

Пример расчета внутришкольного норматива времени эвакуации учащихся из учебного кабинета

А.И. Ишунькин

Продюсер образовательного портала
«Пожарная безопасность и охрана труда»
<http://uvctoutor.narod.ru>

Важной составляющей обеспечения безопасности учащихся во время возникновения в здании школы пожара, аварии или какого-либо стихийного бедствия, является правильно организованная и проведенная эвакуация.

Эвакуация, как правило, осуществляется школьниками самостоятельно или с помощью специально обученного педагогического персонала до прибытия пожарных подразделений, через эвакуационные и аварийные выходы.

Руководителю образовательного учреждения для того чтобы квалифицировано и в полном объеме осуществлять обучение и проверки действия школьников и педагогического персонала, прогнозировать их поведение в условиях чрезвычайной ситуации, а также продолжительность эвакуации, следует предварительно определить внутришкольные нормативы времени эвакуации, и последовательно добиваться их неукоснительного выполнения.

Целью данной публикации является разработка внутришкольного норматива времени эвакуации учащихся из учебного кабинета на основании упрощенной аналитической модели движения людского потока изложенной в Приложении к Приказу МЧС России от 30.06.2009 N 382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (в ред. Приказа МЧС РФ от 12.12.2011 N 749), а также требований содержащихся в ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность», других нормативных документах.

Так, как эвакуация представляет собой процесс упорядоченного самостоятельного движения людей из помещений, то естественно, что первое помещение, которые должны будут покинуть школьники - это учебный кабинет.

Пожарными нормами установлено, что время начала эвакуации для помещения, в котором находится очаг пожара принято равным 0,5 мин. или 30 сек. соответственно.

Попробуем ответить на вопрос «Смогут ли учащиеся разных возрастных групп, покинуть учебный кабинет в течение 30 сек.?».

Для этого определим базу данных, в которой зададим основные параметры. И начнем с помещения.

В настоящее время в Москве насчитывается более 1300 школьных зданий, построенных по проектам прошлых лет в разные периоды становления системы образования.

Например, в типовых проектах, образца строительства 1960-х (МЮ, 65-426/1) и 1980-90-х гг. (У-76, У-77, У-79, У-92) классы - кабинеты имеют размеры в плане (в чистоте) соответственно:

а) 5.8×8.8, 6.2×8.4, 6.2×8.2 и б) 6.4×8.8 м.

В этой связи следует отметить, что вместимость, указанная в паспортах типовых проектов не соответствует фактической, вследствие уменьшения нормативной наполняемости классов современных школ до 25 и даже 20 уч. (в старших классах и классах с профильным обучением).

Согласно п.9.1. - 9.3. - эргономических параметров размещения мебели и оборудования МГСН 4.06-96 классные помещения первого периода строительства размером:

- 8.2×6.2 и 8.4×6.2 - могут быть рассчитаны не более, чем на 16-20 учащихся - при фронтальных занятиях, на 16 учащихся - при фронтально-групповых и на 12 - при групповых формах ведения уроков,
- 8.8×5.8 - на 16 учащихся - при фронтальных, 16-12 уч. - при фронтально-групповых и 10 - 11 учащихся - при групповых занятиях.

Классные помещения второго периода строительства (8.8×6.4) могут быть приспособлены для занятий 20 учащихся - при фронтальной работе, на 16 уч. - при фронтально-групповой и на 15-12 учащихся - при групповой работе. Двойные значения вместимости классных помещений обусловлены двумя типоразмерами учебных столов (шириной 70 и 60 см).

За основу расчета реальной наполняемости классов принимают среднюю величину - их наполняемость при фронтально-групповых занятиях. В результате, пропускная способность (наполняемость) классных помещений всех рассматриваемых в данной работе типовых проектов составит 16 учащихся, тогда реальная вместимость действующего типового проекта (V-92) будет 16 групп × 16 учащихся = 256 учащихся. Количество и реальная наполняемость классных помещений по типовым проектам прошлых лет приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Количество и реальная наполняемость классных помещений типовых проектов школьных зданий.

№ п.	Индекс типового проекта	Показатели помещений классов-кабинетов			
		габариты: в чистоте/ в осях, м	площадь (м ²)	количество по школе (шт.)	наполняемость (учеников)
1.	МЮ	5,8x8,8/6,0x90 6,0x8,2/6,2x8,4	51,0 49,2	15	16
2.	65-426/1	В,2x8,4/6,4x8,6 6,2x8,2/6,4x8,4	52,08 50,08	16	16
3.	У-76	6,4x8,8/6,6x9,0	56,3	22	16
4.	У-77	3,4x8,8/6,6x9,0	56,3	16	16
5.	У-79	6,4x8,8/6,6x9,0	56,3	20	16
6.	У-92	6,4x8,8/6,6x9,0	56,3	16	16

На существующие здания и сооружения, запроектированные и построенные в соответствии с ранее действующими нормативными документами, вновь разрабатываемые документы не распространяются, за исключением случаев, когда дальнейшая эксплуатация таких зданий и сооружений в соответствии с новыми данными приводит к недопустимому риску для безопасности жизни и здоровья людей. В таких случаях компетентные органы исполнительной власти или собственник объекта должны принять решение о реконструкции, ремонте или сносе существующих зданий и сооружений.

Принятая Правительством Москвы концепция общего среднего образования для широкого общеобразовательного и воспитательного процесса предусматривает, что должны функционировать:

1). Общеобразовательные школы:

- I ступень - начальное общее образование (1-4 классы);
- II ступень - основное общее образование (5-9 классы);
- III ступень - среднее (полное) общее образование (10-11 или 8,9,10,11 классы).

- 2). Гимназии и лицеи.
- 3). Старшие профильные школы.

Концепцией предусматривается разделение помещений школы на две функциональные группы: учебную и общешкольную, при этом необходимо обеспечение автономного функционирования учебных групп помещений по возрастному признаку и функциональной принадлежности:

- блок помещений начальной школы (1 и 2-4 классы - I ступень);
- блок кабинетов 5-8(9) классов (II ступень);
- блок кабинетов (9)10-11 классов (III ступень с дифференциацией обучения по направлениям);
- блок кабинетов по естественным наукам;
- блок учебных мастерских и практикумов (технология);
- учебно-методический - информационный центр - библиотека.

