

Томский политехнический университет

Практическое занятие № 5

Эвакуация людей из зданий и
помещений

Немцова О.А.

Томск 2013

1. Определение расчетного времени 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 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.

Плотность потока на этом участке пути D_1 определяют по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \sigma_1},$$

где N_1 – число людей на первом участке;
 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 – $0,07 \text{ м}^2$;
 σ_1 – ширина потока;
 l_1 – длина участка движения.

Интенсивность движения людского потока

$$q = Dv, \text{ 1/мин или чел/мин.}$$

Интенсивность движения не зависит от ширины потока и является функцией плотности.

Пропускная способность потока, $Q = Dv\sigma_1$,
м²/мин.

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

Плотность потока D, чел х 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

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

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

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:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i},$$

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 слиянии в начале участка i двух и более людских потоков интенсивность движения определяют по формуле:

$$q_i = \frac{\sum_{i-1}^i q_{i-1} \sigma_{i-1}}{\sigma_i}$$

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.

Пример расчета эвакуации людей из помещений и зданий различного назначения

Определить расчетное время эвакуации людей из зала универсального магазина, расположенного на втором этаже. Зал состоит из двух одинаковых секции, в которых находится торговое оборудование расположенное рядами (рис. 1). Объем каждой секции 3300 м^3 , площадь секции 782 м^2 , площадь, занимаемая оборудованием 200 м^2 . Ширина маршей лестничных клеток и дверей входа в лестничную клетку на отметке $3,60$ и выхода из нее на отметке 000 равна $2,4 \text{ м}$. Здание II степени огнестойкости.

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. Ширина каждого из шести проходов 2 м, длина их, включая путь движения от стены, составляет $l = 42$ м. Участки 2-6 имеют длину по 3 м, ширину 4 м, участок 7 имеет длину 2 м, ширину 4 м. Для расчета необходимо знать возможное число людей в секции. Согласно СНиП 11-77-80. п. 3.16 на одного человека приходится $1,35 \text{ м}^2$, следовательно, расчетное число людей составляет

