**Типовой расчет времени эвакуации людей при пожаре**

**ОБЪЕКТ: Гипермаркет «Реал»**

Входные параметры:

Принимаем пожароопасные свойства пожарной нагрузки в торговом зале эквивалентным текстильным изделиям

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t0  20 | -начальная температура воздуха в помещении, °С; | |
| Q  16.7 |  | - низшая теплота сгорания материала, МДж⋅кг-1; |
| Cp  0.001068 | | -удельная изобарная теплоемкость газа МДж/кг?К; |
| φ  0.6 |  | - коэффициент теплопотерь; |
| η  0.95 | - коэффициент полноты горения; | |
| V  99373 | - свободный объем помещения, м3; | |
| α  0.3 | -коэффициент отражения предметов на путях эвакуации; | |
| E  50 | - начальная освещенность, лк; | |
| lпр  20 | - предельная дальность видимости в дыму, м; | |
| Dm  60.6 | - дымообразующая способность горящего материала, Нп⋅м2⋅кг-1; | |
| Lco2  0.879 | | - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг⋅кг-1; |
| Lco  0.0626 | |  |

Lhcl  0.0037

Xhcl  23 ⋅10− 6

* предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг⋅м-3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Xco2  0.11 | (*Х*СО2 =0,ll кг⋅м-3; *Х*СО = 1,16-10-3 кг⋅м-3; *Х*HCL=23х10-6 кг⋅м-3); |  |
| Xco  0.00116 | |  |
| LO2  2.56 | - удельный расход кислорода, кг⋅кг-1. |  |
|  |  |
| h  1.7 | - высота рабочей зоны, м; |  |
| H  12.6 | - высота помещения, м. |  |
| Ψ f  0.0244 | - удельная массовая скорость выгорания, кг⋅м-2⋅с-1; |  |
| υ  0.0071 | - линейная скорость распространения пламени, м⋅с-1; |  |
| n  3 |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | h ⋅exp |  | 1.4 ⋅ | h | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Z  |  | H | | Z  0.163 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  | H |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| B  | | 353 ⋅Cp⋅V | | |  |  | B  5.904  103 |  |
|  1 − φ⋅η ⋅Q | | | |  |  |
| A  1.05Ψ f⋅υ 2 | | | | | | | A  1.292  10− 6 |  |

Рассчитаем необходимое время эвакуации:

1



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | | | B | | | | |  |  |  | | | |  |  |  |  70 − t0 | | | | | | | | | | | | | | |  | n | | | | | | |  | tкрт  1.485  103 | | | | | |  |  | tтнб  tкрт⋅ | | 0.8 | | |  |  |  |  | tтнб | |  19.8 | ( мин) | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкрт  | | |  | | |  | | | | |  | ⋅ln | | 1  | | | |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | |  |  |  |  |  | |  |
| A | | | | | | | |  |  |  273  t0⋅Z | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  | B | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | n | | | | |  |  |  | tкрпв  1.07  103 | | | | | |  |  |  | 0.8 | | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| tкрпв  | | | | |  |  |  |  |  |  | ⋅ln | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | tтнб  tкрпв⋅ | | |  |  |  | tтнб  14.263 | |  |  |
|  | A | | | |  |  |  |  |  |  |  | ⋅ |  |  |  |  | ⋅α⋅ | | | | |  | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ( мин) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | 1 − | V ln 1.05 | | | | | | |  |  |  |  |  | E | | | | |  |  | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 60 | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |  | lпр⋅B⋅Dm⋅Z | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | n | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| tкр0 | 2 |  | |  | |  |  |  |  | ⋅ln | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 103 tтнб  tкр0 ⋅ | | | | | | |  | 0.8 | | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A | | | | | | |  |  |  |  |  | | | 1 − |  |  |  | 0.044 | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  | tкр0 |  |  1.671  | | |  |  | tтнб  22.28 | | ( мин) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  |  | | | LO | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |  | | |  |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 60 | | | | | | | | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  | B⋅ | | | 2 | |  0.27 | | | | | | | | | | | | | |  |  |  | ⋅Z | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | V |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  | B | | | | | | | | | |  |  | | |  | 1 | | | |  |  |  |  |  | n | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкрco2  | | | | | | | |  | |  |  |  | ⋅ln | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |  |  | 3 фактор не опасен, под знаком | | | | | | | | | | | | | |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | A | | | | | | | | | |  | 1 − | | | |  |  | V⋅ Xco2 | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | | | |  | |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | tкрco2  1.935  10 | | | | | | |  |  1.789i  10 | | |  | | |  | | | | |  | | | | |  |
|  |  |  |  | | | | | | |  |  |  |  |  | | | |  |  | B⋅ Lco2⋅Z | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  | логарифма отрицательное число | | | | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  | | | B | | | |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | | |  |  |  |  | n | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкрco  | | | | | |  |  |  |  |  | ⋅ln | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tкрco  2.117  103  1.195i  103 | | | | | | | | | | | фактор не опасен, под знаком | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | V⋅ Xco | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | A | | | | | | |  |  |  |  |  | | | 1 − |  |  | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  | B⋅ Lco⋅Z | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | логарифма отрицательное число | | | | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  | | |  | B | | | | |  |  | | | |  | 1 | | |  |  |  |  |  | n | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкрhcl  | | | | | |  |  |  |  |  |  | ⋅ln | | |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tкрhcl  1.675  103 | | | | | |  |  |  |  |  | 0.8 | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | A | | | | | | | | |  | 1 − | | | | |  |  | V⋅ Xhcl | | |  |  |  | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tтнб  tкрhcl⋅ | | | |  | | tтнб  22.328 | | ( мин) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | |  | B⋅ Lhcl⋅Z | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 60 | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |

В результате необходимое время эвакуации равно 14,26 мин.

2

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 в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91\*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

При расчете весь путь движения людского потока разделяется 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 в соответствии архитектурно-строительными решениями, представленными Заказчиком. 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*р) определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути *ti* по формуле:

*t* р *t*1 *t* 2 *t* 3,...,*ti* ,

где *t*1 - время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

*t*2, *t*3,..., *t*i-время движения людского потока на каждом из следующих послепервого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути (*t*1), мин,

вычисляется по формуле: *t* *l*1,

1 *v*1

где *l*1 - длина первого участка пути, м;

*v*1, -значение скорости движения людского потока по горизонтальному путина первом участке, определяется по таблице 1.1 в зависимости от плотности людского потока *D*, м/мин.

Плотность людского потока (*D*1) на первом участке пути, м2/м2, вычисляется

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| по формуле: | *D*  *N*1 *f* | | , |  |
|  | 1 | *l*1*δ*1 |  |  |
|  |  |  |  |

где *N*1 - число людей на первом участке, чел.;

*f* -средняя площадь горизонтальной проекции человека,принимаемая равной,

м2,

|  |  |
| --- | --- |
| взрослого в домашней одежде | 0,1 |
|  |  |
| взрослого в зимней одежде | 0,125 |
|  |  |
| подростка | 0,07 |
|  |  |

3

*q*i,*q*i-1

δ1, - ширина первого участка пути, м.

Скорость v1 движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимается по таблице 1.1 в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которое вычисляется для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

*qi* *qi*−1.*δ**i*−1,

*δ i*

где *δ*i, *δ*i-1 - ширина рассматриваемого *i-*гo и предшествующего ему участка пути, м;

- 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 1.1 по значению *D*1.

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Горизонтальный | | Дверной | Лестница вниз | | Лестница вверх | |  |
| Плотность | путь | |  |
| проем, |  |  |  |  |  |
| потока *D*, |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Интенси- |  | Интенси- |  | Интенси- |  |
| Скорость | интенсивность | Скорость | Скорость |  |
| м2/м2 | v, м/мин | вность *q*, | *q,* м/мин | v, м/мин | вность *q*, | v, м/мин | вность *q*, |  |
|  |  | м/мин |  |  | м/мин |  | м/мин |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 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 | 15,6 | 22 | 11 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,6 | 27 | 16,2 | 19 | 24 | 14,4 | 18 | 10,6 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,7 | 23 | 16,l | 18,5 | 18 | 12,6 | 15 | 10,5 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,8 | 19 | 15,2 | 17,3 | 13 | 10,4 | 13 | 10,4 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,9 и | 15 | 13,5 | 8,5 | 8 | 7,2 | 11 | 9,9 |  |
| более |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

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*δ* .

4

Если значение *q*i, , меньше или равно значению *q*max, то время движения по участку пути (*t*i) в минуту:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *ti*  | *li* |  |  |  |
| *vi* ; | | (1) |  |
|  |  |

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, больше *q*max, то ширину δi данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

|  |  |
| --- | --- |
| *qi* ≤ *q*max. | (2) |

При невозможности выполнения данного условия интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути *i* определяется по таблице 1.1 при значении *D*=0,9 и более. При этом должно учитываться время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления.