Учебный кабинет – это учебное помещение школы, в котором проводится учебная, факультативная и внеклассная работа с учащимися.

Учебный кабинет оснащается наглядными пособиями, учебным оборудованием, мебелью, техническими средствами обучения.

В требованиях к оборудованию учебных помещений, изложенных в СанПиН 2.4.2.576-96, расстановка столов в них должна быть, как правило, трехрядной, хотя возможны варианты с двухрядной или однорядной (сблокированной) расстановкой столов.



По данным МОСКОМАРХИТЕКТУРЫ в существующих школьных зданиях Москвы, нормируемая (расчетная) площадь на 1-го учащегося находится в пределах 3,7 - 4,7 м² (по МГСН 4.06-03 она составляет 11 - 12 м²). Наполняемость классов напрямую зависит от типа школы и вместимости здания, таблица 2.

Таблица 2

Сравнение состава и площадей помещений средних общеобразовательных школ по нормативам последних лет

Наименование помещений	МГСН 4.06-96 (1996 г)		Дополнение № 1 к МГСН 4.06-96 (1999 г)		МГСН 4.06-03 (2003 г)	
	22 класса	33 класса	24 класса	36 классов	22 класса	33 класса
Тип школы, классов						
Наполняемость классов, учащихся						
	30 (25)	30 (25)	30	30	25	25

Образовательный портал «Пожарная безопасность и охрана труда»

1	Вместимость здания, учащихся					
	2	3	4	5	6	7
Учебная группа помещений						
Классы начальной школы:						
1 - е классы	<u>152</u> 2 ' 76	<u>228</u> 3 ' 76	<u>140</u> 2 ' 70	<u>210</u> 3 ' 70	<u>125</u> 2 ' 62,5	<u>187,5</u> 3 ' 62,5
2 - 4 классы	<u>456</u> 6 ' 76	<u>684</u> 9 ' 76	<u>420</u> 6 ' 70	<u>630</u> 9 ' 70	<u>375</u> 6 ' 62,5	<u>562,5</u> 9 ' 62,5
Классы - кабинеты основной школы (5 - 9 классы)	<u>760</u> 10 ' 76	<u>1140</u> 15 ' 76	<u>490</u> 7 ' 70	<u>700</u> 10 ' 70	<u>375</u> 6 ' 62,5	<u>562,5</u> 9 ' 62,5
Кабинеты средней полной школы (10 - 11 классы)	<u>304</u> 4 ' 76	<u>456</u> 6 ' 76	<u>280</u> 4 ' 70	<u>420</u> 6 ' 70	<u>187,5</u> 3 ' 62,5	<u>312,5</u> 5 ' 62,5
Кабинеты естественных наук (лаборатории) +	<u>228</u> 3 ' 76	<u>228</u> 3 ' 76	<u>210</u> 3 ' 70	<u>280</u> 4 ' 70	<u>225</u> 3 ' 75	<u>300</u> 4 ' 75
лаборантские	<u>150</u> 3 ' 50	<u>150</u> 3 ' 50	<u>108</u> 3 ' 36	<u>144</u> 4 ' 36	<u>108</u> 3 ' 36	<u>144</u> 4 ' 36
Кабинеты иностранного языка	<u>240</u> 6 ' 40	<u>360</u> 9 ' 40	<u>120</u> 3 ' 40	<u>160</u> 4 ' 40	<u>126</u> 3 ' 42	<u>168</u> 4 ' 42
Кабинеты информатики	90	90	<u>140</u> 90 + 50	<u>140</u> 90 + 50	<u>298,5</u> 3 ' 87,5 + 36	<u>298,5</u> 3 ' 87,5 + 36
Кабинет технического черчения	76	76	70	70	87,5	87,5
Мастерские (технология)	<u>410</u> 4 ' 90 + 50	<u>410</u> 4 ' 90 + 50	<u>320</u> 3 ' 90 + 50	<u>320</u> 3 ' 90 + 50	<u>336,5</u> 3 ' 87,5 + 50 + 24	<u>336,5</u> 3 ' 87,5 + 75 + 24
Электротехника	10	108	-	70	-	75

Средняя площадь учебных помещений составляет от 50 до 100 м², а наполняемость от 12 до 30 чел., поэтому эвакуация учащихся из учебного кабинета будет иметь различные временные нормы.

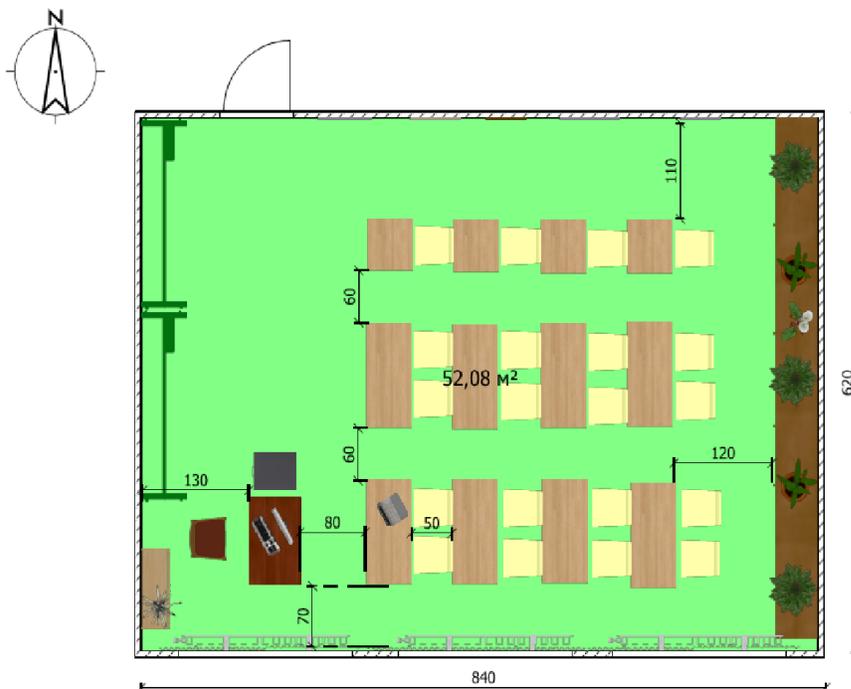


Рис. 1. Размещение мебели и оборудования (по МГСН 4.06-96) при фронтальных занятиях в классных помещениях размером 6.2×8.4.