$$N = F_{\text{секции}} / 1,35 = 782 / 1,35 = 579 \text{ чел.}$$

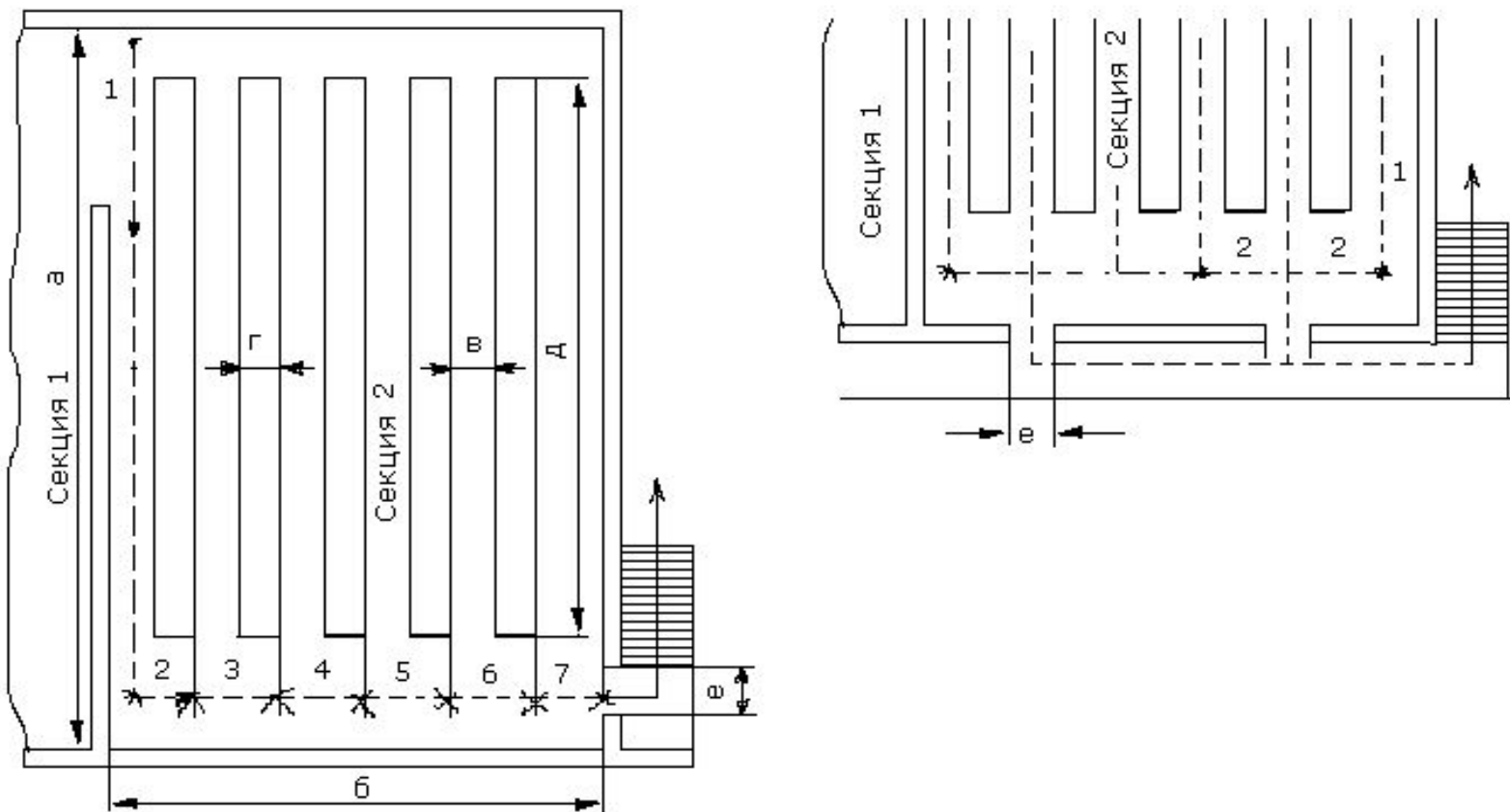


Рис. 8.1. Расчетные схемы планировки универмага

а) – исходная; б) – переработанная по результатам расчетов; 1, 2, ... 7 – участки пути; а, б, в, г, д, е – размеры помещения, оборудования, дверных проемов в метрах, ширина коридора на выход везде одинакова и равна 4 м

Средняя плотность людского потока

$$D_{\text{ср}} = N f (F_{\text{секц}} - F_{\text{оборуд}}) = (579 \cdot 0,125 / (782 - 200)) = 0,12.$$

Определяем время прохождения каждого участка пути.

Участок 1 (проход) $D_1 = D_{\text{ср}} = 0,12$; $l_1 = 42\text{м}$; по табл. 1 $q_1 = 9\text{ м/мин}$;
 $v_1 = 75\text{ м/мин}$; $t_1 = 42/75 = 0,56\text{ мин}$.

Участок 2 (расширение пути) $q_2 = q_1 \times \sigma_1 / \sigma_2 = 9 \times 2/4 = 4,5\text{ м/мин}$;
 $v_2 = 100\text{ м/мин}$; $t_2 = 3/100 = 0,03\text{ мин}$.

Участок 3 (слияние потоков). Интенсивность движения во всех потоках принимается одинаковой:

$q_3 = (q_2 \times \sigma_2 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_3 = (4,5 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 9\text{ м/мин}$;
 $v_3 = 75\text{ м/мин}$; $t_3 = 3/75 = 0,04\text{ мин}$.

Участок 4 (слияние потоков).

$q_4 = (q_3 \times \sigma_3 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_4 = (9 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 13,5\text{ м/мин}$; $v_4 = 48\text{ м/мин}$;
 $t_4 = 3/48 = 0,06\text{ мин}$.

Участок 5 (слияние потоков).

