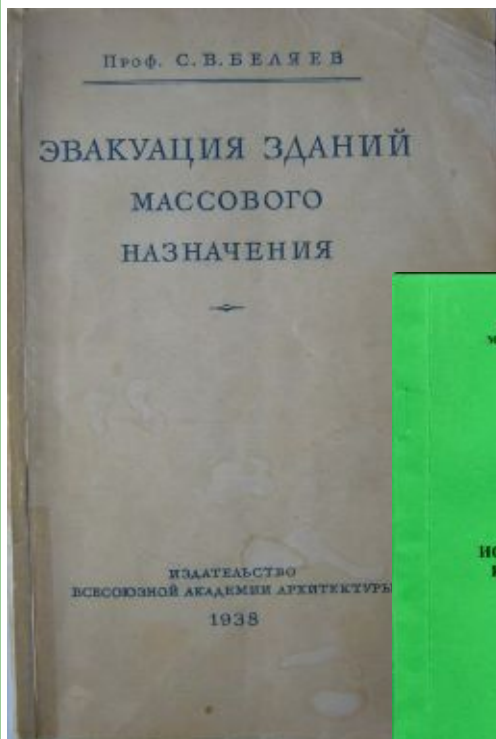


Распределение прибытия людей в сток. N=3940 чел, Время работы источника - 386с, $l=150\text{м}$; интервал времени прибытия -39с.



Распределение прибытия людей в сток. N=3480 чел, Время работы источника - 2886с, $l=150\text{м}$; интервал времени прибытия-60с.

Литература



Эвакуация
людей из
зданий и
сооружений
(в типографии)

Выводы

- своевременная и беспрепятственная эвакуация представляет собой сложную, и не в полной мере решенную в настоящее время задачу;
- для решения поставленных задач необходим современный расчетный инструментарий, работа над которым ведется.

Дополнительная информация:

www.ipb.mos.ru

www.FireEvacuation.ru

Тел. (495) 639-26-24