В учебных помещениях должны соблюдаться следующие размеры проходов и расстояния между предметами оборудования в см:

- между рядами двухместных столов - не менее 60;
- между рядом столов и наружной продольной стеной - не менее 50 - 70;
- между рядом столов и внутренней продольной стеной (перегородкой) или шкафами, стоящими вдоль этой стены - не менее 50 - 70;
- от последних столов до стены (перегородки), противоположной классной доске, - не менее 70, от задней стены, являющейся наружной, - не менее 100; а при наличии оборотных классов - 120;
- от демонстрационного стола до учебной доски - не менее 100;
- от первой парты до учебной доски - 2,4 - 2,7 м;
- наибольшая удаленность последнего места учащегося от учебной доски – 860.

Учебный кабинет оснащается наглядными пособиями, учебным оборудованием, мебелью, техническими средствами обучения. Примерный перечень учебной мебели оборудования классов-кабинетов включает:

1. стол ученический одноместный с горизонтальной крышкой 700(600)х500х700 (760);
2. стол учителя с ёмкостью для ТСО 1200х600х738;
3. подставка передвижная для телевизора и кинопроектора (подвесное устройство для телевизора) 800х540х1100;
4. подставка для графопроектора передвижная 510х599х396-812;
5. подставка для диапроектора складываемая 460х300х1217;
6. стул ученический 340х380х 420; 360х400х460;
7. стул учителя 360х360-440х 420-450;
8. шкаф, встроенный для классного помещения 5520 (5980)х580х2740 (3000);
9. доска классная для мела, основная, односторонняя 1600, 2000х1000, 1200;
10. экран свертывающийся 2600х1900, 1500х900;
11. шторы затемнения с электроприводом по габаритам оконных проемов.

Размеры мебели и её маркировка регламентированы ГОСТ 11015-93: «Столы ученические. Типы и функциональные размеры» и ГОСТ 11016-93: «Стулья ученические. Типы и функциональные размеры», которые приведены в таблице 3.

Таблица 3

Размеры мебели и её маркировка

Номера мебели по ГОСТам 11015-93 11016-93	Группа роста (в мм)	Высота над полом крышки края стола, обращенного к ученику, по ГОСТу 11015-93 (в мм)	Цвет маркировки	Высота над полом переднего края сидения по ГОСТу 11016-93 (в мм)
1	1000-1150	460	оранжевый	260
2	1150-1300	520	фиолетовый	300
3	1300-1450	580	желтый	340
4	1450-1600	640	красный	380
5	1600-1750	700	зеленый	420
6	Свыше 1750	760	голубой	460

Эвакуационные пути в пределах помещения, а в нашем случае это проходы между учебными столами (партами), должны обеспечивать возможность безопасного движения людей через эвакуационные выходы из данного помещения без учета применяемых в нем средств пожаротушения и индивидуальных средств защиты от опасных факторов пожара.

Расчетное время эвакуации людей из помещений 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. При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту.

Расчетное время эвакуации людей следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути.

Величина людского потока зависит от числа людей N , слагающих этот поток, и от их размеров.

Плотность людских потоков можно измерять в различных единицах. Так, например, для определения длины шага человека и скорости его движения удобно знать среднюю длину участка эвакуационного пути, приходящуюся на одного человека.

Длина шага человека принимается равной длине участка пути, приходящейся на человека, за вычетом длины ступни (рисунок 2).

Пути движения людских потоков в зданиях могут быть горизонтальными и наклонными.

К горизонтальным путям относятся проходы в помещениях различного назначения между оборудованием и различные коммуникационные помещения (в учебных заведениях это коридоры, рекреационные помещения).



Рис. 2 – Схема к определению длины шага и линейной плотности.

Свободную для движения ширину пути b следует принимать:

- при высоких ограждающих конструкциях — на уровне плеч человека (1,3— 1,35 м от уровня пола), но не менее 0,6 м, т. е. по наибольшей ширине человека с учетом расстояния на раскачивание при ходьбе;
- при низких ограждающих конструкциях (барьеры, перила, спинки рядов кресел в актовом зале) — только по ширине человека, учитывая, что расстояния на раскачивание на уровне плеч будет достаточно и наибольший размер человека (на уровне груди) окажется выше ограждения (рис. 3).

Длина горизонтального пути определяется по его оси.

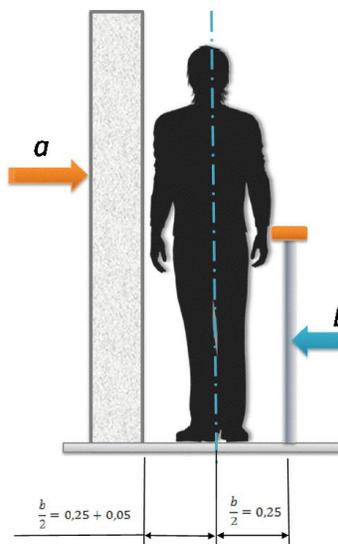


Рис. 3. Расчетная ширина пути движения (горизонтального):

a - при высоких ограждениях;

b - низких ограждениях

Формой горизонтальной проекции человека принят эллипс, диаметры которого соответствуют ширине и толщине человека (рис. 3.1).

Площадь проекции человека, m^2 :

$$f = \frac{\pi}{4} ac.$$

Следует отметить, что действительная форма горизонтальной проекции человека (на уровне груди) несколько отличается от эллипса.

Однако с учетом разнообразия физических данных и одежды принятое допущение несущественно искажает фактические размеры и форму горизонтальной проекции.