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

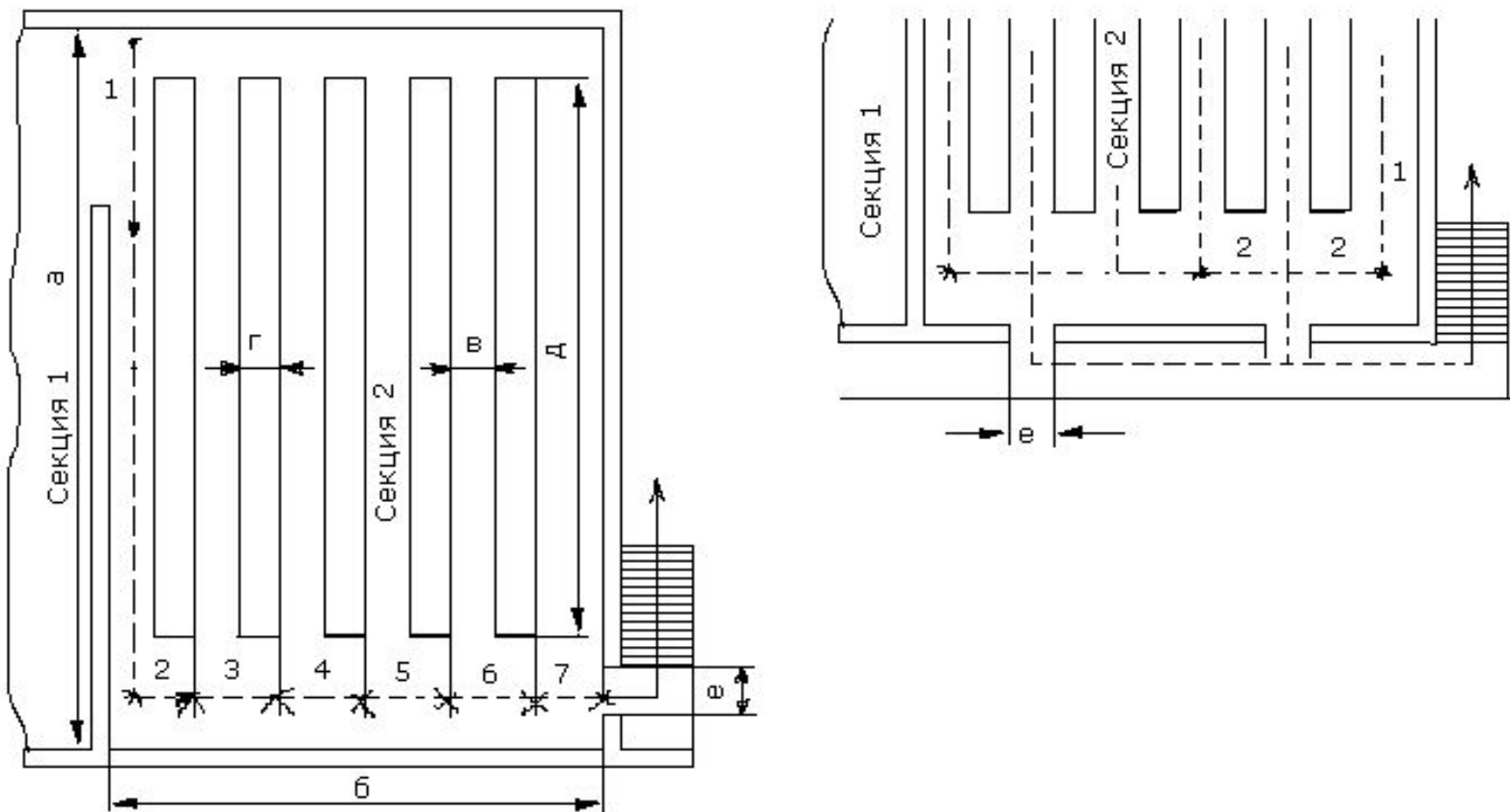


Рис. 8.1. Расчетные схемы планировки универмага

а) – исходная; б) – переработанная по результатам расчетов; 1, 2, ... 7 – участки пути; а, б, в, г, д, е – размеры помещения, оборудования, дверных проемов в метрах, ширина коридора на выход везде одинакова и равна 4 м

- 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).

Необходимое время эвакуации людей из зданий 1 и 2 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

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.

Определим расчетное время эвакуации через выход А.
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: $q_2 = \sum_1^3 q_1 \times$

$$\sigma_1 / \sigma_2 = 3 \times 9 \times 2/4 = 13,5 \text{ м/мин}; \text{ при такой}$$

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.

