

Расчет времени эвакуации при пожаре

В соответствии с требованиями главы СНиП 11-2-80 эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий и сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Время, в течение которого все люди могут выйти из помещения или из здания, определяют расчетом и называют расчетным. Время, в течение которого еще возможна эвакуация людей в безопасных условиях, называют необходимым временем эвакуации.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей из помещений и зданий расчетное время эвакуации t_p должно быть меньше необходимого времени эвакуации людей $t_{нб}$: $t_p \leq t_{нб}$.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий определяют исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов.

При расчете весь путь движения людского потока делят на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш) длиной l_i и шириной σ_i .

Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел, столами и т. п. Длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимается по проекту. Путь по лестничной клетке определяется длиной маршей. Длина пути в проеме принимается равной нулю при толщине стены менее 0,7 м.

Расчетное время эвакуации людей t_p определяют как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_n.$$

Время движения людского потока по первому участку пути:

$$t_1 = l_1 / v_i,$$

где v_i – скорость движения людского потока.

Определение плотности потока людей

Плотность потока на этом участке пути D_l определяют по формуле:

$$D_l = N_l x f / (l_l x \sigma_l),$$

где N_l – число людей на первом участке, σ_l – ширина потока, l_l – длина участка движения.

Значение скорости движения потока людей в зависимости от плотности D приведено в табл. 1. Там же даны зависимости интенсивного людского потока q от его плотности и скорости движения.

Значения скорости и интенсивности движения людского потока по горизонтальному пути в зависимости от плотности

Плотность потока D , чел \times м ² /м ²	Горизонтальный путь		Дверной проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , 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	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,5	22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
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

Определение интенсивности движения потока людей

Интенсивность движения людского потока $q = D \times v$, л/мин или чел/мин. Интенсивность движения не зависит от ширины потока и является функцией плотности.

Пропускная способность потока, $Q = D \times v \times \sigma_l$, м²/мин.

Величину скорости движения людского потока v_1 на участках пути, следующих после первого, принимают по табл. 1 в зависимости от интенсивности движения потока. Интенсивность движения потока по каждому из участков

$$q_i = q_{i-1} \times \sigma_{i-1} / \sigma_i,$$

где σ_i, σ_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего $i-1$ участку пути, м; q_i, q_{i-1} – значения интенсивности движения потока по рассматриваемому i и предшествующему $i-1$ участкам пути, м/мин.

Если q_i меньше или равно q_{max} , то время движения на участке пути следует определять по формуле:

$$t_i = l_i / v_i,$$

При этом значение q_{max} следует принимать равным, м/мин:

Для горизонтальных участков:	16,5
дверных проемов	19,6
лестницы вниз	16
вверх	11

Если значение q_i больше q_{max} , то ширину σ_i данного участка пути следует увеличить так, чтобы соблюдалось условие $q_i \leq q_{max}$.

При невозможности выполнения этого условия интенсивность и скорость движения потока по участку пути i определяют по табл. 2 при значении $D = 0,9$. При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков интенсивность движения определяют по формуле:

$$q_i = \sum q_{i-1} \times \sigma_{i-1} / \sigma_i,$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка i , м/мин; σ_{i-1} – ширина участков пути до слияния, м; σ_i – ширина рассматриваемого i участка пути, м.

Если значение q_i больше q_{max} , то ширину σ_i данного участка пути следует увеличить.

Определение необходимого времени эвакуации

Необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$ из зальных помещений общественных зданий I и II степени огнестойкости принимают по табл. 2.

Необходимое время эвакуации людей из помещений в зданиях III и IV степени огнестойкости, приведенное в табл. 2, уменьшается на 30 %, а из помещений в зданиях V степени огнестойкости на 50 %.

Таблица 2

Необходимое время эвакуации людей из зданий I и II степени огнестойкости

Помещения	Необходимое время эвакуации, мин. при объеме помещения тыс. м ³				
	до 5	10	20	40	60
Зрительные залы в театрах, клубах, домах культуры и другие залы с колосниковой сценой; торговые залы универсальных магазинов	1,5	2	2,5	2,5	-
Зрительные, концертные, лекционные залы и залы собраний, выставочные и др. без колосниковой сцены (кинотеатры, крытые спортивные сооружения, цирки, столовые)	2	3	3,5	4	4,5

Время эвакуации людей из залов, фойе и коридоров, обслуживающих залы, принимают равным времени, необходимому для эвакуации людей из залов, приведенному в табл. 2, увеличенному на 1 мин. При этом следует учитывать, что эвакуация из всех помещений начинается одновременно.

Необходимое время эвакуации людей из зданий театров, клубов, дворцов культуры и других зданий с колосниковой сценой, а также из зданий кинотеатров, киноконцертных зданий, крытых спортивных сооружений, цирков, универмагов и столовых принимается: для зданий I и II степени огнестойкости – 6 мин, III и IV степени огнестойкости – 4 мин, V степени огнестойкости – 3 мин.

В общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий I, II, III степеней огнестойкости с коридорами, служащими для эвакуации людей, необходимое время для эвакуации людей $t_{нб}$ от дверей наиболее удаленных помещений до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку принимают: от помещений, расположенных между двумя лестничными клетками или наружными выходами – 1 мин; от помещений с выходом в тупиковый коридор – 0,5 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

В общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости необходимое время эвакуации людей по лестницам следует принимать: для зданий высотой до 5 этажей включительно – 5 мин; для зданий высотой свыше 5 до 9 этажей – 10 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Необходимое время эвакуации людей по незадымляемым лестничным клеткам (с входом через воздушную зону, с подпором воздуха или входом через тамбур-шлюз с подпором воздуха) не нормируется.

Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости принимают по табл.3 в зависимости от категории производства по взрыво- и пожароопасности и объема помещений.

Таблица 3

Необходимое время эвакуации из производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости

Категория производства	Объем помещений, тыс. м ³				
	До 15	30	40	50	60 и более
А,Б	0,5	0,75	1	1,5	1,75
В	1,25	2		2,5	3
Г,Д	Не ограничивается				

Для производственных зданий промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости с коридорами, служащими для эвакуации людей, необходимое время эвакуации людей от дверей наиболее удаленных помещений до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку принимают:

– от помещений, расположенных между двумя лестничными клетками или наружными выходами для зданий с категориями производства А и Б – 1 мин.; с категорией В – 2 мин.; с категориями Г и Д – 3 мин.;

– от помещений с выходом в тупиковый коридор – 0,5 мин. Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Необходимое время эвакуации людей по лестницам из производственных зданий промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости следует принимать: для зданий высотой до 5 этажей включительно – 5 мин; для зданий с производствами категорий В, Г и Д высотой свыше 5 и до 9 этажей – 10 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Пример решения

Определить расчетное время эвакуации людей из помещения, расположенного на втором этаже (рис. 1).

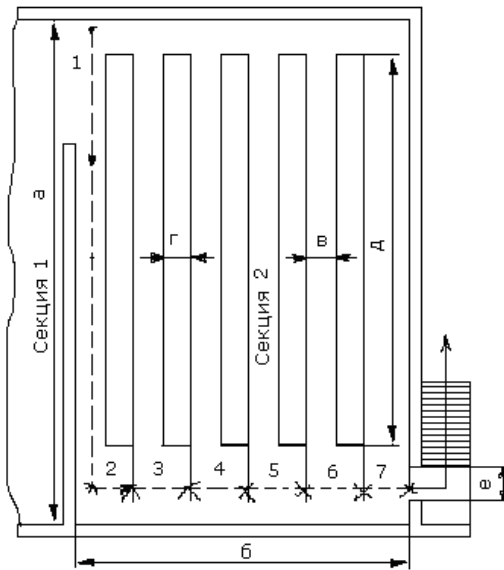


Рис. 1. Схема помещения

Помещение состоит из двух одинаковых секции, в которых оборудование расположено рядами. Здание II степени огнестойкости.

Объем каждой секции 4500 м^3 .

$a=44 \text{ м}$,

$b=28 \text{ м}$,

$v=2,5 \text{ м}$,

$г=2,3 \text{ м}$,

$д=38 \text{ м}$,

$e=2,3 \text{ м}$

Так как помещение имеет симметричную планировку, достаточно выполнить расчет времени эвакуации для одной секции, например секции 2.

Путь эвакуации от наиболее удаленной от выхода точки до выхода наружу состоит из восьми участков, в пределах которых ширина пути и интенсивность движения может быть принята неизменной. Людские потоки из проходов сливаются с потоком, двигающимся по сборному проходу, и направляются через лестничную клетку наружу.

1. Расчет возможного числа людей в секции.

Согласно СНиП 11-77-80 на одного человека приходится $1,35 \text{ м}^2$, следовательно, расчетное число людей составляет:

$$N = F_{\text{секции}} - F_{\text{оборуд}} / 1,35 = (a \cdot b - 5 \cdot г \cdot д) / 1,35 = 589 \text{ чел.}$$

2. Средняя плотность людского потока.

$$D_{\text{ср}} = N \cdot f / (F_{\text{секц}} - F_{\text{оборуд}}) = 589 \cdot 0,125 / 795 = 0,0926 \text{ (чел} \cdot \text{м}^2) / \text{м}^2.$$

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека: взрослого в летней одежде $0,1 \text{ м}^2$, взрослого в зимней одежде – $0,125 \text{ м}^2$, подростка – $0,07 \text{ м}^2$.

3. Определяем время прохождения каждого участка пути.

При расчете весь путь движения людского потока делят на участки длиной l и шириной σ .

Участок 1 (проход)

$$D_1 = D_{\text{ср}} = 0,09$$

Скорость движения людского потока в зависимости от плотности по таблице 1.

$V_1=84$ м/мин.

$l_1 = a - ((a-d)/3) = 44 - ((44-38)/3) = 42$ м.

время движения по первому участку: $t_1 = l_1 / V_1 = 42 / 84 = 0,5$ мин.

$\sigma_1 = b = 2,5$ м

По табл. 1 $q_1 = 7,4$ м/мин; что меньше $q_{\max} = 16,5$ м/мин.