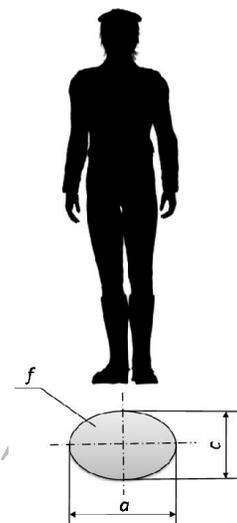


Рис. 4. Форма горизонтальной проекции человека

Размеры людей изменяются в зависимости от физических данных, возраста и одежды. На основании обмера людей и обобщения литературных данных, для производства расчетов берут усредненные размеры людей разного возраста и в различной одежде. Площади горизонтальной проекции детей и подростков даны в таблице 4.

Таблица 4

Площади горизонтальной проекции детей и подростков

Тип одежды	Возрастные группы		
	младшая до 9 лет	средняя 10-13 лет	старшая 14-16 лет
Домашняя одежда	0,04	0,06	0,08
Домашняя одежда со школьной сумкой	0,07	0,10	0,14
Уличная одежда	0,09	0,13	0,16

Основные навыки эвакуации отрабатываются при проведении учений, но до этого рекомендуется выполнить расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений.

Для расчета времени эвакуации воспользуемся формулами ГОСТ 12.1.004-91* и методическими рекомендациями ВНИИПО МВД СССР «Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений при пожаре».

При определении времени эвакуации из учебного помещения следует исходить из условия обеспечения беспрепятственного движения с момента его начала до выхода из помещения, считая, что все учащиеся будут эвакуироваться со школьными сумками. Кстати, вес ежедневного комплекта учебников и письменных принадлежностей по нормативу не должен превышать: для учащихся 1 - 2-х классов - более 1,5 кг, 3 - 4-х классов - более 2 кг; 5 - 6-х - более 2,5 кг, 7 - 8-х - более 3,5 кг, 9 - 11-х - более 4,0 кг.

При этом расчетные значения площади горизонтальной проекции школьника f следует принимать по таблице 4.

Построим математическую модель эвакуации учащихся из учебного кабинета при ширине двери – 0,9 м. Площадь учебного кабинета 60,0 м². Количество учащихся – 30 чел.

Эвакуация будет производиться потоками по участкам, габариты которых задают параметрами:

- l - длина участка,
- δ - ширина участка,

N - количество людей на участке.

Участками формирования потоков являются:

- для потоков 1 и 5 проходы между боковыми стенами кабинета и рядом столов;
- для потоков 2 и 4 проходы между рядами столов;
- для потока 3 проход между учебной доской и рядом столов.