При слиянии вначале участка *i* двух и более людских потоков (рисунок 1.1)

интенсивность движения (*q*i,), м/мин, вычисляется по формуле:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *q* | *i* |  | ∑*qi*−1.*δi*−1 |  |  |  |
| *δ i* | , | (3) |  |
|  |  |  |
|  |  |  |  |

где *q*i-1 - интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка i, м/мин;

*δ*i-1 - ширина участков пути слияния, м;

*δ*i - ширина рассматриваемого участка пути, м.

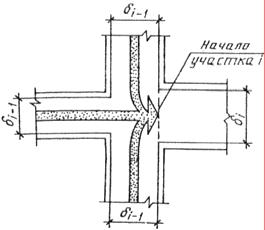


Рисунок 1.1 Слияние людских потоков

Если значение *q*i, определенное по формуле (3), больше *q*max, то ширину *δ*i данного участка пути следует увеличивать на такую величину, чтобы соблюдалось

5

условие (2). В этом случае время движения по участку *i* определяется по формуле (1).

**Расчет фактического времени эвакуации**

Расчетное время эвакуации определяется в следующей последовательности:

1. определяется наиболее длинный эвакуационный путь;
2. определяются параметры движения людского потока;
3. суммируется время движения по каждому участку;

Площадь для расчета числа людей одновременно находящихся в торговом зале принимается из расчета 1,35 м2 на человека.

При расчетах блокировался выход в осях 16-17 / Э/А-Ю/А.

Эвакуация потока людей осуществлялась через выход в осях 1-2 /У/А-Ф/А из наиболее удаленной от выходов точки торгового зала в осях 13/ Ц/А.

Схема движения потоков приведена в приложении 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **iНомеручастка,** | **l** | ***d*** | **КоличестволюдейнаiучасткеN,чел.** | **ПлотностьпотокаDнаDучастке** | **Интенсивностьдвиженияqлюдскогопотокаq,м/мин** | **СкоростьдвиженияvлюдскогопотокаV,м/мин** | **Ширинадверногопроема,м** | **Времязадержки,мин.** | **Времяпрохожденияучасткаt,мин** |  |
|  | **Длина участка** | **Ширина участка** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **, м** | **, м** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **i** | **i** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 68 | 3 | 1413 | 0.69 | 16.1 | 24 |  |  | 2.89 |  |
| 2 | 8 | 1.7 | 1413 | - | 13.5 | 15 |  | 3.24 | 3.77 |  |
| 3 | 0 | 3 | 1413 | - | 7.7 | 15 | 3 | 0 | 0.10 |  |
| 4 | 3 | 2.5 | 1413 | - | 9.2 | 74 |  | 0 | 0.04 |  |
| 5 | 3 | 2.5 | 1413 | - | 9.2 | 95 |  |  | 0.03 |  |
| ИТОГ |  |  |  |  |  |  |  |  | 10,07 |  |

6

Приведем расчет необходимого времени эвакуации со 2-го этажа здания ТК

«Солнечный»

Входные параметры:

1. -размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг⋅с-1;
2. -размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;
3. -безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;

Принимаем пожароопасные свойства пожарной нагрузки в торговом зале эквивалентным текстильным изделиям