Участок 2 (расширение пути)

$q_2 = q_1 \times \sigma_1 / \sigma_2 = 9 \times 2 / 4 = 4,5$ м/мин;

$v_2 = 100$ м/мин; $t_2 = 3 / 100 = 0,03$ мин.

Участок 3 (слияние потоков).

Интенсивность движения во всех потоках принимается одинаковой:

$q_3 = (q_2 \times \sigma_2 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_3 = (4,5 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 9$ м/мин;

$v_3 = 75$ м/мин; $t_3 = 3 / 75 = 0,04$ мин.

Участок 4 (слияние потоков).

$q_4 = (q_3 \times \sigma_3 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_4 = (9 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 13,5$ м/мин; $v_4 = 48$ м/мин;

$t_4 = 3 / 48 = 0,06$ мин.

Участок 5 (слияние потоков).

$Q_5 = (q_4 \times \sigma_4 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_5 = (13,5 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 18$ м/мин $> q_{\max} = 16,5$ м/мин.

Следовательно, на участке 5 и тем более на участках 6 и 7 возникает скопление людей, причем ширина участков 5, 6 и 7 одинакова и составляет 4 м, а участком, лимитирующим пропускную способность эвакуационного пути, является марш лестницы шириной 2,4 м, так как интенсивность движения при скоплении по маршу лестницы меньше интенсивности движения в дверном проеме.

Время эвакуации на участках 5-7, на которых к основным потокам добавляется три потока из проходов, с учетом задержки движения у лестничного марша равно:

$t_{5-7} = l_{5-7} / v_{ск} + Nf(1 / q_{ск} \times \sigma_{марш} - 1 / (q_4 \times \sigma_4 + 3q_1 \times \sigma_1)) = 8 / 33 + 579 \times 0,125 \times (1 / (19,6 \times 2,4) - 1 / (13,5 \times 4 + 3 \times 9 \times 2)) = 0,24 + 0,87 = 1,11$ мин.

Расчетное время эвакуации людей из зала $t_p = \sum t_i = 1,79$ мин., т. е.

$t_p > t_{нб} = 1,7$ мин. (см. табл. 2).

Условие безопасности не выполняется, следовательно, проект нуждается в переработке.

Пример варианта, переработанного с целью обеспечения безопасной эвакуации людей, показан на рис. 2.

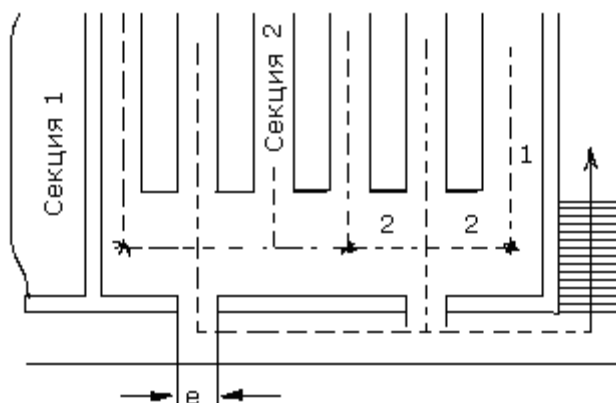


Рис. 2. Вариант перепланировки помещения

В этом варианте из каждой секции предусмотрено два эвакуационных выхода шириной 2,4 м на наружный балкон. Ширина балкона принята 4 м для размещения всех эвакуирующихся. При этом на каждого человека приходится около 0,4 м², что в два раза превышает установленную норму площади для разгрузочных площадок. С балкона на уровень земли ведут эвакуационные лестницы шириной 2,4 м с обеих сторон здания.

Участок 1 такой же, как в предыдущем варианте планировки, следовательно:

$$q_1 = 9 \text{ м/мин}; v_1 = 75 \text{ м/мин}; t_1 = 42/75 = 0,56 \text{ мин.}$$

Участок 2 характеризуется слиянием трех потоков из проходов в сборном проходе при движении к выходу. Интенсивность движения на этом участке: $q_2 = \Sigma_1^3 q_1 \times \sigma_1 / \sigma_2 = 3 \times 9 \times 2/4 = 13,5 \text{ м/мин}$; при такой незначительной интенсивности движения $v_1 = 55 \text{ м/мин}$; $t_1 = 4/55 = 0,08 \text{ мин}$.

Интенсивность движения в дверном проёме:

$$q_{\text{дв}} = q_2 \times \sigma_2 / \sigma_{\text{дв}} = 13,5 \times 4/2,4 = 22,5 \text{ м/мин} > q_{\text{max}} = 19,6 \text{ м/мин.}$$

Перед дверями скапливаются люди, движение задерживается. Время задержки:

$$\Delta t = N_{\text{дв}} \times f \times (1/ q_{\text{дв}} \times \sigma_{\text{дв}} - 1/ q_2 \times \sigma_2) = 579/2 \times 0,125 \times (1/19,6 \times 2,4 - 1/13,5 \times 4) = 0,77 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации:

$$t_p = 0,56 + 0,08 + 0,77 = 1,41 \text{ мин} < t_{\text{нб}} = 1,7 \text{ мин.}$$

Условие безопасности при новом, переработанном варианте планировки соблюдается.