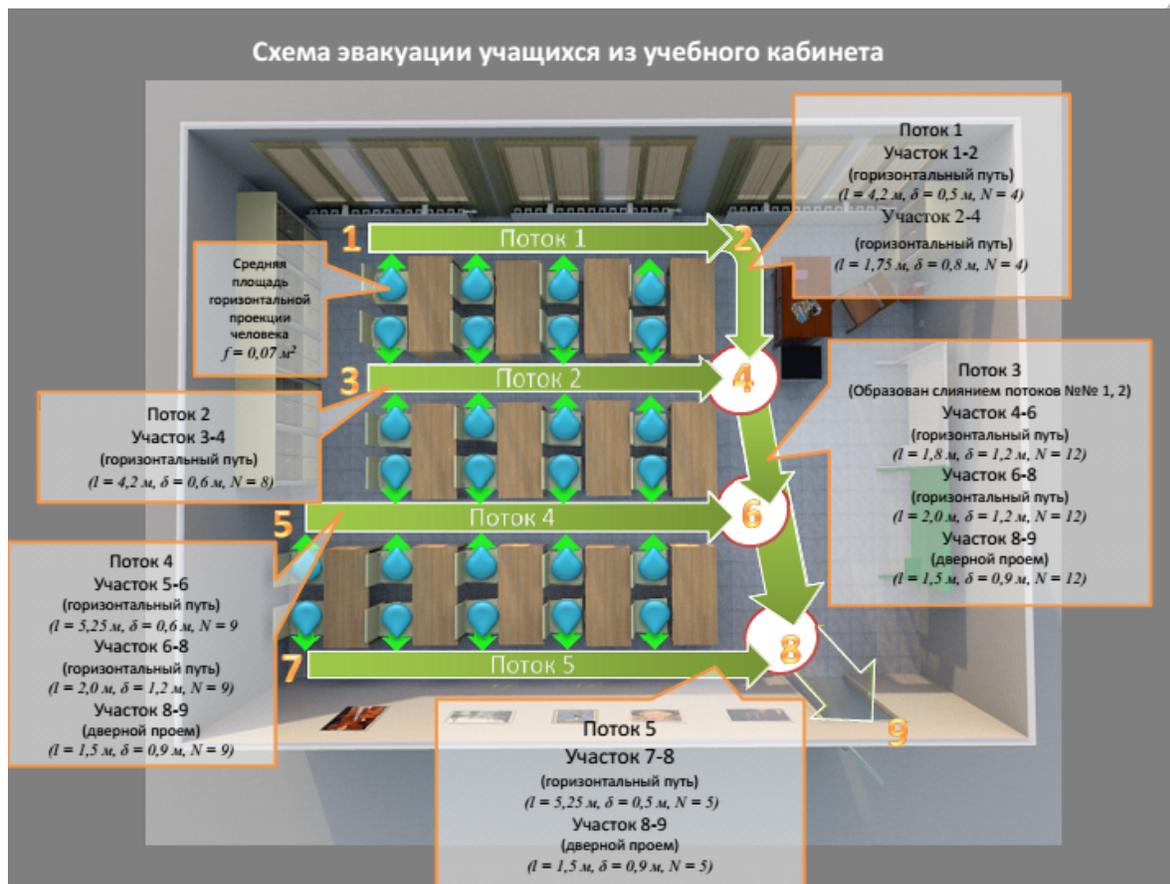


Рис. 5. Схема эвакуации учащихся из учебного кабинета

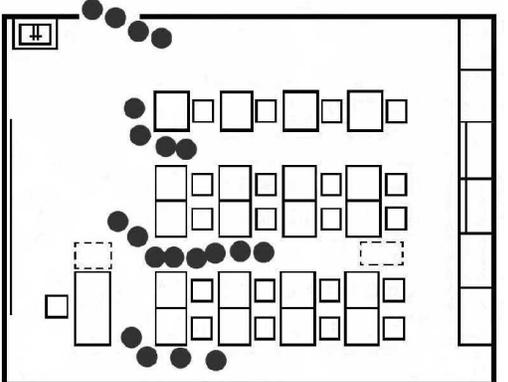
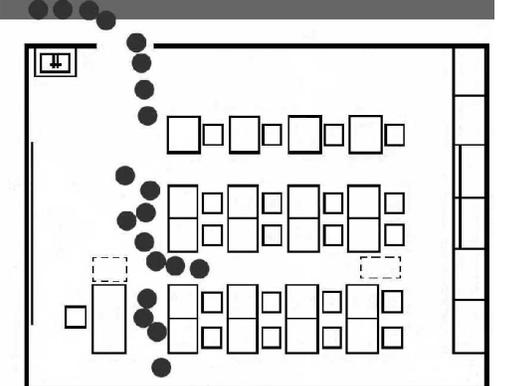
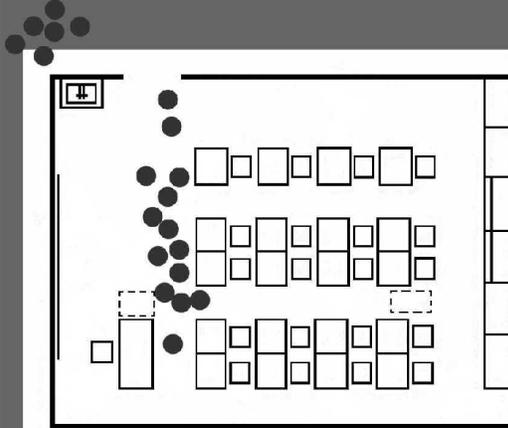
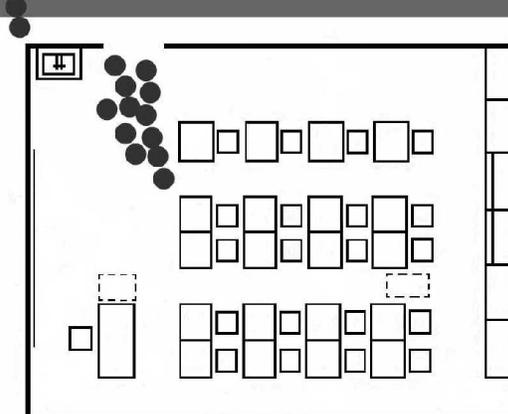
Алгоритм действий учащихся во время эвакуации из учебного кабинета (Приложение 1) дает возможность визуально проследить движение потоков, а произведенные расчеты времени эвакуации (Приложение 2), временные показатели движения по потокам (Приложение 3).

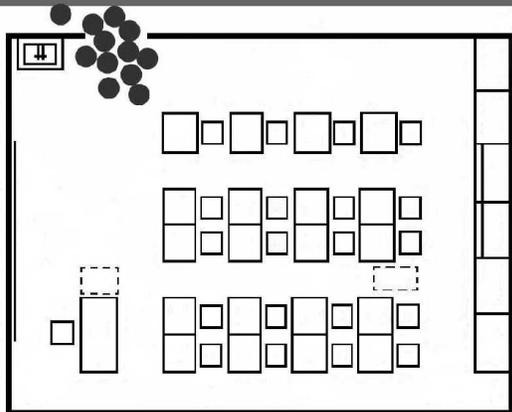
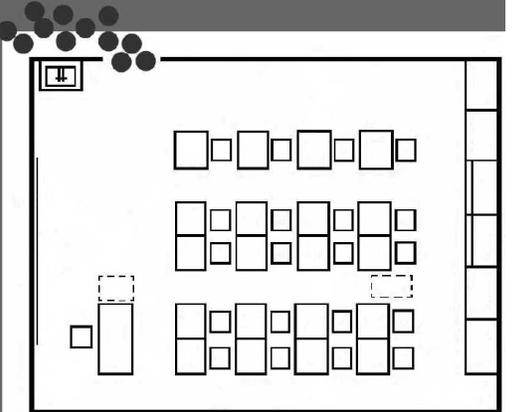
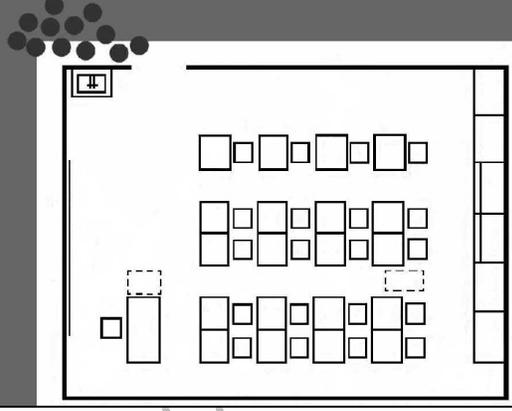
В результате произведенных расчетов по трем возрастным группам можно установить среднее общее время эвакуации учащихся из кабинета, которое составит – 10,155 сек., что отвечает нормам пожарной безопасности, и даже превышает их.

Этот норматив можно принять как общешкольный, и использовать его для подготовки и проведения учебно-тренировочных занятий.