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t0 |  | 20 | | -начальная температура воздуха в помещении, °С; | | | | | |  |
| Q |  | 16.7 | |  | - низшая теплота сгорания материала, МДж⋅кг-1; | | | | |  |
| Cp  0.00106 | | | | |  |  | -удельная изобарная теплоемкость газа МДж/кг?К; | | |  |
| φ  0.6 | | | |  | - коэффициент теплопотерь; | | | | |  |
| η  | | 0.95 | |  | - коэффициент полноты горения; | | | | |  |
| V  | | 5967 | |  | - свободный объем помещения, м3; | | | | |  |
| α  | | 0.3 | |  | -коэффициент отражения предметов на путях эвакуации; | | | | |  |
| E  | |  | 50 - начальная освещенность, лк; | | | | | | |  |
| lпр  20 | | | |  | - предельная дальность видимости в дыму, м; | | | | |  |
| Dm  60.6 | | | |  | - дымообразующая способность горящего материала, Нп⋅м2⋅кг-1; | | | | |  |
| Lco2  0.87 | | | |  | - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг⋅кг-1; | | | | |  |
| Lco  0.062 | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| Lhcl  0.003 | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| Xhcl  23⋅ 10− 6 | | | | | | | | |  |  |
| Xco2  0.11 | | | | | - предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг⋅м-3 | | | | |  |
|  | (*Х*СО2 =0,ll кг⋅м-3; *Х*СО = 1,16-10-3 кг⋅м-3; *Х*HCL=23х10-6 кг⋅м-3); | | | |  |
| Xco  0.0011 | | | | | | | | |  |  |
| LO2  2.56 | | | |  | - удельный расход кислорода, кг⋅кг-1. | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| h  1.7 | | | |  | - высота рабочей зоны, м; | | | | |  |
| H  3.7 | | | |  | - высота помещения, м. | | | | |  |
| Ψf  0.0244 | | | |  | - удельная массовая скорость выгорания, кг⋅м-2⋅с-1; | | | | |  |
| υ  0.007 | | | |  | - линейная скорость распространения пламени, м⋅с-1; | | | | |  |
| n  | | 3 | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | h | | |  |  |
|  |  |  | h ⋅exp | 1.4⋅ | |  |  |  |  |  |
| Z  | | H | | Z  0.874 |  |
|  | H | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B  | |  | 353⋅ Cp⋅V | | | | | |  |  |
|  |  1 − φ⋅η ⋅Q | | | |  | | B  354.488 |  |
|  | A  1.05Ψf⋅υ 2 | | | | | | | | A  1.292  10− 6 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 7 |  |

Проведем расчет времени наступления опасных факторов пожара:

1



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | B | | | |  |  |  | |  |  | ( 70 − t0) | | | |  | n |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0.8 | | | |  |  |  |  |  |
| tкрт  | | |  |  |  |  | ⋅ln 1 | | | |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tкрт  365.793 | | |  |  |  |  |  |  |  | tтнб  4.877 | ( мин) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A | | | | ( 273  t0) ⋅Z | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  | tтнб  tкрт⋅ 60 | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | B | | | | |  | |  |  |  |  | 1 |  |  |  | n | | | | | | | |  |  |  |  | 0.8 | | |  |  |  |  |  |  |
| tкрпв  | | | | | |  | |  | ⋅ln |  |  |  |  |  | |  | | | |  | | | | | | |  | | | tтнб  tкрпв⋅ |  |  |  | |  |  |
| A | | |  |  |  |  | V⋅ ln 1.05⋅α⋅E | | | | | | tкрпв  230.791 | | |  | tтнб  3.077 | | | ( мин) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | | |  |  |  | |  | 1 | − |  |  |  |  |  |  | | | | | | | |  |  |  |  | 60 | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | lпр⋅B⋅Dm⋅Z | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | | |  |  |  | | |  |  |  | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | B | | | | | |  | |  |  |  |  | 1 | |  |  |  |  |  |  |  |  | n | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкр0 | 2 |  | | |  | |  |  | ⋅ln | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | 0.8 |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | A | | | | | |  | |  | 1 | − |  | 0.044 | | | |  |  |  |  |  | | | | tкр0 |  |  326.647 tтнб  tкр0 ⋅ | | | | | |  | tтнб  4.355 ( мин) | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | | |  |  |  | |  |  |  | LO | |  |  |  |  |  | | | |  | 2 |  |  | 2 | | |  | 60 |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | | |  |  |  | |  |  |  | B⋅ | 2 |  |  0.27 | | |  | ⋅Z | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | V | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | | | 1 | |  |
| B | | | | | |  |  | | |  |  |  |  |  | 1 | |  |  |  |  |  | n | | | | | | |  |
| tкрco2  | | |  |  | | ⋅ln | | |  |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  | |  |  | | | | | |  |
| A | | |  |  | |  |  |  |  | V⋅ Xco2 | | | | | | |  |
|  | | | | |  |  |  | | |  |  | 1 | − | |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | |  |  |  | | | | |  |  |  |  | B⋅ Lco2⋅Z | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | 1 | |  |  |  |  |
| B | | | | |  |  | | | |  |  |  |  |  | 1 | |  |  | n | | | | | | | | | |  |
| tкрco  |  |  | | ⋅ln | | |  |  | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | | | | | | | | |  |
| A | | |  | | |  |  |  |  |  | V⋅ Xco | | |  | |  |
|  | | | | |  |  | | | | 1 − | | | |  |  |  |  |  |  | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  | | | | |  |  | | | |  |  |  |  | B⋅ Lco⋅Z | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | 1 | | |  |  |
| B | | | | |  |  | | | |  |  |  |  |  | 1 | |  |  |  |  | n | | | | | | | |  |
| tкрhcl  | |  | | | ⋅ln | | |  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  | | |  | | | | | | |  |
| A | | |  | | |  |  |  |  |  | V⋅ Xhcl | |  |  | | |  |
|  | | | | |  |  | | | |  | 1 | | − | |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | |  |  | | | | |  |  |  |  | B⋅ Lhcl⋅Z | | | | | | | | | | | | | |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tкрco2  808.085  506.498i | | фактор не опасен, под знаком | | | | | | |  |
|  |  | логарифма отрицательное число | | | | | | |  |
| tкрco  494.785 |  | 0.8 | | |  |  | tтнб  6.597 |  |  |
| tтнб  tкрco⋅ 60 | | | |  |  | ( мин) |  |
| tкрhcl  327.082 |  |  |  |  | 0.8 | |  |
| tтнб  tкрhcl⋅ | | | |  |
| tтнб  4.361 | ( мин) |  |
| 60 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В итоге необходимое время эвакуации составляет 3,077 мин.