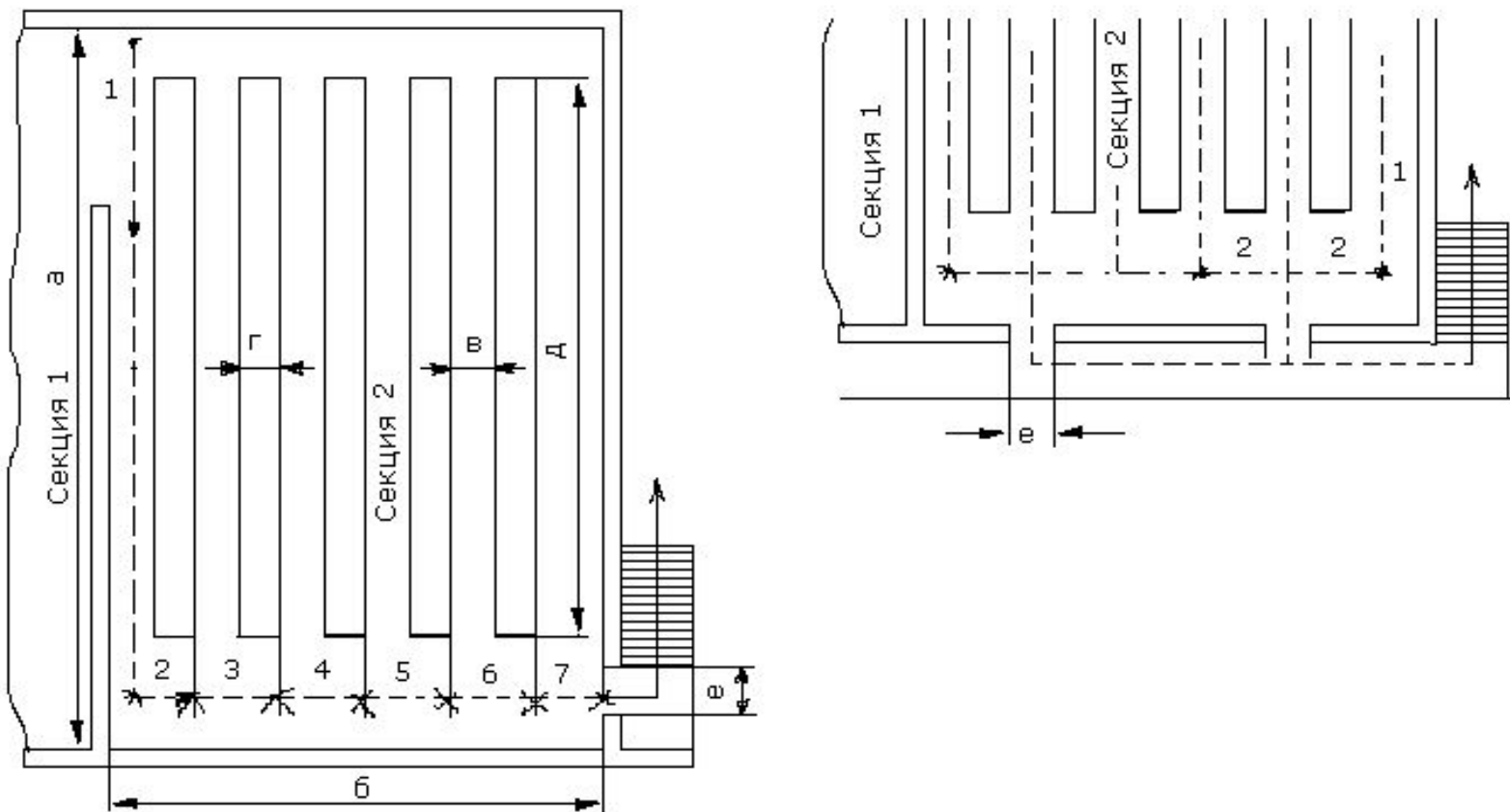


Рис. 8.1. Расчетные схемы планировки универмага

а) – исходная; б) – переработанная по результатам расчетов; 1, 2, ... 7 – участки пути; а, б, в, г, д, е – размеры помещения, оборудования, дверных проемов в метрах, ширина коридора на выход везде одинакова и равна 4 м