Алгоритм действий учащихся во время эвакуации из учебного кабинета

Фаза	Схема движения учащихся	Действия учащихся
I		<p>До поступления сигнала о начале эвакуации, учащиеся находятся на рабочих местах.</p>
II		<p>При поступлении сигнала о начале эвакуации учащиеся встают и одновременно выходят в проходы.</p> <p>(При проведении учебных занятий, следует обратить внимание учащихся на то, что в данном случае проходы между столами являются путями эвакуации и на них не должно быть ничего, чтобы препятствовало проходу, а именно учебных сумок или портфелей.)</p>
III		<p>Учащиеся начинают движение по проходам.</p>

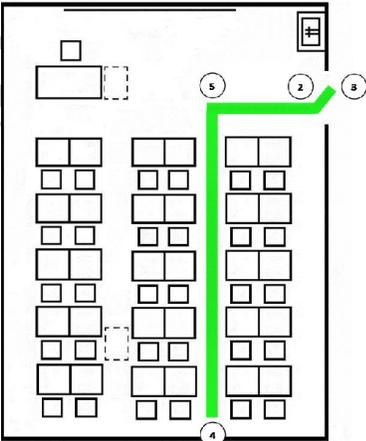
<p>IV</p>		<p>Первая группа учащихся проходит в дверной проём, в то время как остальные продолжают движение по проходам между столами.</p>
<p>V</p>		<p>Вторая группа учащихся проходит в дверной проём, в то же время другие выходят из проходов между столами и продолжают движение в направлении дверного проёма.</p>
<p>VI</p>		<p>После выхода учащихся из проходов между столами они образуют единый поток на свободном участке.</p>
<p>VII</p>		<p>Поток уплотняется по мере приближения учащихся к дверному проёму.</p>

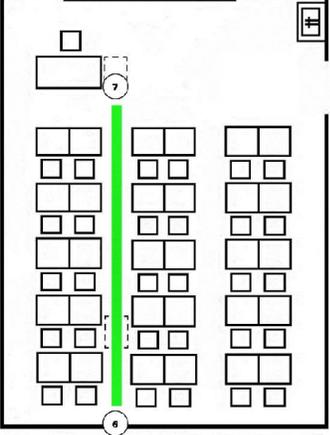
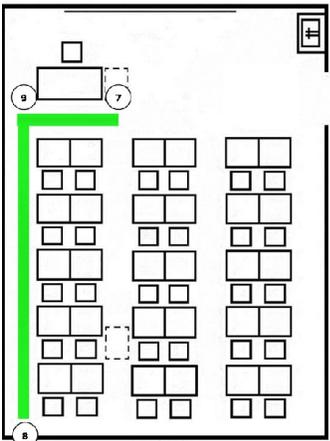
VIII		Учащиеся проходят дверной проём в два потока.
IX		Учащиеся выходят из кабинета в коридор или рекреацию, на этом эвакуация считается выполненной.
X		Учащиеся продолжают движение по путям эвакуации по направлению к выходу из здания.

Помните, что не своевременно начатая, или суматошно проведенная эвакуация может привести к травмам, отравлению и даже смерти.

Расчет времени эвакуации школьников младшей возрастной группы (до 9 лет) со школьной сумкой в количестве 30 чел. из учебного класса

№№ потока	Участок	Расчет времени эвакуации	Схема движения потока
Поток №1	Участок 1-2	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 5$, $f = 0.07$ м².*</p> <p>Определим плотность потока (D):</p> $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.07}{5.4 \cdot 0.6} = 0.108 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность**:</p> $v = 78.4 \text{ м/мин}$ $q = 8.32 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{78.4} = 0.069 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.069 мин.</p> <p>*Где l - длина участка, δ - ширина участка, N - количество людей на участке, f - средняя площадь горизонтальной проекции человека. **Здесь и далее, скорость и интенсивность определяется по таблице №2, ГОСТ 12.1.004-91* Приложение №2.</p>	
	Участок 2-3	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 5$, $f = 0.07$ м².</p> <p>Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(8.32 \cdot 0.6)}{0.9} = 5.547 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость:</p> $v = 97.043 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{97.043} = 0.001 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.07 мин. (4,2 сек.)</p>	

Поток №2	Участок 4-5	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 10$, $f = 0.07$ м². Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.07}{5.4 \cdot 0.6} = 0.216 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 57.92$ м/мин $q = 12.336$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{57.92} = 0.093 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.093 мин.</p>	
	Участок 5-2	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9$ м, $\delta = 1.2$ м, $N = 10$, $f = 0.07$ м². Определим интенсивность потока (q): $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(12.336 \cdot 0.6)}{1.2} = 6.168 \text{ м/мин}$ Определим скорость: $v = 92.213$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{92.213} = 0.021 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.114 мин.</p>	
	Участок 2-3	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 10$, $f = 0.07$ м². Определим интенсивность потока (q): $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(6.168 \cdot 1.2)}{0.9} = 8.224 \text{ м/мин}$ Определим скорость: $v = 82.573$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{82.573} = 0.001 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.115 мин. (6,9 сек.)</p>	
Поток №3	Участок 6-7	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 10$, $f = 0.07$ м². Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.07}{5.4 \cdot 0.6} = 0.216 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 57.92$ м/мин $q = 12.336$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{57.92} = 0.093 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.093 мин. (5,58 сек.)</p>	

			
Поток №4	Участок 8-9	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.5 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.07 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D):</p> $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.07}{5.4 \cdot 0.5} = 0.13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность: $v = 74 \text{ м/мин}$ $q = 9.2 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{74} = 0.073 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.073 мин.</p>	
	Участок 9-7	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 0.8 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.07 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(9.2 \cdot 0.5)}{0.8} = 5.75 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 95 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{95} = 0.02 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.093 мин. (5,58 сек.)</p>	
Поток №5 (Образован слиянием потоков №№ 3, 4)	Участок 7-8	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 1.2 \text{ м}$, $N = 15$, $f = 0.07 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(12.336 \cdot 0.6) + (5.75 \cdot 0.8)}{1.2} = 10.002 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 69.99 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{69.99} = 0.027 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.12 мин.</p>	