8

**Расчет фактического времени эвакуации со 2-го этажа здания**

N1  112

f  0.1

δ1  1.8

l1  24

Число людей на первом участке, чел Средняя площадь проекции человека, кв.м ширина первого участка пути, м длина первого участка пути, м

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D1  | |  |  | N1⋅f | | | | | |  | D1  | | | | 0.259 | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | v1  52 | |  | м | |  |
|  |  | δ ⋅ | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | мин |  |  |
|  |  |  |  | 1 l1 | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | плотность потока | | | | | | | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  | l1 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| t1  |  |  |  | t1  0.462 ( мин) | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | v1 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| q1  13.5 | | | | | | | | | |  | δ2  | | | | 6 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| q2  | |  | 3⋅ q1⋅δ1 | | | | | | |  | q2  | | | | 12.15 | | | | |  |  | v2  | | | 60 |  |  | м |  | l2  24 | |  |  |  |  |
|  |  |  | δ | | | | |  |  |  |  |  | мин |  |  |  |  |  |
|  |  |  | l2 | |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| t2  |  |  |  | t2  0.4 | | | | | | | |  | t1  t2  0.862 ( мин) | | | | | | | | | | | | |  | Время движения до выхода из участков 1 и 2 | | | | |  |
|  | v2 | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ  | | 2.5 | | | |  |  | q3  | | | | | q2⋅δ2 | | | |  |  |  |  | q3  29.16 | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | δ3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tзкор  | | | | | | 336⋅ 0.1⋅ | | | | | |  | |  | 1 | | |  |  | − |  | 1 | |  |  | tзкор  0.354 | | | | | Время задержки в коридоре | | | |  |
| 16.5⋅δ3 | | | | | | | |  | q2⋅δ2 | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | 4.5 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tкор  | | | | | |  |  | tкор  0.3 | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δдв  1.45 | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tздв  | | 336⋅ 0.1⋅ | | | | | | | |  |  | 1 | | |  |  | − |  |  | 1 | |  |  | tздв | | |  0.721 | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 19.6⋅δдв q3⋅δ3 | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  | Итоговое время эвакуации – 2,237 мин. | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| tитог  t1  t2  tзкор  tкор  tздв | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  | tитог  2.237 | | | (мин.) | | |  |  |

Проведем сравнительный расчет времени эвакуации для ширины дверного проема равного ширине лестничного марша 1,15 м.

δдв  1.15 Ширина дверного проема выхода с этажа №2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tздв  336⋅ 0.1⋅ |  | 1 |  | − | 1 | | tздв |  1.03 |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  | 19.6⋅δдв | | q3⋅δ3 | |  |
|  |  |  |  |  |
| tитог  t1  t2  tзкор  tкор  tздв | | | | | | |  | tитог  2.545 (мин). |  |

Итоговое время эвакуации при ширине дверного проема 1,15м – 2,545 мин, что меньше необходимого времени эвакуации(3,077 мин).

Вывод: Безопасная эвакуация обеспечивается.

9