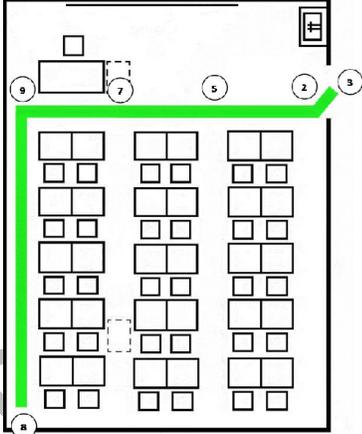
<p><u>Участок 8-9</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9$ м, $\delta = 1.2$ м, $N = 15$, $f = 0.07$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(10.002 \cdot 1.2)}{1.2} = 10.002 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 69.99$ м/мин</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{69.99} = 0.027$ мин.</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.147 мин.</p>	
<p><u>Участок 9-5</u></p>	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 15$, $f = 0.07$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(10.002 \cdot 1.2)}{0.9} = 13.336 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 60.272$ м/мин</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{60.272} = 0.002$ мин.</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.149 мин. (8,94 сек.)</p>	
<p>Определим общее расчетное время эвакуации</p> $t_p = \max \{0.07, 0.115, 0.149\} = 0.149 \text{ мин.}$		
<p>Общее расчетное время эвакуации равно 0.149 мин. (или 8.94 сек.)</p>		

Расчет времени эвакуации школьников средней возрастной группы (10-13 лет) со школьной сумкой в количестве 30 чел. из учебного класса

№№ потока	Участок	Расчет времени эвакуации	Схема движения потока
Поток №1	Участок 1-2	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 5$, $f = 0.1$ м². Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.1}{5.4 \cdot 0.6} = 0.154 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 69.2$ м/мин $q = 10.16$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{69.2} = 0.078 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.078 мин.</p>	
	Участок 2-3	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 5$, $f = 0.1$ м². Определим интенсивность потока (q): $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(10.16 \cdot 0.6)}{0.9} = 6.773 \text{ м/мин}$ Определим скорость: $v = 90.416$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{90.416} = 0.001 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.079 мин.</p>	
Поток №2	Участок 4-5	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 10$, $f = 0.1$ м². Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.1}{5.4 \cdot 0.6} = 0.309 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 46.28$ м/мин $q = 14.235$ м/мин Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{46.28} = 0.117 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.117 мин.</p>	

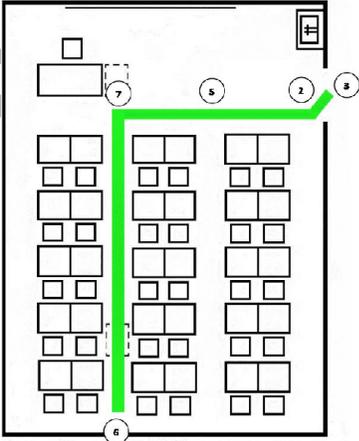
	<p><u>Участок 5-2</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9$ м, $\delta = 1.2$ м, $N = 10$, $f = 0.1$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(14.235 \cdot 0.6)}{1.2} = 7.118 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость:</p> $v = 85.88 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{85.88} = 0.022 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.139 мин.</p>	
	<p><u>Участок 2-3</u></p>	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 10$, $f = 0.1$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.118 \cdot 1.2)}{0.9} = 9.491 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость:</p> $v = 76.634 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{76.634} = 0.001 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.14 мин.</p>	
<p>Поток №3</p>	<p><u>Участок 6-7</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4$ м, $\delta = 0.6$ м, $N = 10$, $f = 0.1$ м². Определим плотность потока (D):</p> $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.1}{5.4 \cdot 0.6} = 0.309 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность:</p> $v = 46.28 \text{ м/мин}$ $q = 14.235 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{46.28} = 0.117 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.117 мин.</p>	
	<p><u>Участок 7-5</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9$ м, $\delta = 1.2$ м, $N = 10$, $f = 0.1$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(14.235 \cdot 0.6)}{1.2} = 7.118 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость:</p> $v = 85.88 \text{ м/мин}$ <p>Рассчитаем время на участке:</p> $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{85.88} = 0.022 \text{ мин.}$ <p>Общее время от начала эвакуации 0.139 мин.</p>	

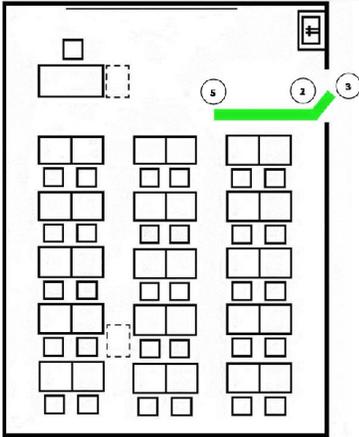
	<p><u>Участок 5-2</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 1.2 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.1 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.118 \cdot 1.2)}{1.2} = 7.118 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 85.88 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{85.88} = 0.022 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.161 мин.</p>	
	<p><u>Участок 2-3</u></p>	<p>Дверной проем. $l = 0.1 \text{ м}$, $\delta = 0.9 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.1 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.118 \cdot 1.2)}{0.9} = 9.491 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 76.634 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{76.634} = 0.001 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.162 мин.</p>	
<p>Поток №4</p>	<p><u>Участок 8-9</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.5 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.1 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D):</p> $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.1}{5.4 \cdot 0.5} = 0.185 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность: $v = 63 \text{ м/мин}$ $q = 11.4 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{63} = 0.086 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.086 мин.</p>	
	<p><u>Участок 9-7</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 0.8 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.1 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(11.4 \cdot 0.5)}{0.8} = 7.125 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 85.833 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{85.833} = 0.022 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.108 мин.</p>	
	<p><u>Участок 7-5</u></p>	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 1.2 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.1 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p>	

		$q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.125 \cdot 0.8)}{1.2} = 4.75 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 100 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{100} = 0.019 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.127 мин</p>	
Участок 5-2		<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}, \delta = 1.2 \text{ м}, N = 5, f = 0.1 \text{ м}^2$.</p> <p>Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(4.75 \cdot 1.2)}{1.2} = 4.75 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 100 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{100} = 0.019 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.146 мин.</p>	
Участок 2-3		<p>Дверной проем. $l = 0.1 \text{ м}, \delta = 0.9 \text{ м}, N = 5, f = 0.1 \text{ м}^2$.</p> <p>Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(4.75 \cdot 1.2)}{0.9} = 6.333 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 92.795 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{92.795} = 0.001 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.147 мин.</p>	
Определим общее расчетное время эвакуации		$t_p = \max \{0.079, 0.14, 0.162, 0.147\} = 0.162 \text{ мин.}$	
<p>Общее расчетное время эвакуации равно 0.162 мин. (или 9.72 сек.)</p>			

Расчет времени эвакуации школьников старшей возрастной группы (14-16 лет) со школьной сумкой в количестве 30 чел. из учебного класса

№№ потока	Участок	Расчет времени эвакуации	Схема движения потока
Поток №1	Участок 1-2	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.6 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.14}{5.4 \cdot 0.6} = 0.216 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 57.92 \text{ м/мин}$ $q = 12.336 \text{ м/мин}$ Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{57.92} = 0.093 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.093 мин.</p>	
	Участок 2-3	<p>Дверной проем. $l = 0.1 \text{ м}$, $\delta = 0.9 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q): $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(12.336 \cdot 0.6)}{0.9} = 8.224 \text{ м/мин}$ Определим скорость: $v = 82.573 \text{ м/мин}$ Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{82.573} = 0.001 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.094 мин.</p>	
Поток №2	Участок 4-5	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.6 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D): $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.14}{5.4 \cdot 0.6} = 0.432 \text{ м}^2/\text{м}^2$ Определим скорость и интенсивность: $v = 37.08 \text{ м/мин}$ $q = 15.888 \text{ м/мин}$ Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{37.08} = 0.146 \text{ мин.}$ Общее время от начала эвакуации 0.146 мин.</p>	
	Участок 6-7	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.6 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D):</p>	

Поток №3		$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{10 \cdot 0.14}{5.4 \cdot 0.6} = 0.432 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность: $v = 37.08 \text{ м/мин}$ $q = 15.888 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{5.4}{37.08} = 0.146 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.146 мин.</p>	
	Участок 7-5	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 1.2 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(15.888 \cdot 0.6)}{1.2} = 7.944 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 80.373 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{80.373} = 0.024 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.17 мин.</p>	
	Участок 5-2	<p>Горизонтальный путь. $l = 1.9 \text{ м}$, $\delta = 1.2 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.944 \cdot 1.2)}{1.2} = 7.944 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 80.373 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{1.9}{80.373} = 0.024 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.194 мин.</p>	
	Участок 2-3	<p>Дверной проем. $l = 0.1 \text{ м}$, $\delta = 0.9 \text{ м}$, $N = 10$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(7.944 \cdot 1.2)}{0.9} = 10.592 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 71.949 \text{ м/мин}$</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{71.949} = 0.001 \text{ мин.}$</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.195 мин</p>	
	Участок 8-9	<p>Горизонтальный путь. $l = 5.4 \text{ м}$, $\delta = 0.5 \text{ м}$, $N = 5$, $f = 0.14 \text{ м}^2$. Определим плотность потока (D):</p> $D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta} = \frac{5 \cdot 0.14}{5.4 \cdot 0.5} = 0.259 \text{ м}^2/\text{м}^2$ <p>Определим скорость и интенсивность: $v = 52.33 \text{ м/мин}$ $q = 13.239 \text{ м/мин}$</p>	

	<p>Участок 2-3</p>	<p>Дверной проем. $l = 0.1$ м, $\delta = 0.9$ м, $N = 15$, $f = 0.14$ м². Определим интенсивность потока (q):</p> $q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} = \frac{(13.461 \cdot 1.2)}{0.9} = 17.948 \text{ м/мин}$ <p>Определим скорость: $v = 40.903$ м/мин</p> <p>Рассчитаем время на участке: $\tau = \frac{l}{v} = \frac{0.1}{40.903} = 0.002$ мин.</p> <p>Общее время от начала эвакуации 0.186 мин.</p>	
<p>Определим общее расчетное время эвакуации</p> $t_p = \max \{0.094, 0.186, 0.195\} = 0.195 \text{ мин.}$			
<p>Общее расчетное время эвакуации равно 0.195 мин. (или 11.7 сек.)</p>			

Приложение 3

Общее времени эвакуации 30 школьников из учебного кабинета по потокам

Возрастная группа	Распределение времени эвакуации по потокам, сек					Общее время эвакуации, сек.
	Поток 1	Поток 2	Поток 3	Поток 4	Поток 5	
младшая	4,2	6,9	5,58	7,2	8,94	8,94
средняя	4,74	8,4	9,72	8,82	-	9,92
старшая	5,64	8,76	11,7	8,82	11,16	11,7

Общее времени эвакуации 25 школьников из учебного кабинета по потокам

Возрастная группа	Распределение времени эвакуации по потокам, сек					Общее время эвакуации, сек.
	Поток 1	Поток 2	Поток 3	Поток 4	Поток 5	
младшая	4,14	5,34	5,58	5,58	8,94	8,94
средняя	4,74	5,88	9,72	8,82	-	9,72
старшая	5,64	6,9	11,64	10,08	-	11,7

Среднее время эвакуации 30 школьников из учебного кабинета составит - 10,17 сек., а 25 школьников – 10,14 сек.

Общешкольный норматив эвакуации школьников из учебного кабинета составит – 10,155 сек.

Литература:

1. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. - Введ. с 01.07.1992. – М.: Изд-во стандартов, 1992. -78 с.
2. Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 « Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (в ред. Приказа МЧС РФ от 12.12.2011 N 749). –М., 2009.
3. Рекомендации по реконструкции и модернизации существующего фонда школьных зданий в соответствии с современными педагогическими требованиями. –М., 1997.
4. Пособие к МГСН 4.06-03 «Общеобразовательные учреждения. Выпуск 2. Общеобразовательные школы I, II и III ступени обучения, лицеи, гимназии». –М., 2005
5. Холщевников В.В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. –М., 1999.
6. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. Стройиздат, –М., 1978.
7. Беляев С.В. Эвакуация зданий массового назначения. –М., 1938.
8. Дмитриченко А.С. Новый подход к расчету вынужденной эвакуации людей при пожарах / А.С. Дмитриченко, С.А. Соболевский, С.А. Татарников // Пожаровзрывобезопасность, № 6. – 2002. – С. 25–32.